

ЛЕНИНГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЖДАНОВА
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УХТОМСКОГО

Н.Е. ВВЕДЕНСКИЙ

ПОЛНОЕ
СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОРДЕНА ЛЕНИНА УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ А.А. ЖДАНОВА

ЛЕНИНГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЖДАНОВА
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. АА УХТОМСКОГО

Н.Е. ВВЕДЕНСКИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ
ПО ФИЗИОЛОГИИ
ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА,
ЧИТАННЫХ
В ПЕТЕРБУРГСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ
В 1911-1913 ГГ.

ВОЛОГОДСКАЯ
ОБЛАСТНАЯ
БИБЛИОТЕКА

ЛЕНИНГРАД • 1954

612

В24

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. Л. Л. Васильев, проф. М. И. Виноградов,
доц. И. А. Ветюков, проф. Н. В. Голиков,
проф. Е. К. Жуков.

Отв. редактор V тома
проф. П. О. Макаров.

ПРЕДИСЛОВИЕ К V ТОМУ

Настоящий V том полного собрания сочинений Н. Е. Введенского содержит курс его лекций по общей мышечной и нервной физиологии и физиологии нервных центров.

Этот курс был прочитан Н. Е. Введенским для студентов естественного отделения физико-математического факультета Петербургского университета в 1911 и 1913 гг. Студенты Б. Рудзат и Л. Паутов записали лекции, читанные Н. Е. Введенским, студент А. Всеславин выполнил рисунки к ним. А. А. Ухтомский в согласии с Н. Е. Введенским отредактировал их, внося небольшие дополнения, главным образом анатомического иллюстративного характера. Введение к курсу и исторический обзор просмотрены самим Н. Е. Введенским.

Каждому отечественному физиологу, несомненно, интересно знать, как великий физиолог — творец законов ритмической деятельности нервной системы (законов относительной лабильности, оптимума и пессимума физиологических реакций), создатель монистической теории возбуждения и торможения, основатель учения о парабииозе, периелектротоне, реципрокных взаимосочетанных отношениях возбуждения в коре и ряда других фундаментальных открытий в физиологии эти свои экспериментальные данные и теории, изложенные в предыдущих четырех томах настоящего издания, преломлял в лекционном курсе физиологии нервной системы. Если в обширных примечаниях Н. Е. Введенского к отредактированному им курсу физиологии животных Фредерика и Ньюэля мы встречаемся с оригинальной трактовкой ряда общих физиологических вопросов, то в данном курсе, читанном им самим, мы прослеживаем проникновение его идей во многие проблемы физиологии нервной системы.

Так, например, курс заканчивается оригинальным разделом, имеющим и огромное практическое значение — «Условия продуктивности умственной работы». Н. Е. Введенский в красивой ясной форме излагает 5 основных условий, необходимых для обеспечения высокой производительности умственного труда. В этих строках, как и во всем курсе, намечены те оригинальные пути отечественной нейрофизиологии, на которые она твердо стала в настоящее время.

Понятно, что за сорок с лишним лет с момента выхода в свет лекций Н. Е. Введенского в физиологии накопилось немало новых фактов и теорий, изредка отмеченных мною в примечаниях, но физиологические данные и теории до 1910 г. изложены Н. Е. Введенским с исключительной ясностью и последовательностью.

П. О. Макаров

ПРЕДИСЛОВИЕ СТУДЕНТОВ-СОСТАВИТЕЛЕЙ

Студентами-натуралистами С.-Петербургского университета давно уже ощущается недостаток в руководстве по физиологии животных, которое было бы удобно по объему и характеру изложения для подготовки к экзамену. Из тех руководств, которые официально рекомендуются, часть дает слишком обширный материал, в котором нелегко разобраться студенту (таков классический учебник Ландуа-Роземанна); другая часть с более абстрактным изложением не вполне удовлетворяет официальной программе, так что для экзаменуемого здесь предстоит особый труд по выборке из этих книг и новой систематизации материала, соответственно вопросам, стоящим в программе (это относится к учебникам Тигерштедта и Цунц-Лёви). Учебник Фредерика и Ньюля, применительно к которому составлена официальная программа, стал в настоящее время библиографической редкостью. Крайне желательно иметь такое руководство, которое вполне отвечало бы официальной программе и по которому возможно было бы быстро восстановить в памяти прослушанный курс нашего учителя проф. Н. Е. Введенского. Мы, трое университетских слушателей проф. Введенского, и попробовали пойти навстречу указанной потребности наших товарищей — издать тот материал, который получился в наших записях, ведшихся в течение двух лет (1911—1913) по лекциям профессора.

Приступая к выполнению нашего замысла, мы обратились к профессору с просьбой разрешить настоящее издание и принять на себя его редактирование. Не можем не высказать здесь глубокой благодарности глубокоуважаемому Николаю Евгеньевичу за любезность и доверие к нам, выразившиеся в разрешении приступить к нашему изданию. Но к великому

нашему сожалению, профессор решительно отказался взять на себя труд редактирования издания, за крайним недостатком времени. Таким образом мы считаем своим долгом сказать здесь же, что настоящее издание не имело редакции профессора Н. Е. Введенского. Только общее введение к курсу (исторический обзор развития физиологии) было в рукописи просмотрено лично профессором, за что приносим ему глубокую признательность.

Впрочем, профессор указал нам некоторый выход из нашего затруднения, посоветовав обратиться за помощью к лаборантам и работающим в физиологической лаборатории университета, которые могли бы взять на себя просмотр нашего издания по частям. Состав физиологической лаборатории действительно пошел нам навстречу, за что и высказываем ему нашу сердечную благодарность. Решено было, что курс будет выходить постепенно, выпусками, и отдельные выпуски будут просматриваться разными лицами из состава лаборатории. Настоящий, первый выпуск, посвященный общей мышечной и нервной физиологии, был просмотрен в рукописи и в первой корректуре приват-доцентом А. А. Ухтомским.

Если издание наше поможет нашим товарищам в качестве руководства к экзамену, если оно при этом окажется верным изложением идей профессора Н. Е. Введенского, то это и будет нашим истинным удовлетворением. Если же, несмотря на все наши старания, в наше издание прокрадутся ошибки и недоразумения, то просим прощения у профессора и наших читателей, «ибо недоумение надо всеми хвалится».

СПб., 19 марта 1913 г.

Б. Рудзат, Л. Паутов и А. Всеславин

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРВОГО ИЗДАНИЯ КУРСА ЛЕКЦИЙ

Настоящее издание составилось путем свода и обобщения лекционных записей, которые имелись у издателей и которые были сделаны ими непосредственно за живую речь профессора Н. Е. Введенского в аудитории университета.

Лекционные записи имеют особенный интерес: в них в простой и конкретной форме улавливаются часто такие оттенки мысли, которые касаются существа научного мировоззрения ученого — дают новое и своеобразное освещение фактам — и которые в чисто академическом изложении в специальных трудах того же ученого доступны лишь специалистам. Это побуждает тем бережнее относиться к подобным записям. При их сводке воедино, при обобщении материала, касающегося иногда одного и того же предмета, при подготовке записок к печати первоначальный их текст неизбежно подвергается известному препарированию. Со своей стороны, сделавшись, с соизволения проф. Н. Е. Введенского, своего рода контролером над этим изданием, я стремился к тому, чтобы препарирование записей по возможности не изменяло их общего характера в их, так сказать, живом и естественном состоянии. Хотелось, чтобы не только были верно переданы общие идеи Николая Евгеньевича, но чтобы, по возможности, был сохранен и характер его изложения.

Ввиду того, что издание имело также определенную практическую цель — дать университетским студентам-натуралистам вспомогательный и более или менее законченный в себе материал для подготовки к экзаменам, приходилось вносить в текст кое-где вставки и дополнения, так как лекционные записки издателей касались не всех вопросов, предполагаемых официальной программой. Будучи учеником и университетским ассистентом Николая Евгеньевича, в своих дополнениях я был не более, как четвертым сотрудником троих издателей по изложению курса нашего общего учителя. Таково было мое участие в обработке 1-го выпуска (общая физиология мышцы и нерва), изданного весной 1913 года, таким же оно осталось, в общем, и для настоящего выпуска, посвященного центральной нервной системе.

В этом 2-м выпуске мое участие сказалось в значительно большей степени, чем было в 1-м. По необходимости пришлось распространить традиционный учебный материал, играющий вспомогательную роль для курса и очень сокращенный в записках издателей. Пришлось, например, внести несколько более подробный анатомический очерк головного мозга, некоторые данные по морфологии черепных нервов и по стратиграфии коры мозговых полушарий; в нескольких местах текста введены пояснительные примеры и дополнительные данные; простые ссылки на авторов иногда заменены цитатами. Данное в записках абстрактное изложение закона Фехнера, опирающееся на интегрирование дифференциального уравнения, я заменил более наглядным и осязательным для наших натуралистов графическим изложением логарифмической зависимости. Значительно переработаны, сравнительно с записками, трактаты о сне, о распадениях сознания и об условиях успешности нервно-психического труда.

Я надеюсь, что все дополнения и изменения, которые мне пришлось сделать по сравнению с записками, служат навящему выяснению их первоисточника — курса Николая Евгеньевича. Впрочем, они касаются не существа курса, а скорее его аксессуаров.

Рисунки, частью оригинальные, частью заимствованные из других изданий, или вновь комбинированные по другим изданиям, выполнены почти исключительно студентом А. В. Всеславиным. Один, зато чрезвычайно важный, схематический рисунок проводящих путей слухового и вестибулярного аппарата (рис. 55) принадлежит Б. А. Рудзату, а рисунки: 56, 73, 74 и 75 сделаны мною.

В заключение мне хочется присоединиться к просьбе издателей, выраженной в 1-м выпуске: если, несмотря на наши старания, в издании окажутся ошибки и недоразумения, то просим прощения у профессора и наших читателей, «ибо недоумение надо всеми похваляется».

СПб., 13 апреля 1914 г.

Алексей Ухтомский



ФИЗИОЛОГИЯ
МЫШЦ, НЕРВОВ
И НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ



ВВЕДЕНИЕ

Может показаться вообще излишним давать определение физиологии. Ведь всякому образованному человеку приблизительно известно, что составляет предмет этой науки. Однако мы для порядка дадим в начале нашего курса такое определение, и это окажется, как увидим, вполне уместным и, пожалуй, даже необходимым.

В одном учебнике, который заслуживает в общем рекомендации, именно в учебнике физиологии Цунца и Леви, физиология определяется так: это — наука о жизни. Определение в сущности неверное. Наука о жизни есть, собственно говоря, биология, которая состоит из различных отраслей. Ведь жизнь крайне сложна и ее можно изучать с разных сторон — со стороны форм, постепенного развития животного царства, со стороны онтогенетического развития и проч. Жизнь проявляется не только в тех жизненных процессах, которые характеризуют живой организм.

Физиология — это лишь часть биологии, трактующая вопросы, касающиеся нормальных процессов в организме, направленных к поддержанию и регулированию жизни. Если эти процессы выражаются в патологической форме, то их рассматривает уже другая наука — патология; хотя в настоящее время всякие границы между физиологией и патологией сгладились, но физиология считается, по преимуществу, с процессами нормальными в организме. Физиология должна изучать жизненные явления, характеризующие живое существо, пока оно живет, и в дальнейшем должна понять и объяснить эти явления. С научной точки зрения объяснить то или другое явление представляется делом весьма трудным. Прежде думали, что достаточно узнать причину — и явление объяснено. Теперь же нам известно, что с естественно-научной точки зрения слово «причина» слишком неопределенно и, пожалуй, неуместно. Всякое явление характеризуется целым рядом условий, а не одной причиной; обыкновенно преобладающее условие берут за причину.

Физиология должна изучить жизненные процессы, насколько возможно найти закономерность явлений; установить законы действия этих процессов и объяснить их в смысле выяснения всех необходимых для жизненных процессов условий, а не в смысле причинности.

Слово «физиология» произошло от греческих слов φύσις (природа) и λόγος (учение). Но физиология — не значит наука о физической природе в целом, а термин, связанный лишь с изучением жизненных процессов. Впервые как сама физиология, так и термин получили происхождение у греков. В сущности только в греческом мире человек начал делать попытки рационального толкования жизненных явлений. Конечно, человек давно интересовался тем, что и как совершается в живом организме; в особенности же его интерес возбуждался, когда в этой машине, так сказать, что-нибудь расстраивалось. Уже у древних индусов и египтян, позднее у евреев и т. д. можно найти отдельные указания на жизненные явления. И даже в доисторические времена, можно сказать, человек тоже знал кое-что о жизненных процессах, но систематического и сколько-нибудь планомерного изучения не могло существовать. И до греческого мира не было систематических попыток разобратся в жизненных явлениях.

Только в греческом мире, приблизительно за 500—600 лет до н. э. делаются первые попытки свести жизненные явления на определенные факторы. Все-таки эти попытки имеют на первых порах скорее характер умозрений или, так сказать, натурфилософских соображений.

Фалес Милетский предполагал, что первое происхождение жизни надо искать в воде — в состоянии жидкого агрегата. Анаксимандр клал в основу своих соображений более плотное начало: по его взгляду, животные возникали из ила под действием солнечных лучей. И человек развился из рыбоподобного существа и только на суше сделался человекоподобным. Ксенофан принимал за исходную точку своих соображений землю, а Анаксимен — воздух или газовое агрегатное состояние, что как бы напоминает современное космогоническое представление о первичной материи. Гераклит Эфесский выводил жизнь из первоначального огня, из которого происходит весь мир и в который все обращается. Постоянство материи и борьба ее частиц признаются началом всех вещей, в том числе и для происхождения живых существ.

Другие философы, как Эмпедокл, находили возможным производить все существующее лишь только из четырех первоначальных «элементов»: воздуха, огня, земли и воды. Соединение и разъединение их представляет первичную определяющую

мировые силы. Живые существа совершенствовались постепенно. Уродливые из них не были в состоянии удержаться во всеобщей борьбе, а жизнеспособные размножались и сохранялись.

Из представителей такого умозрительного направления следует упомянуть еще о Демокрите, жившем за 300 лет до н. э. Он был провозвестником атомистического учения. Все явления во внешнем мире или явления жизни сводятся к движению атомов; атомы не возникают и не разрушаются, они только соединяются и разъединяются. По его учению, и душа состоит из атомов, только гладких и круглых — они проникают повсюду, производя теплоту и жизненные явления. Атомы ее представляются самыми подвижными.

Как ни странными представляются нам теперь эти рассуждения, в которых принимаются за начало или даже элемент такие сложные факторы, как вода, воздух, огонь и земля, но, во всяком случае, это были первые попытки человеческого ума разобраться в явлениях видимого мира вообще и жизненных явлениях, в частности, полагая в основу рассуждений более или менее определенное начало. Отсюда возникла борьба мнений, началось движение мысли и появились гипотетические представления, напоминающие современные космогонические гипотезы или теории постепенной эволюции животного мира и т. д. Конечно, существенный недостаток всех их заключается в том, что они не обращались, так сказать, к непосредственным опытам, т. е. к тому, что мы теперь называем физиологическим экспериментом.

За 400 лет до н. э. действовал в греческом мире Гиппократ, которого называют обыкновенно «отцом медицины». Он придавал уже большое значение опытам в деле познания жизненных явлений и сам много наблюдал. По его мнению, мозг является холодным и слизистым; кровь, слизь и желчь в определенном смешении обуславливают здоровое состояние. Кровь образуется в печени и свертывается вне сосудов, причем появляются в ней волокна. Надгортанный хрящ препятствует попаданию пищевых веществ в дыхательное горло; сердечные клапаны захлопываются в известном направлении; причиной жизни служит прирожденная теплота, распространяющаяся из сердца. Как видно, мы имеем у него, с одной стороны, некоторые точные указания на частные физиологические явления и рядом с этим также умозрительные заключения и объяснения по догадке. Во всяком случае, его следует считать первым ученым греческого мира в данной области. Он установил много эмпирических правил для медицины и учил, что врач должен исследовать природу человеческого тела,

чтобы быть в состоянии судить о действии болезнетворных причин.

Для физиологии имел гораздо большее значение Аристотель, живший в IV веке до н. э. В этой науке, как и в других биологических отраслях знания, он собрал богатый материал и старался привести его в теоретическую связь, правда, часто искусственную. Таким образом собрано много наблюдений над дыханием, питанием и деятельностью органов чувств, над воспроизведением и т. п. Появилась целая физиологическая система, которая, несмотря на многие слабые стороны, продержалась почти в течение 2000 лет под именем Аристотелевской физиологии. Аристотель выводил все жизненные явления из естественной теплоты, развивающейся в пульсирующем сердце. Кровь питает органы и снабжает их подвижностью и чувствительностью, она готовится из пищи; при посредстве *persis* здесь образуется сначала *chylos*, а последняя поступает в сердце; негодные пищевые остатки выводятся из тела посредством пищевого канала и почек; моча выделяется кровью, протекающей по почечным сосудам; мозг лишен чувствительности, представляется холодным и бескровным. Местопребыванием души с ее целесообразными деятельностями (*entelechia*) служит сердце. Таким образом, он сделал попытку объяснить жизненные явления в их взаимной связи и соотношениях, и для душевной деятельности он как бы признавал особое целесообразное начало. Сам он собрал большой наблюдательный материал, но, повидимому, производил очень мало вивисекций.

В греческом же мире были мыслители, которые признавали за место душевной деятельности и мозг. Здесь следует прежде всего назвать Алкмеона Кротонского, жившего еще в VI веке до н. э., сделавшего немало ценных наблюдений над деятельностью органов чувств. Однако он не знал еще различия между сухожилиями и нервами. К его последователям надо причислить Герофила, жившего за 300 лет до н. э. Можно сказать, это был первый физиолог-экспериментатор. Он сделал много вивисекций на животных и даже на людях (на преступниках, приговоренных к смерти). Ему первому приписывается различие между чувствующими и двигательными нервами. Затем в том же направлении работал и Эразистрат. Ими собрано было немало ценных фактов. Однако в общем физиология Аристотеля продолжала пользоваться преобладающим значением.

Новым великим деятелем физиологии надо признать Галена из Пергама, жившего во II столетии до н. э. Он определил физиологию, как науку об употреблении органов (*usus*

partium), и производил много экспериментов на живых животных, в особенности на свиньях. В противоположность предшественникам и современникам он поставил физиологию в основание медицины и первый описал и объяснил функции настолько методично и полно, как это было возможно в его время. Из его опытов, между прочим, можно указать на то, что он производил уже поперечный и продольный разрезы спинного мозга, производил перерезку блуждающего нерва, нервов межреберных и наблюдал при этом изменения в дыхательной и в сердечной деятельности, в способности издавать звуки и т. п. Для объяснения жизненных явлений он находил необходимым признать первые или простые качества: теплоту, холод, влажность и сухость и кардинальные соки, как у Аристотеля: кровь, слизь и желчь; совершенная равномерность смешения этих соков обуславливает здоровое состояние. Ему принадлежит учение о четырех темпераментах, сохранившееся до сих пор, в зависимости от преобладания того или другого из первых или простых качеств. Жизненный процесс, по его взгляду, обуславливается душой, но его «рпецта», так сказать, характеризуется деятельностью трех родов: психической — в мозгу и нервах, оживляющей — в сердце и артериях и физической — в печени и венах. В связи с многочисленными различного рода деятельностями существуют и разнообразные способности.

276670
Затем, как известно, наступила эпоха средних веков с ее схоластическим направлением, которое пренебрегало непосредственным исследованием природы и ограничивалось исключительно книжным изучением вопросов. Аристотелевская и Галеновская физиология и продержалась в течение всего этого времени. Все физиологические явления следовало толковать с точки зрения этой физиологии, которая в особенности привлекала к себе своим, так сказать, дуалистическим направлением, признавая душевную деятельность, как самостоятельное и целесообразно действующее начало. Преклонение перед этими мыслителями было настолько велико, что при выяснении того или другого спорного вопроса нужно было только справиться в трудах этих ученых, и вопрос считался непременно решенным.

Возрождение физиологии как наблюдательной экспериментальной науки совпадает с началом исторической эпохи возрождения наук и искусств вообще. Но первое время физиология, конечно, мало могла подвигаться вперед. Сперва получила возможность развиваться анатомия. В XIV и XV веках были действительно хорошие анатомы. Они рассуждали попутно о функциях того или другого органа, но систематически

не изучали самих функций. Да этого и невозможно было делать, так как анатомы изучали органы на трупах, где всякие функции прекращаются. Они рассуждали только гадательно, для чего могли бы служить те или другие органы.

Новый период физиологии начался со времен Гарвея. Он в 1628 году опубликовал труд о движении крови в человеке. Эта книга произвела громадный переворот в умах ученых. И в самом деле, труд замечательный — это было первое систематическое учение о круговороте крови. Он учил, что кровь выталкивается левым желудочком и разносится сперва по большим сосудам — артериям, затем по более мелким сосудам переходит в вены большого круга и возвращается к правой половине сердца. Отсюда кровь выталкивается в легочную артерию и затем по легочным венам возвращается к сердцу. Таким образом совершается полный круговорот крови.

Как же Гарвей установил это основное положение? Он основывался на одном весьма остроумном соображении, но не совсем понятном для ума его современников. Именно, если надавить артерию, то набухает ее центральный конец, а периферический спадается; если же это проделать с веной, то происходит обратное явление — центральный конец спадается, а периферический набухает. Из этого он заключил, что кровь идет по артериям от сердца к периферии и по венам от периферии к сердцу. На этих-то данных Гарвей и основал свой взгляд.

Возникли споры среди ученых того времени. У многих из них держалось еще старое воззрение, унаследованное от греческих мыслителей, по которому представляли себе артерии наполненными воздухом (откуда и самое название артерий, от греческого слова *αἴρ* —воздух). В самом деле, на трупах находят артерии наполненными воздухом. Поэтому и теперь для умов, мало расположенных к теоретическим представлениям, учение Гарвея казалось недостаточно убедительным. Нашлись, однако, и сторонники его взгляда. Ученые разделились на два лагеря — сторонников и противников учения Гарвея, на циркуляторов и антициркуляторов.

Борьба эта дала сильный толчок к развитию физиологии, так как и те и другие ученые для объяснения своих взглядов начали производить опыты. Эта борьба длилась лет 60, до тех пор, пока по изобретении микроскопа Левенгуком и Спалланцани не увидели под микроскопом соединения между артериями и венами при посредстве капилляров. Тогда дело стало ясным не только для теоретического ума, но и для глаза. Во всяком случае, эта борьба послужила сильным стимулом для производства опытов на живых животных.

В XVII веке (1596—1650) также жил великий философ — Декарт. Он высказывал очень важные теоретические представления. По Декарту, наш организм являет собою целесообразно построенную машину с целым рядом приводов и сигналов. С этой стороны наш организм представляет как бы автомат, и отсюда возникает то представление об актах, совершающихся в организме, которые получили название рефлекторных. Но, с другой стороны, будучи дуалистом, он представлял себе психическую деятельность как бы совершенно отделенной от физической деятельности организма. По его учению, материя имеет протяжение, душа же лишена его. Соображения Декарта о физической природе были настолько остроумны, что давали материал для опытов и наблюдений. Сам он еще высказал некоторые важные соображения и наблюдения по отношению к деятельности органов чувств.

Итак, XVII век в физиологии характеризуется влиянием Гарвея и Декарта. Под влиянием их взглядов физиология начала систематически развиваться, но потом развитие ее было заторможено новым обстоятельством, отразившимся в высшей степени неблагоприятно на дальнейшей судьбе физиологии. В Германии начало действовать так называемое виталистическое воззрение на жизнь; основателями его были два немецких мыслителя: Гофман и Сталь. По их учению, в организме все совершается под действием особой силы (*anima* или *vita*); пока эта сила присутствует в организме, все идет своим порядком — и организм действует; как только она оставляет организм — все останавливается. Эти-то положения и отразились неблагоприятно на дальнейшем развитии физиологии. В самом деле, раз процессы в организме совершаются под действием особой силы, то нет смысла и разыскивать факторы, лежащие в основе физиологических деятельностей организма.

Гофман и Сталь развивали свой взгляд в конце XVII и в начале XVIII веков, но их воззрения сказались губительно на развитии физиологии в течение всего XVIII столетия. Мало того, даже в начале XIX века были первоклассные ученые — сторонники взгляда виталистов. Например, знаменитый Биша (1771—1802), создавший учение о тканях, учил, что «жизнь есть способность противиться законам материи». Если это так, то каким же образом исследовать жизненные явления? И такое воззрение поддерживалось некоторыми уже после того, как действовал в науке Лавуазье, открытия которого так значительно подвинули и развитие физиологии, не только химии. Он открыл кислород и говорил, что животная теплота развивается под влиянием сгорания в организме углерода за счет

кислорода; поэтому он определял жизнь, как медленное горение. Дыхательный процесс он объяснял, как горение, связанное с потреблением кислорода, поглощаемого из воздуха. И, тем не менее, многими поддерживалось воззрение об особой силе — *vita*. Только в половине XIX столетия витализм сошел со сцены нашей науки.

Около этого времени в Германии явилась плеяда славных физиологов, как Дюбуа Реймон, Гельмгольц и другие, не столь великие, ученые, но все же очень много давшие для развития физиологии, как то: Людвиг, Брюкке и прочие, несколько позднее Пфлюгер. Из французских ученых следует в особенности назвать Клода Бернара. Под их влиянием сложилось другое воззрение в физиологии, которое можно назвать физико-химическим, или, в более общей форме, механическим воззрением на жизненные явления. По этому воззрению, в основе физиологических деятельностей лежат физико-химические процессы.

Как в мертвой природе все явления совершаются по законам физики и химии, так и в основе всех физиологических явлений надо искать обнаружения тех же самых законов. Все превращения материи, вся игра сил в организме (или, как мы теперь называем, превращение энергии) должна быть подчинена тем же самым зависимостям. Как выразился Дюбуа Реймон, «атом железа обладает одними и теми же свойствами, входит ли он в состав метеора, находится ли он в составе железнодорожного рельса, или представляет составную часть красного кровяного шарика поэта». Этот ученый является наиболее горячим и типичным глашатаем такого учения. По его взгляду, физиология должна быть не что иное, как прикладная физика и химия. Одни жизненные явления — химические, другие — физические. В этом направлении следует изучать и объяснять все жизненные процессы. Понятно, под влиянием такого учения виталистическое воззрение должно быть совсем выброшено из науки, как бесполезное и даже вредное. Рассмотрим, как же стало формироваться развитие физиологии под влиянием нового механического воззрения на жизненные явления.

Была дана определенная программа: всякое явление жизни надо было исследовать с точки зрения физики и химии. Сам Дюбуа Реймон пошел так далеко, что назвал свой курс по мышечной физиологии «физика мышц» и т. п., а главе об обмене веществ в организме давал название «химии обмена веществ».

Стало быть, для изучения физиологических явлений надо пользоваться теми же методами, какими располагают физика

и химия. Следовательно, указаны были не только задачи, но и методы исследования. И, действительно, благодаря этому новому направлению физиология в одно-два десятилетия совершила громадную работу и дала блестящие результаты, так что положение ее до начала действия этого нового направления и к 70-м годам прошлого столетия представляет громадную разницу. К изучению явлений кровообращения начали применять детальное исследование законов движения жидкостей по трубкам; для изучения животной теплоты стали применять законы, по которым исследуется теплота в опытах физиков; процесс пищеварения и усвоения пищевых веществ стали рассматривать, как частный случай химических превращений и осмотических процессов. Мало того, методы физические были применены к исследованию таких жизненных явлений, которые раньше представлялись совершенно недопустимыми для исследований этого рода. Так Гельмгольц, пользуясь методом физики, определил с точностью скорость распространения возбуждения по нерву, т. е. для физиологического явления, совершенно еще неизвестного по своей природе, для агента невидимого, неосознаваемого и невесомого дал точное определение, и это было одно из наиболее блестящих приобретений физиологии. Идя дальше в этом направлении, Гельмгольц сделал даже некоторые попытки к измерению сознательно-волевых актов человека.

Итак мы видим, что физиология благодаря новому направлению получила возможность изучать не только, так сказать, чисто материальные процессы, но и явления, по своей натуре непонятные, неуловимые, выходящие, казалось бы, из рамок физико-химических методов. Были даны новые средства для исследований, и это произвело громадный переворот в нашей науке; благодаря новому направлению физиология сделалась вполне самостоятельной наукой, построила свои приборы, выработала свою собственную методику и задалась определенными задачами и целями. Раньше этого физиология была просто пристегнута к анатомии. Анатомы, производя рассечения, попутно пытались определить функции органов, пользуясь довольно грубыми приемами, т. е. уколами ножа в известные части мозга, нервов и мышц. Теперь потребовалась от физиологов новая и серьезная школа: надо было изучать физику и химию, одними анатомическими познаниями ограничиться стало невозможно. В силу этого, раз физиология заявила о своих собственных задачах, независимых от анатомии и медицины, она выделилась в особую науку и заняла определенное положение среди других научных дисциплин. Все это отразилось и на ее формальном положении: кафедра физио-

логии отделилась от кафедры анатомии, с которой она была раньше слита.

Нам надо остановиться на вопросе, как же с этой новой точки зрения рассматривать вообще жизненные явления? Они рассматриваются, как часть мирового движения, вроде того, как это имеет место по отношению к круговороту воды в атмосфере. Под влиянием энергии солнечных лучей вода переходит в парообразное состояние. Испарение воды связано с превращением кинетической энергии в потенциальную. Пар с запасом потенциальной энергии держится в воздухе, а затем падает в виде дождя, причем происходит превращение обратное: потенциальная энергия вновь переходит в кинетическую. Так совершается круговорот воды и энергии.

Жизнь с этой точки зрения есть аналогичный процесс — процесс вовлечения материи в известную форму движения и превращения энергии, или, как тогда выражались, сил. Если в данное время данный организм представляется чем-то постоянным, то это только кажущееся постоянство, вроде того, как река, например, Нева, нам кажется вчера, сегодня и завтра имеющей одну и ту же форму, а в действительности тут совершается непрерывный процесс смены мельчайших частиц.

Еще лучше сравнить жизненные явления с вихревым движением, как это сделал Гельмгольц. Для глаза вихревое движение кажется замкнутым в себе. Пыль крутится в виде столба, на самом деле здесь одни частицы выбрасываются, а другие, новые, постоянно вовлекаются в такое движение. Еще ближе будет сравнение жизненного процесса с пламенем. Пламя свечи нам представляется в данное время чем-то постоянным с внешней стороны, и оно представляет место постоянного схождения световых и тепловых лучей. Между тем мы знаем, что сюда постоянно вовлекаются новые частицы горючего материала, здесь совершается окислительный процесс с известными газами, твердые частицы раскаляются, и продолжение всего этого возможно лишь при условии постоянного притока нового горючего материала и кислорода, и рядом с этим постоянным удалением отработавших, так сказать, частиц.

Итак, стали изучать животный организм с точки зрения совершающихся в нем, с одной стороны, химических превращений и, с другой стороны, как место превращения физических форм энергии. С химической точки зрения оказалось, что организм построен из двенадцати элементов, посящих название «биогенных веществ». Эти элементы следующие: С, Н, N, О, S, Cl и P. Из оснований входят в состав организма: Na, K, Ca, Mg и Fe.

Однако новейшие исследования заставляют добавить сюда еще некоторые вещества, хотя встречающиеся в теле в незначительном количестве. Прежде всего иод. Он, может быть, находится только в одном органе, в щитовидной железе, и в ничтожном количестве. Тем не менее присутствие его представляется абсолютно необходимым, а отсутствие ведет к патологическим изменениям в организме. Мышьяк — яд, но, оказывается, в небольшом количестве он всегда встречается в организме и, по исследованиям Готье, тоже является необходимым. Его мы принимаем, например, вместе с поваренной солью, и в грубой поваренной соли его больше, чем в лучше очищенной. Мышьяк и иод, следовательно, надо причислить тоже к биогенным веществам. Потом в состав некоторых животных входит кремний, но это не общий признак. Общим же признаком для животного организма вообще являются вышеперечисленные 12 элементов плюс As и J.

Эти элементы находятся в организме в различных сочетаниях. Одни в виде солей, как и в мертвой природе, другие в более сложных соединениях, получивших название органических. Некоторые из последних уже давно стали готовиться синтетически. Вёллер еще в 1828 году таким путем приготовил мочевины. Сложные органические соединения построены из углерода, водорода и кислорода, другие с присоединением сюда азота, серы и фосфора. Теперь химики превосходно строят уже углеводы и жиры; большинство этих веществ можно рассматривать, как источники потенциальной энергии для организма.

Напомним самую важную для нас группу органических веществ, которых в лаборатории построить пока еще не могут. Это — белки. Роль этих, в высшей степени сложных соединений, имеющих очень большую частицу, громадна. С химической стороны они-то и характеризуют прежде всего жизненные процессы. Например, в крови находится гемоглобин — соединение еще более сложное, чем обыкновенные белки; от него можно отщепить белок и другое вещество, более простого состава. Вот эмпирическая формула гемоглобина, полученная Ценковским и Бунге: $C_{712} H_{1130} N_{214} O_{245} S_2 Fe$. Частица громадная. На присутствии подобных частиц в организме и покоится характерный для него непрерывный обмен веществ. Такие частицы могут распадаться, и притом не целиком, а в отдельных звеньях восстанавливаться и снова распадаться. Поэтому белки с их громадной частицей, обладающей большой подвижностью в сторону распада и в сторону восстановления или нового синтетического воспроизведения, и должны быть прежде всего рассматриваемы, как основа химических процессов в теле.

Химики различают много видов белков. И все-таки химическая характеристика их недостаточна; «биологические реакции» удостоверяют, что белков невероятно большое разнообразие и можно сказать, что у каждого животного специфический для него белок. У кролика, собаки, лошади и т. д. — у каждого из них свои особые белки. У человека — опять особый белок. Химический анализ пока не в состоянии уловить все это разнообразие благодаря несовершенству методов, а биологические реакции обязывают принять его с несомненностью.

Дело идет еще дальше. Например, для человека не только свойствен известный, специфический для него состав белков, но химический состав организма, и в частности крови, несомненно изменяется еще под влиянием тех или иных, иногда случайных, переживаний. Например, человек, переживший заболевание оспой, имеет уже другой химический состав, чем человек ее не переживавший; переживший заболевание дифтеритом опять имеет другой состав. Надо принять, что здесь совершаются процессы настолько сложные, бесконечно разнообразные и тонкие, что уловить их химии с ее современными методами пока совершенно невозможно. И, однако, признать их существование и место в организме является теперь абсолютно необходимым, как мы это увидим в особенности при изучении состава крови.

С физической точки зрения жизненные явления рассматриваются как превращение энергии. Теплота животного организма, механические действия его имеют своим источником превращение потенциальной энергии известных веществ в ту или другую форму кинетической энергии при процессах расщепления и окисления их в организме. То же, очевидно, имеет место и по отношению к электрическим явлениям, наблюдающимся здесь. Дюбуа Реймон, исследователь высокой гениальности, настойчивости, положил много труда, чтобы доказать, что электрические явления — постоянный спутник жизненных процессов.

Итак, по отношению к жизненным явлениям в организме получилось очень определенное представление, как именно на них смотреть и как их исследовать.

Но при таком положении дела предстает со всей настойчивостью новый вопрос: как же смотреть на психические явления, имеющие место также в животном организме, по крайней мере у высших его представителей? Можно привести два примера того, как на этот вопрос отвечали физиологи при создавшемся новом направлении нашей науки. Дюбуа Реймон на этот вопрос ответил таким образом: что явления мате-

риального мира, с одной стороны, и явления сознания, с другой, останутся навсегда для нас разъединенными непроходимой пропастью, и явления одного порядка останутся непереводаемыми в собственном смысле на язык явлений другого порядка. Пусть мы постигнем игру атомов в организме до их мельчайших деталей, пусть будем знать материальные явления в организме с такой точностью, что будем их предсказывать вперед, как это делают астрономы по отношению к движению планет и звезд, — все-таки психические явления останутся для нас невыясненными. Он спрашивает, например, почему прикосновение ко мне горячего железа вызывает в моем сознании боль, а между тем сочетание нот в аккорде до-ми-соль вызывает приятное ощущение? В основе того и другого явления лежит, конечно, всегда игра атомов. Итак, по мнению Дюбуа Реймона, явления материальные и явления психические останутся явлениями двух различных порядков, и связь их для нас останется навсегда непонятной. Известно его изречение: *«ignotamus et ignorabimus»*.

Пример другой попытки со стороны физиологов мы видим у Геринга, бывшего пражского, теперь лейпцигского профессора. Одно время он представил в Венскую Академию мемуар, где он стремится развить унитарное воззрение на мир. Чтобы сохранить такое воззрение, он поступает следующим образом. Местом психических явлений служит живой организм. Он образован сочетанием тканей и клеток; надо распространить психические явления и на эти последние. Так как последние состоят из частиц, а частицы из атомов, то надо дальше принять, что частицы и атомы обладают хотением и сознанием. Если это так, то надо эти психические свойства распространить и на всю физическую природу. Такую же мысль о «клеточных душах», или о «душах клеток», развивал и Геккель. Однако что же с этими психическими свойствами мог бы делать, например, атом водорода, совершающий известные колебания в его роковых пределах? При чем тут могли бы быть его сознание и воля?

Вот два примера ответов со стороны физиологов. Другие физиологи просто уклонялись от ответа на эти неразрешимые вопросы и ограничиваются, когда приходится соприкасаться с ними, простым констатированием тех зависимостей, которые наблюдаются в живом организме между явлениями психическими и явлениями физиологическими.

Мы изложили вкратце историю развития физиологии. Это было полезно сделать в двух отношениях. Во-первых, чтобы знать, каким образом возникали физиологические проблемы и, во-вторых, чтобы иметь представление о том, как те или

другие воззрения отражались на развитии физиологии и отражаются до сих пор.

Мы дошли в этом историческом обозрении до самой блестящей эпохи развития физиологии, в которую она вступила в половине прошедшего столетия. Мы сказали уже, что физиология в течение каких-либо двух десятков лет сделала блестящие успехи и завоевала себе самостоятельное почетное положение среди других наук. Получилось стройное и как бы вполне законченное представление о физиологических явлениях. Последние представляют лишь часть мирового движения по отношению к материи и по отношению к энергии. В основе их лежат превращения потенциальной энергии принятых животными в виде пищи известных веществ в ту или другую форму энергии кинетической при процессах расщепления и окисления этих веществ в организме. И так как высшие животные не могут сами вырабатывать сложных органических соединений, необходимых для этих последних процессов, то они прямо (травоядные) или косвенно (плотоядные) берут их готовыми из мира растительного. Этот последний в зеленых частях растения вырабатывает их под влиянием кинетической энергии солнечного луча. Стало быть, по первому источнику всякий физиологический процесс и у высших животных (движение, тепловое или электрическое явление и т. д.) должен быть рассматриваем, как процесс, имеющий своим первоисточником энергию солнечного луча. Как мы видим, для физиологических явлений получается картина, в общем, очень определенная и законченная. Остановилось ли развитие физиологии на этом положении дела?

Как ни стройно и ясно физико-химическое или механическое воззрение на жизненные процессы, при детальном исследовании последних физиология столкнулась с явлениями, которые далеко не укладываются в начертанные рамки и по отношению к чисто материальным явлениям животного организма. Дело в том, что когда стали детальнее изучать физиологические явления, то многие из них оказались неукладывающимися в рамки физико-химического воззрения.

Возьмем, например, факты наследственности, факты, характерные в высшей степени для живых существ. В изучении их физико-химическое исследование оставляет нас пока, т. е. при современном состоянии науки, совершенно без всякого руководства. Яйцо червя, моллюска, лягушки, птицы и млекопитающего построено, с химической точки зрения, почти совершенно одинаково. Между тем из одного из них развивается червь, из другого моллюск, из третьего птица и т. д. И притом из каждого яйца развивающийся организм должен проходить

почему-то совершенно определенный цикл развития. Каждый вид животного, не говоря об его первых или эмбриональных стадиях развития, в течение известного периода растет, увеличивается в своем росте и весе, затем достигает известной возмужалой формы, остается в этой последней определенное время, а потом начинает постепенно дряхлеть и вступать в период как бы постепенного распада. Притом для каждого вида животных этот цикл развития заключен в известные рамки. Так, например, для человека период роста продолжается приблизительно до двадцати лет, период возмужалости продолжается приблизительно до 40—45 лет, затем начинает организм постепенно стареть. Для другого вида животного, например для собаки, этот последовательный цикл проходит опять в определенное число лет; для кролика опять тоже периоды жизни заключены в характерные для этого вида рамки. Почему это так, мы пока об этом совершенно не знаем. А между тем, казалось бы, с физико-химической точки зрения, почему известному животному организму не существовать неопределенно долго в своей взрослой форме. Ведь организм данного животного постоянно обновляется во всех своих частях благодаря непрерывному обмену веществ, он, так сказать, постоянно возобновляется и восстанавливается во всех своих элементах. Почему же при этих условиях через известное время должен наступить регрессивный процесс, т. е. постепенное одряхление организма, заканчивающееся его смертью?

Подобного рода процессы, отражающиеся и на постепенных изменениях физиологической деятельности организма, могут быть пока рассматриваемы только как биологические явления. И это только наиболее грубые проявления наследственности. А между тем известно, что наследственность проявляется еще в гораздо более тонких формах, как, например, унаследование у человека известных форм лица или известных психических особенностей характера или умственного склада.

Если мы оставим в стороне подобные явления, как наследственность, и обратимся к процессам более простым, лежащим, так сказать, в пределах физиологического опыта, то и здесь мы встречаемся с многими явлениями, которые опять же не укладываются так просто в схему физико-химического воззрения. Между прочим, для физиологических процессов характерна их целесообразность: именно эти процессы так протекают в различных органах и так сочетаются между собою, что мы вынуждены рассматривать их, как совершающиеся именно целесообразно в интересах поддержания существования как индивида, так и вида. При господстве физико-химического взгляда на жизнь целесообразность была выкинута из

физиологии, как чисто метафизическая доктрина. Организм рассматривался как тонко устроенная машина. Когда же стали изучать жизненные явления ближе, то оказалось все-таки необходимым считаться с целесообразностью протекающих здесь процессов и с особенным характерным свойством организма — приспособляемостью к тем или другим жизненным условиям. Опять же эти явления мы можем пока толковать как чисто биологические, и с ними физиологу постоянно приходится считаться в своем изучении жизненных явлений. Это оказалось необходимым даже для сравнительно очень простых физиологических процессов. Возьмем, например, процессы всасывания продуктов пищеварения из пищеварительного канала. Физико-химическое толкование их представлялось сначала очень простым: всасывание продуктов пищеварения есть не что иное, как частный случай фильтрации и осмоса через стенку кишечника. Так и трактовали эти явления физиологи в 50—60-х годах прошлого столетия. При ближайшем изучении их дело оказалось, однако, не так просто: известные растворенные и способные к диффузии вещества пропускаются через стенку пищеварительного канала в организм, другие вещества, обладающие, повидимому, совершенно такими же физическими и химическими свойствами, проходят, однако, вдоль кишечника, не подвергаясь всасыванию. Пришлось признать за клетками, покрывающими стенку кишечника, как бы сознательный выбор, т. е. одни вещества пропускать через свою стенку на пользу организму, а другие заставлять проходить мимо. Во всяком случае, в деятельности эпителия, покрывающего стенки кишечника, пришлось признать известную целесообразность.

То же самое, но только в обратном порядке, пришлось допустить по отношению к деятельности почек. Эти последние служат для удаления из крови негодных веществ, так сказать, продуктов отброса. И здесь за клетками, входящими в строение известного отдела почек, пришлось признать как бы избирательную и целесообразную работу: одни вещества, находящиеся в крови в растворенном состоянии, удаляются из нее деятельностью этих клеток, другие — пропускаются опять же как бы мимо. Несомненно и здесь работа почки совершается в общем целесообразно в интересах организма.

И таких фактов накопилось в физиологии немало к 70—80-м годам прошлого столетия. И факты эти были настолько поучительны, что некоторым ученым казалось необходимым поднять вопрос именно о целесообразной деятельности живых клеток организма, этих элементарных носителей жизненных процессов. Конечно восстанавливать старую виталистическую

доктрину казалось совсем неудобно. Поэтому сторонники такого воззрения называли свое учение неовитализмом; наиболее ярким выразителем такого взгляда на недостаточность физико-химического воззрения и на необходимость признавать уже за элементарными клетками как бы намеренно целесообразную деятельность явился физиолого-химик Бунге в Базеле. Были сторонники такого взгляда и в других странах: у нас в этом смысле высказывались физиолого-ботаники Коржинский и Бородин. Если большинство ученых не стало явным образом на сторону неовитализма, то тем не менее против односторонности физико-химического воззрения на физиологические процессы обнаружилась известная реакция; в самом деле, это воззрение оставляет изучение многих физиологических явлений без всякого освещения и руководящего начала.

Как же быть при таком положении дела? Рядом с физико-химическим воззрением сформировалось воззрение общебиологическое. Оно не имеет таких строгих законов, как физика и химия, но позволяет привести в систему и дать некоторое освещение многим физиологическим явлениям. Это воззрение выработалось всей совокупностью биологических наук.

По этому учению в основе всех жизненных явлений лежит *протоплазма*. Это — правило как для растительного, так и для животного мира. Живые клетки построены именно из протоплазмы, этого элементарного носителя жизненных процессов. Клетка заключает в себе ядро, может иметь оболочку или не иметь ее (это не представляется абсолютно необходимым), во всяком случае, всякая живая клетка имеет некоторую определенную структуру гистологическую и некоторый уже сложный химический состав. Ей присущи все основные жизненные отправления: она принимает в себя известные вещества, перерабатывает их процессом, напоминающим пищеварение, усваивает их, т. е. делает их своей составной частью, затем эти вещества в ней распадаются путем тех или других процессов, и таким образом в ней совершается обмен веществ. Этот процесс совершается при участии кислорода и сопровождается образованием углекислоты, т. е. клетка совершает дыхательный обмен. Рядом с этими химическими превращениями в клетке совершаются процессы превращения энергии, потенциальная энергия служит для образования тех или других форм кинетической энергии. Таким образом все превращения энергии совершаются у всех одноклеточных организмов, как и у высших животных. Всякий одноклеточный организм обладает уже характерным для живого вещества свойством — раздражительностью, т. е. способностью на то или другое внешнее воздействие развивать ту или другую реакцию, пусть эта последняя

выражается лишь, так сказать, микроскопическим изменением в структуре клетки или даже обнаруживающимися во вне движениями, как это имеет место при перемещении плазмодия или выпускании и втягивании псевдоподий у амебы, или движении ресничек у инфузорий. Теперь признано, что раздражительность присуща и клеткам растительных организмов.

Таким образом, уже простым одноклеточным организмам присущи все основные свойства живого организма: питание, усвоение, дыхательный обмен, удаление отходов жизнедеятельности, раздражительность и известная форма движения, хотя бы только в пределах молекулярного изменения клетки. Наконец, всякий одноклеточный организм, как и высший организм, способен размножаться. Но у этого одноклеточного организма все эти функции являются нерасчлененными, как бы сконцентрированными в одном комке протоплазмы. По выражению Клода Бернара, это лишь «жизненный хаос».

У многоклеточных организмов совершается дифференцировка морфологическая между отдельными частями тела и рядом с этим дифференцировка физиологическая. Нам нет необходимости останавливаться на разных этапах той и другой дифференцировки. Перейдем прямо к высшим организмам. У последних образовались различные «ткани». В каждой из этих тканей клетки сгруппировались в более или менее однообразные комплексы. Рядом с этим развилось и резкое разделение труда в отношении функциональных отправления организма. Одни ткани, как, например, покровные, или ткань соединительная, приняли на себя как бы чисто механическую роль — играть именно роль покровов для более нежных частей организма или роль подстилки и остова для других тканей, например, для железистой и нервной. Известные клетки, например, в железах, приняли на себя как бы роль химических лабораторий, где должны совершаться те или другие химические метаморфозы в целях всего организма. Так, например, мы увидим, что печень с ее сравнительно просто и однообразно построенными клетками служит местом крайне сложных и замысловатых химических превращений, очень важных для жизни всего организма. Слюнные железы опять своего рода химические лаборатории, хотя с более простой, но тоже определенной химической деятельностью. Ткань мышечная развила в себе по преимуществу способность выполнять те или другие движения, т. е. двигательную функцию, присущую в зачаточном виде и одноклеточному организму, но здесь достигшую необычайно сильного, так сказать, макроскопического обнаружения. Нервная ткань развила в себе в высокой степени функ-

цию раздражимости, именно реагировать на действия чрезвычайно слабых раздражителей и в некоторых своих частях реагировать даже на действия раздражителей только определенных, как например, в органах зрения или обоняния. Ввиду этого свойства и благодаря способности нервных клеток образовывать отростки, тянущиеся иногда на очень большом протяжении, нервная система заняла в организме как бы совершенно особое положение, именно приводить собой в соотношение, как морфологически, так и функционально, очень отдаленные части организма. Вместе с этим она явилась как бы регулятором всех жизненных отправлений разнообразных частей организма. Правда, мы увидим дальше, что ее роль как регулятора жизненных процессов теперь представляется уже далеко не в такой абсолютной форме, как это казалось лет 20 тому назад; мы увидим, что между отдаленными органами у многоклеточных животных могут устанавливаться различные функциональные соотношения и помимо нервной системы; мы увидим, что на деятельность одной какой-нибудь железы может влиять деятельность другой какой-нибудь железы очень отдаленной, но во всяком случае на долю нервной системы остаются за всем тем очень важные функции в смысле установления соотношений между деятельностью отдельных органов внутри организма и в смысле установления всего организма по отношению к воздействию на него внешнего мира.

Во всяком случае характерно и существенно здесь следующее: как бы рядом с морфологической дифференцировкой ни шла далеко дифференцировка функциональная, какие бы специфические формы она ни принимала, и в смысле разделения труда, и в смысле выработки специальных отправлений в организме, общим и постоянным здесь остается следующее: в основе деятельности всех самых специальных физиологических аппаратов лежат элементарные живые единицы — живые клетки, и каждая из этих единиц, выполняя в интересах организма то или другое специальное отправление, вместе с тем продолжает жить собственной жизнью, так же, как и всякий одноклеточный организм, т. е. каждая живая единица ткани совершает обмен веществ вообще, дыхательный обмен в частности, обладает и общей раздражительностью и т. д. С этим и надо постоянно считаться при изучении всяких физиологических отправлений, т. е. доходить до жизни отдельных единиц, лежащих в их основе.

Общебиологическая точка зрения как будто ничего нового не вносит и с этой стороны совершенно уступает физико-химическому воззрению. Однако в действительности это далеко

не так. Не будучи столь яркой, резко очерченной, она вносит некоторые поправки и дополнения к этому последнему, она требует рассмотрения всякого физиологического явления, как выработавшегося в известных общеприродных условиях. С этой точки зрения получает новый интерес сравнительная физиология организмов, которая как наука была уже намечена в 40-х годах прошлого столетия Иоганном Мюллером и затем почти совершенно была оставлена без разработки под влиянием механического воззрения на жизнь. В самом деле, для этого последнего важно было дойти до последней игры частиц и атомов, найти физико-химические причины, обуславливающие те или другие жизненные явления; важно, чтобы эта задача была выполнена до конца на каком-нибудь, хотя бы одном, живом организме. Между тем с общеприродной точки зрения представляется очень важным изучить все разнообразие жизненных процессов на разных ступенях животного царства. С этой точки зрения функциональная деятельность является результатом многовековой деятельности живых организмов в известных условиях существования на земле, в условиях приспособления к окружающей среде и наследственной передачи приобретенных морфологических и физиологических свойств. С этой точки зрения получает совершенно определенное место в физиологических явлениях и целесообразность, выброшенная за борт механическим воззрением — это, конечно, не будет целесообразность метафизиков, абсолютная и совершенная, а целесообразность относительная, так как она выработалась веками существования живых существ на земле, так как она сложилась в борьбе за существование и путем выживания организмов, наиболее целесообразно построенных и передавших свои приобретенные свойства в наилучшей форме последующим поколениям живых существ. В самом деле, при более детальном изучении все это и оказывается в таком виде: в зависимости от условий существования в той или другой среде у животных выработались и органы и способы их действия для тех или других физиологических целей, очень разнообразные и в то же время целесообразно действующие для своего назначения. При сравнительно физиологическом изучении это прямо бросается в глаза. Здесь одна и та же функция физиологическая может осуществляться крайне разнообразными способами в зависимости от тех условий, в которые она поставлена. Приведем пример наиболее известный — органы дыхания варьируют широко на разных ступенях животного царства. Однако их задача осуществляется у животных, живущих в воде такими-то и такими-то способами, у живущих в воздухе, как у трахейных и легочных животных, другими способа-

ми, — и в тех и в других условиях дыхательный обмен поставлен в целесообразные соотношения со средой. В особенности это поражает при изучении каких-либо особых, как бы исключительных деятельностей. Мы увидим, насколько целесообразно построены и действуют электрические органы у электрических рыб, насколько целесообразно действуют органы свечения у светящихся насекомых и т. п. Целесообразность здесь действительно бросается в глаза.

При современном положении физиологии дело обстоит следующим образом: те процессы, которые доступны изучению по методам физики и химии, и изучаются на этом пути; другие физиологические отправления, недоступные такому изучению, изучаются с общебиологической точки зрения. Насколько плодотворна для физиологии и эта точка зрения, мы увидим, например, в очень яркой форме по поводу изучения функций лейкоцитов и вообще амебообразных клеток, встречающихся не только в крови, в лимфе, но и в других органах. Насколько деятельность одних органов поставлена в зависимость от деятельности других органов и притом не только при посредстве всеобъединяющей и регулирующей в организме нервной системы, как принимали прежде, но также и при посредстве тех секретов, которые поставляют известные органы в общий круговорот соков в организме, — это мы увидим на примерах влияния секретов одних желез на деятельность и функциональные отправления других желез. В подобных случаях, где физика и химия не могут нам дать определенных указаний для изучения, общебиологические воззрения дают нам все-таки некоторые руководящие указания, и указания настолько полезные, что потом с успехом начинает применяться для изучения тех же физиологических задач и метод физико-химический.

С общебиологической точки зрения высшие организмы представляют комплекс дифференцированных и морфологически и физиологически клеток, объединенных общей задачей поддержания жизни индивида или рода. Кроме того, всегда необходимо считаться здесь с условиями существования их в известной среде. В самом деле, для жизни необходима не только известная структура, то или другое разделение труда между ними в интересах поддержания их существования, но, сверх того, и известная внешняя среда. Эта последняя должна непременно удовлетворять известным условиям. Сейчас мы и рассмотрим в общей форме условия, требующиеся от этой среды.

Первое условие, требуемое от внешней среды, — это известная температура. Вообще жизнь возможна в пределах от

0° до 50°. Значение этого условия заключается, очевидно, в следующем: при температурах более низких жизненные процессы должны замедляться, потому что вода, входящая в строение живых клеток, промерзает, т. е. становится средой неподходящей для хода тех физико-химических превращений, которые лежат в основе жизни отдельных живых единиц.

Около верхней границы белки, входящие в состав живых клеток, свертываются и, следовательно, вещественный обмен опять должен прекратиться. Правда, некоторые инфузории могут существовать в горячих ключах при температурах и более высоких, например, 70°, но это исключения, очевидно, связанные с тем, что у этих организмов выработались белки, несвертывающиеся при этих температурах. То же самое надо сказать по отношению к бактериям, размножающимся на снегу. Промерзание не должно происходить непременно при температуре 0°, но оно может совершаться при температурах более низких, как это известно для простых растворов минеральных солей. Следовательно, и здесь фактический смысл этого общего правила остается ненарушенным.

Второе условие, требующееся от внешней среды для жизни, — вода. Смысл этого условия также очень понятен. Те химические превращения, которые лежат в основе жизненных процессов, протекают в водной среде. Значение этого условия для жизни выясняется опять же очень наглядно на низших организмах. В сточных трубах, в канавах, лужах развертывается жизнь находящихся здесь организмов во всю, пока есть вода. Как только последняя высыхает, одни организмы оставляют споры, другие — инцистируются (и даже животные довольно сложного строения, как, например, коловратки), и жизнь замедляется, или, как выразился Клод Бернар, переходит в состояние химического безразличия. Появляется здесь снова вода, и жизнь вновь разворачивается и т. д.

Третье условие: необходимо постоянное присутствие в окружающей среде кислорода, растворенного ли в воде или газообразного. Значение этого условия опять совершенно понятно. Жизнеотправления связаны с окислительными процессами, лежащими в основе тех или других превращений энергии.

Наблюдать значение этого условия опять проще всего на низших и, в частности, одноклеточных организмах. Если в капле воды, где живут амебы и инфузории, затрачивается содержание кислорода, эти клетки скопляются по краям покровного стекла, где все-таки есть или остается запас кислорода. Когда и он будет израсходован, движение клеток прекращается и если это продолжается недолгое время, то новый приток кислорода снова пробуждает их к жизни.

Четвертое условие: в окружающей среде должны существовать сложные соединения с запасом потенциальной энергии или, как говорят вообще, питательные вещества. Это — белки, жиры и углеводы. Конечно, значение последних для различных живых клеток неодинаково, и они могут в известных пределах замещать друг друга. Все это разъяснится в нашем курсе более подробно, пока распространяться об этом нет надобности.

Пятое условие: удаление негодных веществ, отбросов жизнедеятельности клеток из окружающей среды. Значение этого условия также в общем понятно. Отрабатывавшие вещества, очевидно, сделались непригодными для поддержания жизни и, мало того, вредными для нее. У низших организмов, опять же, это условие представляется до очевидности наглядным. Алкогольный грибок, расщепляя сахар, образует алкоголь и углекислоту; оба продукта вредны для его дальнейшей жизнедеятельности и при известном накоплении парализуют жизнь этого микроорганизма. Бактерии молочного, уксусного, масляного брожения и т. д. образуют эти кислоты, как отбросы их жизнедеятельности, и тоже, если не удалять образующиеся кислоты, то их жизненная деятельность прекращается. Удаление углекислоты, как продукта окислительных процессов, составляет такую же необходимую часть дыхательного обмена, как поступление нового кислорода.

Это главнейшие условия, необходимые для всякой жизни. Свет, повидимому, не принадлежит к необходимым жизненным условиям, так как некоторые организмы могут жить и развиваться в абсолютной темноте.

Высшие организмы поставлены в этом отношении, повидимому, в менее тесные рамки. В самом деле, например, высшие животные могут существовать при температурах и более высоких и более низких, чем те, которые указаны выше. Однако если разобрат по существу дела, то жизнь здесь поставлена в еще более узкие рамки. Дело в том, что здесь жизнь составляющих организм клеточных элементов совершается у них за счет своей внутренней среды. Эта внутренняя среда — кровь, и она включает все перечисленные факторы в достаточных условиях. Здесь есть и теплота, и вода, и кислород, и питательные вещества. Сюда же клетки сложного организма выводят свои отбросы, от которых кровь и освобождается в известных частях организма. Эта внутренняя среда, чтобы удовлетворять своему назначению, и должна постоянно пополняться в своих необходимых частях и освобождаться от накапливающихся вредных отбросов. Очевидно, для этой цели необходимо, чтобы кровь находилась постоянно в движении. Это и имеет всегда место в жизни организма. Следовательно, здесь

клеточные элементы заключены как бы в специальную теплицу, и жизнь осуществляется только при этом условии. Что действительно кровь является посредником между всеми клетками высшего организма, доказывается разнообразными способами. Если, например, придавить артерию, приносящую кровь к ноге, то нога, лишаясь кровообращения, теряет чувствительность и способность совершать движения. Голова собаки омертвеет, если придавить обе *arteriae vertebrales* и обе *carotides*. Но если открыть эти артерии через непродолжительное время, то кровь потечет вновь, обмен возобновится и жизнь головы восстановится.

В общих чертах мы закончили обзор развития физиологии. Мы видели, в общем, какие направления руководили физиологией, какие она ставила задачи и как вырабатывались ее методы. Итак, физиология с большой пользой применяет физико-химический метод, в других случаях она руководствуется общебиологическими воззрениями. Наконец, у нее есть свои собственные методы, как вивисекции, которыми она и до сих пор, конечно, пользуется в широких размерах. В известных случаях она прибегает для разрешения своих задач к помощи микроскопа, как, например, при решении вопроса, как деятельность известных аппаратов отражается на структуре входящих в них клеточных элементов. В некоторых своих исследованиях она соприкасается также с областью психологии, когда, например, ей приходится изучать функции головного мозга и деятельность органов чувств, так как первоначальные моменты нашего познания не только внешнего мира, но даже и явлений, относящихся к ним самим, лежат именно в деятельности этих органов.

Таким образом мы видим, что задачи физиологии и ее методы крайне разнообразны и сложны, при этом она соприкасается с областью многих других наук. Излишне было бы распространяться о значении ее самой для этих последних. Значение ее для медицины было определено уже хорошо Галеном, и это не требует дальнейшего разъяснения. Значение ее для гигиены, для рациональной педагогики также не нуждается в пояснениях и примерах. Теперь даже филология пользуется, например, при изучении вопросов фонетики, ее методами. Из нее получили начало некоторые ветви психологии, например, так называемая физиологическая психология, экспериментальная психология и т. п. На ее данные опирается в своих рассуждениях и построениях социология и юристы. Этим определяется ее значение и для других наук. Задача нашего курса дать общее руководящее понятие о физиологических процессах — о том, как по отношению к ним ставит свои задачи фи-

физиология и как их разрешает. При обилии и разнообразии возникающих здесь вопросов и полученного уже громадного материала ориентироваться в изучении физиологии — задача в известной степени нелегкая, и нелегкая, в частности, потому, что нередко между исследователями встречаются как бы вопиющие противоречия даже в ближайших результатах их исследований. И это не должно нас поражать. Почти каждое физиологическое явление крайне сложно и иногда небольшая разница в тех условиях, которые имели место у одного исследователя и у другого, вела и ведет до сих пор к очень чувствительным расхождениям и в результатах наблюдений. С этим нам придется много раз встретиться, и это в известной степени поучительно, как показатель того, насколько физиологи должны быть внимательны к условиям своего эксперимента и к тем выводам, которые они из него делают.

Физиологическая литература крайне обильна. Об этом можно судить по следующим фактам: в 60-х годах появлялось в течение одного года, по вычислениям французского физиолога Шарля Рйше, 200—300 работ, а в последние годы появляется 1500—2000 работ. Специалист и тот не в состоянии прочесть всего этого за год. На международных конгрессах физиологов, продолжающихся три-четыре дня, появляется такое разнообразие докладов, демонстрируются столь многочисленные приборы и опыты, поднимаются столь разнообразные вопросы, что, при всем желании участника такого съезда, нет возможности обнять и треть того, что здесь ему предлагается. И все это обилие физиологического материала, можно сказать, растет и в объеме и в разнообразии с каждым днем.

Теперь следует решить вопрос, с чего начать изучение физиологии и в каком порядке вести изложение отдельных ее глав. Прежде делили физиологию животных на два больших отдела: на физиологию растительных процессов, т. е. процессов как бы общих для животного и растительного мира, — как питание, дыхание, обмен веществ, циркуляция соков и т. д., и на физиологию собственно животных процессов — как движение, чувствительность, нервные акты и т. п. Эти последние процессы прежде считали свойственными только животным. Теперь это представляется уже далеко не так: и в растительном мире наблюдаются явления раздражительности, чувствительности, наблюдаются и явления движения, иногда в размерах, видимых непосредственно глазом, иногда только в размерах, так сказать, микроскопических. С точки зрения эволюции живых организмов это и понятно: те и другие вышли из одного общего корня, в основе жизненных явлений тех и других лежит первичная протоплазма.

Разделение физиологии животных на два отдела представляется искусственным и в том отношении, что какой бы физиологический процесс мы ни изучали, он есть процесс сложный, т. е. входящий в ту и другую половину старого деления физиологии. Так, например, дыхательный обмен находится под теми и другими влияниями со стороны нервной системы, что носит название иннервации дыхания; процессы пищеварения представляют то же самое. С другой стороны, деятельность мышц и нервной системы не может быть изучаема или трактуема без того, чтобы остались без рассмотрения и процессы питания, обмена веществ и т. д., сопровождающие деятельность этих физиологических аппаратов. При этом положении дела приходится, изучая так называемые растительные процессы, трактовать их не только как таковые, но и как процессы, характерные якобы только для животной жизни. То же самое и наоборот. Поэтому при изложении физиологии ставится чисто практический вопрос, в каком порядке удобнее излагать материал физиологии. Одни физиологи, после общего обозрения процессов в организме, начинают затем с систематического рассмотрения процессов растительных, сопровождая их соответствующим освещением со стороны влияния на них нервно-мышечной системы. Другие идут в обратном порядке. Результат, в сущности, от этого не изменится.

Мы в нашем курсе пойдем в таком порядке: сначала ознакомимся с мышечной физиологией, так как сократительность мышц служит наиболее выразительной и очевидной реакцией со стороны животного организма на внешние и внутренние раздражители. Затем мы перейдем к изучению физиологии нервной системы, как регулятора и объединителя довольно разнообразных функций. Располагая знакомством с этими главами физиологии, мы можем затем свободно толковать и процессы чисто растительные, насколько они находятся в зависимости от нервной и мышечной деятельности. Затем мы перейдем к детальному изучению состава крови, как необходимой внутренней среды для жизни и деятельности всех составных частей организма. После этого мы рассмотрим механику кровообращения в связи с иннервацией его, дыхание, животную теплоту, процессы пищеварения, всасывание, деятельность органов кровотока, деятельность аппаратов, служащих для удаления из организма продуктов отброса (почки, экскреторная деятельность кожи и т. п.), и после этого рассмотрим в целом обмен веществ в животном организме. Во всех этих последних главах, конечно, нам придется иметь дело и с влиянием нервной системы на все эти процессы. После всего этого мы перейдем к изучению физиологии органов

чувств — отдела физиологии, также крайне важного и в некоторых частях получившего очень высокое развитие, как, например, физиология зрения, где нам придется уже соприкасаться с вопросами и психологии, вопросами, важными вообще для теории познания.

Ниже мы приводим указания профессора Н. Е. Введенского относительно учебников физиологии. Профессор Н. Е. Введенский прежде рекомендовал учебник «Основы физиологии» Фредерика и Ньюэля — учебник, имеющий несомненные достоинства по ясности и, так сказать, конкретности изложения физиологических явлений; в эту книгу внесено было немало дополнений и теоретических указаний и со стороны профессора. Однако этот учебник теперь представляется несколько устаревшим — он вышел в 1897—1899 гг., а физиология в некоторых отделах развивается очень быстро и обогатилась с тех пор некоторыми новыми существенными данными. Из более новых учебников мы укажем, прежде всего, на учебник Ландуа и Роземанна, вышедший в Москве под редакцией Шатерникова в 1910—1911 гг. Этот учебник представляет очень систематичное и ясное изложение данных физиологии; он дает богатый, разнообразный физиологический материал, сообщает в известной степени и сравнительно-физиологические данные и соприкасается часто с явлениями патологического организма. Как учебник он имеет лишь один недостаток: при громадном обилии и разнообразии изложенного в нем материала начинающим изучение физиологии иногда трудно выделить существенное от более второстепенного.

Другой учебник, вышедший на русском языке почти одновременно с ним, — это руководство по физиологии Цунца и Леви. Это, в сущности, коллективный труд многих отдельных авторов. Каждая глава здесь написана специалистом своего дела. Это большое достоинство книги, но, вместе с тем, и ее недостаток: отдельные главы физиологии не всегда достаточно согласованы общей редакцией, некоторые вопросы физиологии трактованы чересчур кратко, а иногда и совсем опущены. Недостаток этой книги составляет то, что авторы некоторых глав трактуют вопросы в слишком общей и, так сказать, схематической форме, не давая такого конкретного представления о физиологических явлениях, как первые два учебника. Поэтому для начинающих изучать физиологию профессор считает этот учебник менее подходящим; чтение его очень полезно для того, кто уже вообще знаком с физиологией. Есть еще очень хороший учебник по физиологии, именно Тигерштедта. Последнее русское издание вышло в 1909 году. Для читающих на немец-

ком языке следует рекомендовать новые подлинные издания этого учебника, которые появляются очень часто.

Затем есть еще на русском языке переводные учебники Бернштейна и Бунге. Первый из этих двух сильно устарел, второй, несмотря на свое название, не представляет в собственном смысле учебник, так как он не имеет характера систематического руководства по физиологии; химические главы здесь изложены очень хорошо, другие отделы физиологии слишком поверхностно. Есть на русском языке руководство по физиологии профессора Вериги (в Одессе); вышло пока два тома, издание до сих пор еще не закончено и имеет характер не учебника, а скорее более обширного руководства по физиологии. Профессор упоминает еще о переводном учебнике физиологии Гедона, о котором нередко спрашивают его мнение слушатели: учебник очень поверхностный и не трактующий совсем многие существенные вопросы физиологии.

Нередко спрашивают еще мнение профессора о книге Ферворна «Общая физиология». Это не есть собственно учебник физиологии, а только введение в физиологию, где трактуются самые общие вопросы, иногда в форме довольно интересной, иногда же довольно туманной и своеобразной для этого автора. Как общее введение в физиологию можно скорее рекомендовать «Введение в физиологию» Розенталя, книгу, изложенную более систематично и ясно.

Более пространные руководства на иностранных языках указываются профессором в обзрении преподавания.

МЫШЕЧНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Теперь мы переходим к рассмотрению мышечной физиологии. На физиологию мышц давно было обращено большое внимание, общая причина чего была уже указана нами: именно посредством мышц наиболее резко выражается деятельность нервной системы, но и сама по себе мышечная система заслуживает внимания, как мы увидим дальше.

Мышца представляет интересное строение, в особенности поперечно-полосатая или рубчатая. Протоплазма здесь дифференцирована настолько, что это побудило некоторых исследователей назвать мышцу «выкристаллизовавшейся протоплазмой». Выкристаллизовавшаяся протоплазма в рубчатых мышцах получила своеобразную способность: а именно, как только падает на нее раздражение, прямо или через посредство нервов, мышца сразу становится короче и толще. Благодаря этой способности мышц укорачиваться, двигательные реакции, существующие уже у простой клетки, здесь получили громадное выражение, видимое прямо глазом. Мышца рубчатая получила способность быстро сокращаться под влиянием раздражения, и в то же время, как только раздражение перестает действовать, мышца быстро принимает прежнюю форму.

Изучение деятельности мышечной системы интересно и с теоретической и с практической стороны. Мышца производит работу. Таким образом и с утилитарной точки зрения интересно знать, при каких, например, условиях развивается мышечная работоспособность, при каких падает и т. п.

Напомним, что мышцы бывают двух родов: поперечно-полосатые, или рубчатые, и гладкие. То, что мы говорили о скорости и энергии сокращения, относится именно к рубчатым мышцам. Эти мышцы прикрепляются вообще к костям, одним концом к одной кости, другим к другой, и располагаются таким образом, чтобы двигать рычагами, образованными из костей. Например, двуглавая мышца при своем сокращении, сближая свои точки прикрепления, двигает предплечье, заставляет его подниматься, и, если при этом, например, берут в руки тя-

жесть, то мышца совершает работу. Движение мышц быстрое, энергичное и выразительное.

Не будем описывать строение мышечного волокна. Поясним только, почему мышцу называли выкристаллизовавшейся протоплазмой. Под микроскопом волокно рубчатой мышцы состоит из светлых и темных слоев, что дает вид поперечной полосатости. Из гистологии известно, что мышечное волокно, способное распадаться и поперек и вдоль, составлено из мышечных волоконцев. И нам интересно, что в этом мышечном веществе есть элементы двоякопреломляющие свет между элементами с простым преломлением светового луча. Способностью двоякого лучепреломления обладают только твердые тела; жидкости же и газы не обладают этой способностью или обладают ею в исключительных только условиях, например, жидкость, сжатая между двумя гладкими пластинками и помещенная в магнитном поле. А в обыкновенных условиях способностью двоякого лучепреломления обладают, как мы уже сказали, только твердые тела. Двойное лучепреломление характерно для большинства кристаллизующихся веществ.

В рубчатых мышцах в темных слоях и находятся, действительно, как бы кристаллы, которыми обуславливается то явление, что луч, идущий через мышцу, распадается на два: на обыкновенный и необыкновенный. Это обстоятельство и наводит на мысль, что здесь как бы находятся кристаллы. При рассматривании мышцы в поляризованном свете поступать следует так: в поляризационном приборе имеются два николя: один внизу — поляризующий свет, другой сверху — так называемый анализатор. Так как световые колебания эфира происходят в поляризованном луче только в одной плоскости, то обыкновенный луч не дойдет до глаза наблюдателя, если смотреть через верхний николю, перекрещенный с нижним, и поле кажется темным. Если в промежуток между николями поместить тело, двоякопреломляющее свет, то необыкновенный луч дойдет до глаза наблюдателя. Будем рассматривать рубчатую мышцу: без николей — увидим темные и светлые слои мышцы на светлом фоне; при перекрещенных николях поле зрения станет темным и светлые слои покажутся темными, напротив, слои, где есть двоякопреломляющие тела, покажутся светлыми.

Все это указывает на то, что мышца построена оригинально: обыкновенная протоплазма получает здесь крайне сложное строение.

Мышца состоит из волоконцев, в которых имеются общие клеточные элементы, но, кроме того, мышечное волокно содержит в полужидком веществе расположенные на известном

расстоянии друг от друга элементы, двоякопреломляющие свет. Брюкке назвал их диапластами.

Это мышечное вещество обладает способностью укорачиваться и утолщаться, если на него падает возбуждение, и при этом такая реакция совершается довольно быстро.

Другой род мышечной ткани — гладкие мышцы. Они не представляются исчерченными. Их волокна тоже способны сокращаться, но в высшей степени медленно. Если эти мышечные волокна находятся под влиянием нервного или механического раздражения, то они медленно сокращаются и, по прекращении раздражения, так же медленно расслабляются. В гладких мышцах волокна не собраны в пучки, правильно тянущиеся по длине мышцы, но заложены отдельными элементами в стенках полостей. Например, в стенках кровеносных сосудов одни волокна расположены циркулярно, другие продольно; в стенках желудка, кишечника, вообще в разных полостях, есть слои волокон гладких мышц, тогда как рубчатые прикрепляются к костным рычагам.

Рубчатые мышцы можно характеризовать как скелетную мышечную ткань, а гладкие — как полостную. Прежде проводили разницу между скелетными и гладкими мышцами в таком смысле, что считали скелетные мышцы мышцами сознательно-волевой жизни человека и животных, а мышцы гладкие — мышцами только растительной жизни. Но, оказывается, подобный взгляд не выдерживает критики. Есть полости, в которых заложены поперечно-полосатые мышцы (о сердце не будем говорить — там заложены особые мышцы, хотя и поперечно-полосатые), упомянем о «лимфатических сердцах» у лягушки — это двигательные органы в лимфатических путях, органы, относящиеся к растительной жизни и, между тем, в их стенках есть поперечно-полосатые мышцы. Еще более не выдерживает критики старое деление мышц, если мы будем смотреть на различные ступени развития животного мира. Так, например, в глазу у человека есть циркулярные гладкие мышцы, которые уменьшают зрачок, и другие — продольные, расширяющие его. А у орла в глазах соответственные мышцы поперечно-полосатые. С общебиологической точки зрения на приспособляемость к условиям жизни, природа делает так, что в тех органах, где нужны быстрые реакции, там заложены поперечно-полосатые мышцы. Так, у орла, который быстро опускается с громадной высоты и столь же быстро поднимается вверх, зрачок должен соответственно быстро сужаться и расширяться — и у него поэтому заложены в глазах поперечно-полосатые мышцы; у человека же, как и у большинства млекопитающих, — гладкие. То же и в глотке:

у большинства хищников, для большей силы и энергичности, в глотке заложены поперечно-полосатые мышцы; у других животных в глотке заложена гладкая мускулатура.

Так что рациональное деление мышц будет на: 1) мышцы быстро реагирующие (поперечно-полосатые) и 2) мышцы медленно реагирующие (гладкие).

Естественно поставить такой вопрос: насколько быстро реагирует поперечно-полосатая мышца?

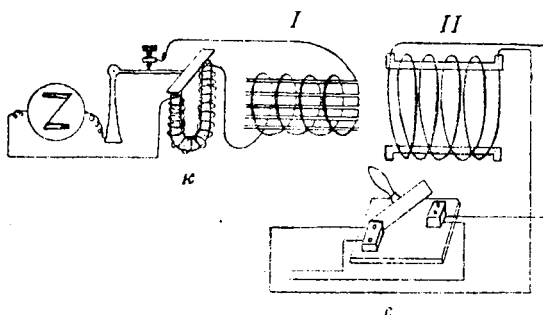


Рис. 1. Схема санного аппарата (индукционного прибора) Дюбуа Реймона.

I — первичная катушка; *II* — вторичная катушка; *к* — прерыватель Гальске в первичной цепи (вместо него можно ввести в цепь камертон); *с* — ключ Дюбуа Реймона для отведения индукционных токов в препарат.

В ответ на это произведем следующий опыт.

Возьмем икроножную мышцу лягушки с ахиллесовым сухожилием. Вставим в нее булавки и введем в фарадическую цепь. Пустим один индукционный удар (это — летучее раздражение).

При замыкании тока в первичной катушке во вторичной катушке явится замыкательный индукционный удар. Пока затем ток в первичной катушке замкнут, не будет индукционного тока, но как только разомкнем ток в первичной катушке, во вторичной получится размыкательный индукционный удар (рис. 1).

Будем раздражать лягушечью мышцу отдельными индукционными ударами. При известном положении катушек З. И. У. (замыкательный индукционный удар) не действует, а Р. И. У. (размыкательный индукционный удар) действует. При другом положении катушек и З. И. У. и Р. И. У. — оба действуют. Мышца сокращается и быстро расслабляется, реагирует в высшей степени быстро. В то же время мы можем привести мышцу в состояние длительного сокращения. Для

этого нужно подвергнуть ее не отдельным индукционным ударам, а целому ряду ударов. С этой целью в первичную цепь вводится камертон, положим со 100 колебаниями в 1 секунду. Тогда на мышцу будут действовать 100 замыкательных и размыкательных индукционных ударов. Чем дальше вторичная катушка от первичной, тем слабее удары. Очень слабые раздражения не возбуждают мышцы. Положим, что в опыте раздражение начинает действовать, когда вторичная катушка находится на расстоянии 34 см от первичной. Это так называемый «порог раздражения». Если взять индукционные токи по-

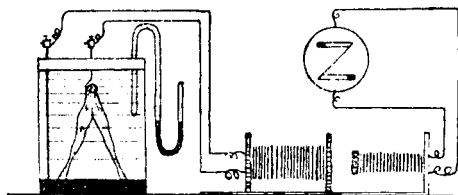


Рис. 2. Опыт, доказывающий постоянство объема мышцы.

сильнее, поставить вторичную катушку на 28 см,¹ то мышца находится в длительном сокращении все время, пока действует раздражение (конечно, в тех пределах, пока не разовьется утомление). Этот опыт, действительно, иллюстрирует быструю возбудимость рубчатых мышц. Пример для гладких мышц нельзя показать на опыте перед аудиторией, так как они (например, мышцы желудка лягушки) сокращаются очень медленно.

Остановимся теперь на следующем явлении: поперечно-полосатая мышца при сокращении, под влиянием возбуждения, становится короче и в то же время утолщается, так что возбуждение мышцы можно назвать утолщением. Распространенный технический термин «мышца сокращается» не следует смешивать со сжимаемостью. Объем ее не претерпевает никаких изменений:² насколько она укорачивается, настолько же и утолщается. Это доказывается таким опытом: берется банка с пробкой, в которую пропущена капиллярная трубка (рис. 2). Банка наполнена жидкостью, которая не вредит мышце (физиологический раствор). Замечается в капиллярной трубке

¹ В сантиметрах отсчитывается расстояние первичной катушки от вторичной.

² В настоящее время более тонкими методическими приемами показано некоторое уменьшение объема мышцы при сокращении. (Прим. ред. — П. М.).

уровень жидкости. Если теперь через мышцу пропустим электрический ток, полюсами которого будут служить крючок, на котором подвешены лапки, и ртуть на дне сосуда, и будем раздражать мышцу, то оказывается, что уровень жидкости в капиллярной трубке не изменяется. Следовательно, при сокращении мышцы не происходит никакого изменения объема. То же положение можно доказать и другим опытом. Мышца помещается в раствор (конечно, не причиняющий вреда препарату) с удельным весом, равным удельному весу мышцы. При возбуждении последней она сокращается, но при этом ни опускается, ни всплывает, другими словами, удельный вес ее не изменяется, т. е. не происходит ни расширения, ни сжатия. Следовательно, можно сказать, что сокращение и укорочение мышцы покрывается ее утолщением.

Мышцу можно заставить сокращаться: 1) под влиянием нервных центров, что и совершается в естественных условиях, 2) искусственным раздражением двигательного нерва, прикладывая к нему, например, электрический ток, и 3) прямым приложением раздражения к мышце, парализовав предварительно нервные окончания посредством кураре.

Мышца может раздражаться не только электрическим током, индукционным или постоянным, но также и другими разнообразными раздражителями, например, резкой переменной температуры или под влиянием химического раздражителя (изменения щелочного раствора в кислый), механическими воздействиями и даже светом.

Когда речь идет об искусственном возбуждении, то возникает вопрос, действует ли всякое раздражение на мышцу через нервные элементы или же мышца обладает своей собственной возбудимостью?

Если в каком-нибудь органе перерезать двигательный нерв, то мышечная ткань органа не будет сокращаться. Правда, иногда при этом бывают фибриллярные сокращения, но это объясняется другими причинами, обусловливаемыми перерождением мышечной ткани, лишенной нервов. В естественных условиях, без сомнения, мышцы сокращаются под влиянием нервных центров. Но, что касается искусственного возбуждения, то не так легко разрешить вопрос, происходит ли при этом раздражение прямо, или же при посредстве нервных элементов. В самом деле, как бы близко к мышце ни перерезать нерв, части его остаются среди мышечных волокон, и их не извлечь оттуда никоим образом, не разрушая самой мышечной ткани. Казалось бы, что вопрос, обладает ли собственной раздражимостью мышечное вещество, или же оно приходит в деятельность только под влиянием нервных элементов, нельзя решить

строго экспериментально. В физиологии уже давно возник вопрос о самостоятельной возбудимости мышц.

СОБСТВЕННАЯ ВОЗБУДИМОСТЬ МЫШЦ

Одно время существовала такого рода «гипотеза»: при сокращении мышц по нервам из нервных центров спускаются в мышечные волокна **духи**, как по веревке и, как только эти **духи** наберутся в достаточном количестве, мышца утолщается и в таком состоянии остается до тех пор, пока **духи** оттуда не выберутся. Между прочим, эта «теория» подтверждалась следующим положением: если нерв перевязать, то мышца перестает сокращаться, и это объясняется тем, что **духи** не могут пройти через перевязанную трубку, по которой они спускаются в мышцу.

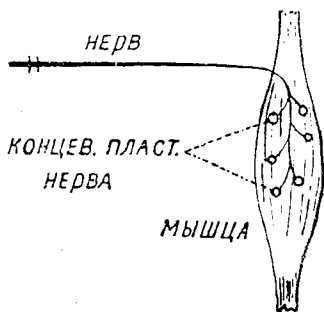


Рис. 3. Схема двигательной иннервации мышцы.

Это наивное предположение давно возбудило вопрос, не обладает ли мышца собственной возбудимостью? Но приемы доказательств были очень произвольны и несовершенны.

В сущности, впервые дал ясный ответ французский физиолог Клод Бернар в 50-х годах XIX столетия. Он воспользовался для доказательства одним ядом. Яд этот как бы перерезает нервные окончания в мышце. Если этим ядом отравить рубчатую мышцу и раздражать нерв, то мышца не сокращается; если же раздражение приложить прямо к мышце, то она приходит в сокращение. В этом опыте Клод Бернар нашел доказательство прямой возбудимости мышц. Яд этот действует только в скелетной мускулатуре, парализуя нервные окончания, на гладкую же мускулатуру он не влияет.

Пучок нервных волокон, подходя к мышечному веществу, разветвляется и оканчивается в нем двигательными пластинками («нервные окончания» или «концевые пластинки»). Для схемы (рис. 3) возьмем одно волокно.

Каким образом Клод Бернар пришел к выводу, что этот яд (называемый кураре¹⁾) действует только на нервные окон-

¹ Этот яд добывался индейцами в Сев. Америке из растений, именно из разных видов *Strychnos*; он представляет собою чернобурый горький экстракт с ароматическим запахом. Индейцы знали секрет этого яда,

чания и не поражает ни нервных центров, ни чувствующих, ни двигательных нервов? Он доказал это следующим знаменитым опытом: одну лапку лягушки Клод Бернар предохранял перевязкой кровеносных сосудов от отравления ядом; для предосторожности он еще перетягивал навошенной ниткой всю лапку в бедре (*ligature en masse*) и изолировал седалищный нерв этой лапки. Мы в этом опыте просто перерезаем одну лапку (левую, например) и оставляем ее в связи с туловищем только при посредстве одного нерва. Если теперь впрыснуть под кожу лягушки несколько капель кураре, то яд, распространившись по кровеносным сосудам, отравит окончания двигательных нервов, оставляя нетронутыми нервные центры, чувствующие нервы с их окончаниями и самые двигательные нервы. В отрезанную лапку яд не сможет проникнуть и она будет служить показателем работоспособности нервной системы, за исключением концевых пластинок двигательных нервов.

Будем раздражать, например, щипками, правую (отравленную) лапку. Как бы сильно ни щипать ее, она не будет двигаться. Но при этом левая лапка реагирует на раздражение правой. Стало быть, чувствующие нервы в отравленной лапке не поражены, она парализована только в двигательной области; равным образом не поражены и нервные центры, потому что рефлекс передается на левую лапку. При самых сильных раздражениях рефлекса нигде не будет, за исключением лапки, изолированной от яда. Вместе с тем, сердце продолжает работать, сосуды способны сжиматься и расширяться, так как в них заложена гладкая мускулатура, на которую этот яд не оказывает никакого действия.

Теперь мы отпрепарируем нерв и мышцу в отравленной области и будем раздражать. Прикладываем раздражение к нерву: на отравленной мышце не будет никакого эффекта. На нормальной же стороне лапка в это время рефлекторно сокращается. При непосредственном приложении раздражения к самой кураризованной мышце получается сокращение последней. Следовательно, кураре не отравляет мышцы, сохраняя ее прямую возбудимость и уничтожая непрямую при посредстве двигательных нервов.

Легко доказать, что кураре не отравляет волокна двигательного нерва, а лишь концевые пластинки его.

Раздражим центральный конец нерва на отравленной (правой) лапке электрическим индукционным током. Увидим, что

именно, что он не поражает чувствующих нервов, а только парализует движение, и пользовались им для военных целей. Он у них и носил название «стрельного яда».

это раздражение рефлекторным путем вызовет сокращение в мышцах неотравленной (левой) лапки. Отсюда следует сделать заключение, что чувствительные волокна правого седалищного нерва передают возбуждение спинному мозгу, который посылает по двигательным нервам импульсы к различным мышцам. Двигательные импульсы доходят и до мышц неотравленной лапки (левой) и вызывают здесь сокращение. В других же частях тела двигательные импульсы не проникают в мышцы, потому что на пути их лежат отравленные ядом концевые пластинки.

Итак, этот опыт доказывает, что кураре не оказывает никакого действия ни на чувствительные нервы, ни на нервные центры, ни на двигательные нервы и ни на самые мышцы. Стало быть, отравление в данном случае распространяется исключительно на концевые пластинки двигательных нервов в рубчатых мышцах. Надо заметить, однако, что при прямом раздражении мышцы к ней приходится прикладывать более сильные токи, так как она представляет более толстую массу, по сравнению с нервом. Во всяком случае, возбудимость мышцы наблюдается и в то время, когда с нерва не приходит никаких раздражений. Таким образом, стрельный яд дает нам доказательство собственной возбудимости мышц.

Почему же под влиянием этого яда наступает смерть?

Причиной смерти здесь служит задушение, так как окончания двигательных нервов рубчатых мышц дыхательного аппарата парализуются. Случаи легкого отравления людей этим ядом дали возможность выяснить всю картину действия кураре. Они при этом теряли способность двигаться, но в то же время они видели, слышали, и вообще чувствующая сфера их несколько не поражалась. Животное можно отравить кураре и, если поддерживать искусственное дыхание, то через некоторое время яд снова поступает из концевых пластинок в кровь. выделяется почками и мало по малу двигательная способность возвращается к мышцам.

Этот опыт можно проделать и с химическим раздражителем. Если погрузим двигательный нерв кураризованной мышцы в раствор щелочи или кислоты, то не будет никакого эффекта; если же погрузить в тот же раствор самую мышцу, то она сократится.

Есть и другие доказательства собственной возбудимости мышц. Именно, если двигательный нерв (например, на собаке или кошке) перерезать ножом, то оказывается следующее: когда через известное время после перерезки мы будем раздражать периферический конец нерва, то он не обнаружит действия на мышцу, прямое же раздражение мышцы даст

эффект возбуждения. Можно было бы подумать, что нерв потерял раздражимость, так как прямое раздражение этой мышцы вызывает в ней сокращение. Однако оказывается, что нерв жив (это доказывается другими окольными путями), но перерождаются прежде всего концевые пластинки, именно приблизительно через полдня после перерезки, и таким образом задерживают импульсы с нерва.

После перерезки двигательного нерва волокна его вскоре испытывают перерождение и таким образом, в физиологическом смысле он является разрушенным, т. е. не может уже передавать никаких импульсов. Между тем мышца еще сравни-

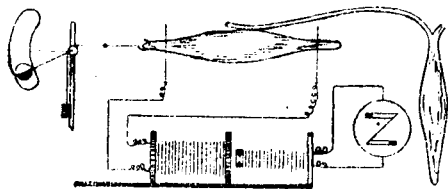


Рис. 4. Сравнительное исследование раздражимости нерва и мышцы.

тельно долгое время сохраняет собственную возбудимость при прямых раздражениях.

Существуют некоторые раздражители, действующие на нерв и в то же время не влияющие заметным образом возбуждающе на мышцу, и наоборот. Пары аммиака парализуют нерв, а мышцу возбуждают.

Этим путем можно доказать, что мышца обладает собственной раздражимостью, но раздражительность у нее ниже, чем у нерва, так как при раздражении неотравленной мышцы с нерва она сокращается при более слабых токах, чем отравленная при прямом возбуждении.

Сделаем опыт, доказывающий меньшую раздражительность мышечной ткани сравнительно с нервной (рис. 4). Возьмем кураризованную мышцу, соединенную с рычагом мышечного телеграфа,¹ и воткнем в концы ее булавки, соединенные с проводниками индукционной катушки. На эту мышцу набросим нерв другого неотравленного препарата. Индукционный ток проходит по всей длине мышцы отравленного препарата и по части нерва препарата неотравленного.

¹ Очень громкое название, данное впервые Дюбуа Реймоном этому простому аппарату, при помощи которого наглядно можно демонстрировать сокращение мышц.

Необходимо вести этот опыт при одинаковых условиях густоты тока в мышце и нерве, так как в противном случае нельзя производить сравнения. Опыт состоит в следующем. Через нерв некураризованного препарата, брошенный на кураризованную мышцу, начинают передаваться раздражения при расстоянии катушек, например, в 15 см. Кураризованная же мышца начинает сокращаться лишь при 9—8 см. Этим доказывается большая раздражительность нервной ткани сравнительно с мышечной.

Вы видели, что рубчатые мышцы обладают способностью очень быстро приходить в сокращение и быстро же возвращаться в прежнее состояние под влиянием одиночных индукционных ударов. Эти же мышцы можно привести и в длительное состояние сокращения, но для этого надо действовать целым рядом повторных импульсов.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Чтобы хорошо изучить деятельность мышечного аппарата, в высшей степени быстро реагирующего, Гельмгольц ввел в употребление графический метод.

С этой целью он изобрел особый прибор. На цилиндр наклеивается закопченная бумага. Посредством часового механизма с особой регуляцией цилиндр приводится в равномерное вращательное движение. Мышца, помещенная в четырехугольную или круглую стеклянную камеру, записывает свои сокращения на поверхности вращающегося цилиндра при помощи рычага. Первоначальный прибор Гельмгольца был устроен несовершенно; слишком большая масса записывающего рычага при быстрых, рвущих сокращениях мышц по инерции взлетала слишком высоко вверх или опускалась слишком низко, и кривая поэтому получалась не совсем точной.

Впоследствии был устроен более легкий записывающий рычаг (из соломинки), чтобы устранить вредное действие большой массы. Этот способ был предложен Мареем, и он гораздо точнее. Со времен Гельмгольца стали записывать сокращение мышц при помощи этих приборов, которые названы миографами.

Хотя первый прибор был неточен, давал более или менее искаженную кривую, но заслуга Гельмгольца была в том, что уже явилась возможность записывать сокращение мышц как при одиночных возбуждениях, так и при тетанических.

АНАЛИЗ ОДИНОЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦЫ

Вот что он нашел при анализе кривых одиночного сокращения. Пусть перо записывающего рычага отмечает на цилиндре состояние мышцы. Положим, что в известный момент на мышцу падает раздражение. На цилиндре записывается начало раздражения с помощью особого отметчика, так называемого «сигнала Дебре» (Марсель Дебре), т. е. электромагнита, который в момент вхождения в него тока притягивает железный якорь с приделанным к нему пишущим пером; в момент прекращения тока якорь снова отскакивает, и перо снова занимает первоначальное положение.

Время отсчитывается с помощью кривой, записывающей колебания камертона определенной частоты. Если возьмем, например, сотенный камертон, то каждая волна на вращающемся цилиндре будет соответствовать 0,01 сек. По числу волн камертона, приходящихся на протяжении той или другой кривой, можно определить продолжительность явления, характеризующегося данной кривой.

Перо рычага, записывающего мышечную кривую, и перо сигнала Дебре устанавливаются на одной прямой линии. С помощью особого ключа — «двулучного рычага Гельмгольца» — одновременно размыкается ток в первичной катушке индукционного аппарата и замыкается в сигнале.

В момент размыкания тока в первичной катушке во вторичной появляется размыкательный индукционный удар, действующий на нерв; в тот же момент появившийся в сигнале ток отклоняет перо отметчика, что и записывается на цилиндре.

Если бы мышца начала сокращаться сразу же вместе с моментом раздражения, то отклонения пера сигнала и пера миографа, пишущего мышечную кривую, совпали бы. Оказывается, мышца не сразу приходит в сокращение, а проходит некоторое время как бы скрытого раздражения. Мышца начинает писать кривую позже отметки сигнала приблизительно на одну волну сотенного камертона, т. е. на 0,01 сек. Для более точного определения времени скрытого раздражения следовало бы вычесть из полученной величины время, падающее на прохождение возбуждения по нерву от раздражаемой точки его до самой мышцы. Но, как увидим впоследствии, это время столь ничтожно, что его можно не принимать в расчет. У Гельмгольца были еще эластические колебания пера, вследствие несовершенства прибора. Теперь эти колебания устранены.

По данным Гельмгольца раздражение остается в скрытом состоянии около 0,01 сек. (рис. 5). Мышца в это время не

изменяет своей формы, и это время носит название «стадии скрытого раздражения». Затем мышца начинает сокращаться, и постепенно сокращение увеличивается в течение 0,05 сек.; это время носит название «стадии нарастания мышечной энергии». Мышечное сокращение достигает максимума, после которого сокращение убывает и, наконец, исчезает. На нисходящую часть кривой идет тоже около 0,05 сек., и она называется «стадией убывания энергии».

Следовательно, время всего простого или одиночного сокращения составляет 0,1 сек. Таким образом Гельмгольц произвел анализ простого или одиночного сокращения мышцы (в 1852 г.). В эти данные Гельмгольца теперь введена поправка.

Если взять свежотпрепарированную мышцу и применить другие, более точные вспомогательные условия, то оказывается, что время скрытого раздражения меньше, а именно 1/200—1/250 сек. Во всяком случае мышца начинает сокращаться не сразу. Выяснение этих явлений важно в том отношении, что мы при посредстве мышц будем изучать: 1) деятельность двигательных нервов, 2) характер волевых и рефлекторных движений. Поэтому-то нам и надо знать, насколько мышца, т. е. показатель деятельности нервов, быстро и точно реагирует на раздражение.

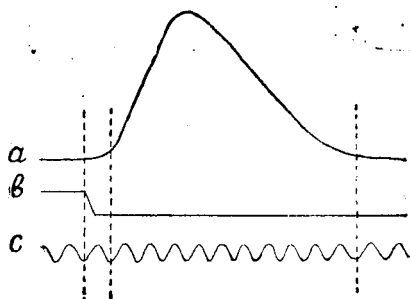


Рис. 5. Анализ одиночного мышечного сокращения.

a — мышечная кривая; *b* — отметка сигнала Депре; *c* — колебания камертона.

СУММИРОВАНИЕ КРИВЫХ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

Метод Гельмгольца, примененный им к анализу мышечного сокращения, внес существенное положение в физиологию; он дал возможность судить о деятельности нервной системы.

Если вслед за первым раздражением пошлем быстро второе, еще во время скрытого раздражения после первого импульса, то оказывается, что на второе раздражение мышца не отвечает; в первые моменты второе раздражение как бы отскакивает и совершенно теряется.

Повидимому, этот факт должен объясняться или тем, что в тканях после каждого раздражения развиваются условия, тормозящие возбудимость вообще, или тем, что в препарате обра-

зуются химические соединения, препятствующие химическому движению, которое характеризует состояние возбуждения. Возможно также, что в мышце за очень короткий промежуток времени не успевает возобновиться за счет тканевого сока тот горючий материал, который расходуется при сокращении или, наконец, электрическая волна, характеризующая всякое возбуждение, обладает двухсторонним действием, возбуждающим



Рис. 6. Условие возникновения сплошного тетануса.

и тормозящим (Герман и Введенский). Во всяком случае, мышца после каждого раздражения в течение известного времени совершенно нечувствительна к новому раздражению.

Время это носит название «рефракторной фазы».

Для скелетных мышц она почти совпадает со скрытым периодом раздражения, а для сердечной мышцы — длиннее (впоследствии увидим, какое значение данное явление имеет для деятельности сердца).

Если второе раздражение упадет позднее, после того как уже пройдет время скрытого раздражения, то мышца пишет и вторую кривую, как бы накладывая ее на первую, т. е. получается кривая, как бы от одного раздражения, но только выше ее (рис. 6).

Если последующее раздражение приложить еще позже, именно, когда первая кривая уже пишется, то

вторая кривая получит явное обозначение (рис. 7).

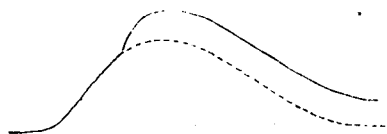


Рис. 7. Условие возникновения зубчатого тетануса.

Эти явления, по Гельмгольцу, носят название «накладывания сокращений», или *superpositio*. Мышца, находящаяся в сокращенном состоянии, получая новое раздражение, переходит к новому сокращению еще быстрее. Это можно демонстрировать и наглядно. Если будем посылать в мышцу индукционные удары и демонстрировать эффект с помощью мышечного телеграфа, или посредством записывания кривых, то оказывается, что умеренно частые индукционные удары¹ (16—20 в

¹ Если отдельные индукционные удары будут следовать один за другим через промежуток более 0,1 сек., т. е. через промежутки, более продолжительные, чем время отдельного мышечного сокращения, то каж-

1 секунду) приводят мышцу в состояние неполного сокращения. И мышца как бы в такт раздражению накладывает сокращение второе на первое, третье на второе и т. д., получаются как бы колебательные сокращения, и кривая, поднимаясь все выше и выше, чем была бы при одиночном сокращении, имеет зубчатый характер (рис. 8). Затем на известной высоте дальнейшее повышение прекращается, и на цилиндре пишется равномерная волнистая линия, зубцы которой соответствуют отдельным сокращениям, наступающим в тот момент, когда предшествующее сокращение еще не успело окончиться. Это тоже своего рода *superpositio*. Разумеется, отдельные волны зубчатой кривой будут тем мельче и чаще, чем быстрее будут следовать друг за другом раздражения.

Возьмем чаще раздражения, например, 40—60 в 1 сек. Мышца впадает в состояние непрерывного полного сокращения, держится некоторое время в таком состоянии и потом расслабляется. Такое состояние

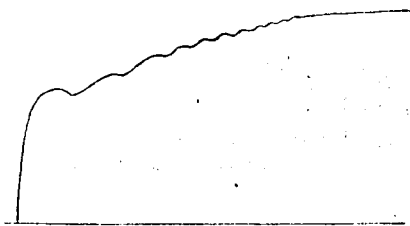


Рис. 8. Зубчатый тетанус.

мышцы, где она с виду кажется в постоянном, неколеблющемся сокращении, носит название мышечного *столбняка* или *тетануса*.

Итак, мышцу можно приводить или в одиночное сокращение или в более продолжительное с колебаниями или, наконец, в состояние непрерывного сплошного сокращения, длящегося долгое время. Когда кривая сокращения имеет зубчатый характер, то тетанус называется *неполным*, если же кривая непрерывная, то тетанус называется *сплошным* или *полным*.

Чтобы вызвать сплошной тетанус, для разных мышц требуется разное число колебаний, например, для мышц лягушки достаточно 50 раздражений в 1 сек., тогда как для мышц тепловых при 50 ударах в 1 сек., получается зубчатый тетанус. Но эта частота не имеет абсолютного значения, так как на тех же мышцах, но более утомленных, достаточно меньшего числа колебаний в 1 сек. для получения сплошного тетануса. Мышцы крыльев насекомых, очень быстро сокращающиеся,

дое новое сокращение будет наступать в тот момент, когда предыдущее сокращение успеет уже окончиться, и, таким образом, мышца будет писать на вращающемся цилиндре ряд отдельных мышечных сокращений.

впадают в тетанус лишь при 100 и больше колебаниях, другими словами, они могут произвести 100 и больше отдельных сокращений в 1 сек., не впадая в тетанус. Мало того, у одного и того же животного разные мышцы различно относятся к частоте раздражений.

У всякого животного имеются мышцы и более светлые (белесоватые) и более темные (красноватые). Например, у птиц в грудной области заложены белесоватые мышцы, а в ногах темные. Смысл этого определенный. Та или другая внешняя окраска мышц сопровождается и разными функциями. Белые мышцы сокращаются более быстро, а мышцы темнокрасные более медленно. Поэтому в тех органах, где нужны животному быстрые сокращения мышц, заложены белые мышцы, как, например, у птиц в грудной области мышцы, приводящие в движение крылья. Где животному нужны медленно сокращающиеся мышцы, в тех частях заложены красные. Но зато последние медленнее и утомляются.

Вообще говоря, белесоватые мышцы у одного и того же животного впадают в тетанус при большей частоте раздражений, чем темные.

ЧАСТОТА РАЗДРАЖЕНИЯ, ПРОИЗВОДЯЩАЯ САМЫЙ СИЛЬНЫЙ ТЕТАНУС

Ввиду того, что волевые и рефлекторные сокращения мышц представляют собой всегда тетанус, все условия получения искусственного тетануса заслуживают особого внимания.

Полный (или сплошной) тетанус получается благодаря индукционным ударам, следующим друг за другом с известной частотой. Поэтому возникает вопрос, сколько раздражений в 1 сек. надо послать в мышцу, чтобы она была в непрерывном, самом сильном тетанусе.

Будем исследовать мышцу в этом отношении, пользуясь индукционными токами и прикладывая их не прямо к мышце, а с нерва, и запишем результаты при помощи кривых.

Оказывается, почти нет предела частоты, до какой возможно довести повторные раздражения, не прекращая их возбуждающего действия на мышцу. Например, если послать в лягушечью мышцу 40, 50, 100, 200 и даже 500 колебаний, мышца сокращается. Разница в эффекте та, что при более частых раздражениях мышца скорее достигает известного максимума и быстрее расслабляется.

Чтобы привести лягушечью мышцу в самое сильное сокращение, надо приложить 100 колебаний в 1 сек. Это и будет так называемый «оптимум частоты раздражения», при кото-

ром мышца пишет самый высокий тетанус. При меньшем числе колебаний мышца меньше сокращается, но зато дольше остается в этом состоянии; если приложить более ста колебаний, то мышца быстрее сокращается, но не достигает максимального сокращения (при 100) и еще быстрее расслабляется.

Помещенная ниже схема относится к первым моментам раздражения (рис. 9).

Если мы будем раздражать утомленную мышцу, то картина получится другая, странная на первый взгляд: мышца лучше реагирует на более слабые раздражения. Если к мышце, приходящей в расслабление после достигнутого ею максимума сокращения при 100 колебаниях, приложить менее сильное раздражение, например, в 40 колебаний, то она вновь сократится, но не достигнет прежней высоты; если затем опять приложить более сильное раздражение в 100 колебаний, то мышца расслабляется еще быстрее. Но стоит только в этот момент приложить **менее сильное** раздражение, например, в 30 колебаний, сокращение мышцы снова повысится, хотя степень сокращения будет еще меньше, чем при предшествующем оптимуме.

Итак, для свежей мышцы оптимум сокращений получается при 100 колебаниях в 1 сек., для более утомленной мышцы — при 40 колебаниях, для еще более утомленной — при 30 колебаниях и т. д. Поэтому-то и зубчатый тетанус, соответствующий определенной частоте раздражений на свежем препарате, после утомления мышцы при той же частоте сливается в сплошной тетанус, т. е. по мере утомления мышцы для приведения ее в сплошной тетанус требуются все менее и менее частые повторные раздражения, или, как говорят, «по мере утомления препарата оптимум частоты раздражения передвигается к более и более редким раздражениям» (Введенский, 1886).

Если взять частоту раздражений, превышающую оптимум, например, в 250 колебаний, то мышца еще быстрее достигает максимального сокращения, но не доходит до максимума, имевшегося при 100 колебаниях, и начинает быстро расслабляться. Если еще большее число раздражений пустить в лягушечью мышцу, например, 500 колебаний, то длительность

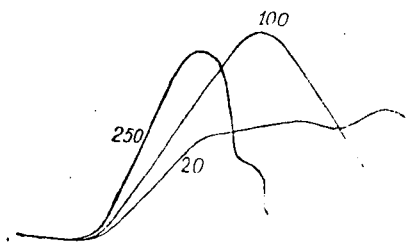


Рис. 9. Оптимум и пессимум частоты раздражения.

и высота сокращения будет еще менее, чем при 250 раздражениях.

Где искать объяснений такому, на первый взгляд, странному явлению?

Дело в том, что при очень высокой частоте раздражений нерва не все они доходят до мышцы. В передаточном аппарате от нерва к мышце происходят пертурбации, и он не может передать все приходящие к нему раздражения. Концевая пластинка нерва трансформирует слишком частый ритм в меньшее число раздражений.

ОПТИМУМ СИЛЫ ТЕТАНИЧЕСКОГО РАЗДРАЖЕНИЯ

Точно так же и к силе раздражений мышца относится равно, как при одиночных раздражениях, так и при тетанических. Понятно, что чем сильнее раздражение, тем сильнее сокращается мышца. Но, если усиливать раздражение за известные пределы, то с увеличением силы раздражения сокращение мышцы не возрастает, т. е. мышца доходит до максимального сокращения, и дальнейшее увеличение раздражения уже не производит увеличения высоты мышечной кривой.

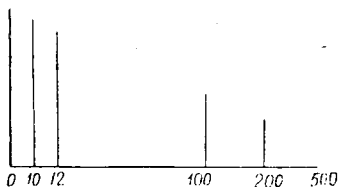


Рис. 10. Оптимум и пессимум силы одиночного раздражения.

Откладывая по горизонтальной оси координат силу раздражения, а по вертикальной — высоту сокращений, получим для одиночных возбуждений мышцы следующую схему (рис. 10). То же самое наблюдается и при тетаническом сокращении.

На санном аппарате Дюбуа Реймона отыскиваются сначала самые слабые раздражения, вызывающие сокращение мышцы. Это так называемый «порог раздражения». Пусть, например, порог раздражения для данной мышцы находится при 38 см. Тогда положение вторичной катушки на 30 см, вызовет полный тетанус в мышце (при этом частота раздражений остается неизменной). Через некоторое время, под влиянием непрерывного раздражения, мышца перестает сокращаться, но стоит только ослабить раздражение, передвинув вторичную катушку на большее расстояние от первичной, и мышца получает способность снова давать тетанус. С усилением раздражения мышца вновь расслабляется, и при известных максимальных раздражениях мышечный тетанус падает до полного расслабления — это будет, так называемый «пессимум силы».

раздражения». Если вновь уменьшить силу раздражения, то мышца опять начнет сокращаться и т. д. (рис. 11).

Оптимум силы раздражений для всех раздражений более частых, чем оптимум частоты, находится при токах очень умеренной силы и тем более слабых, чем дольше действует раздражение. Следует заметить, что когда мышца утомилась, под влиянием известной силы повторных раздражений, можно вместо ослабления силы раздражений уменьшить частоту их, чтобы мышца вновь пришла в сокращенное состояние.

Итак, когда мышца перестает отвечать на частые и сильные раздражения, она обладает своеобразной способностью

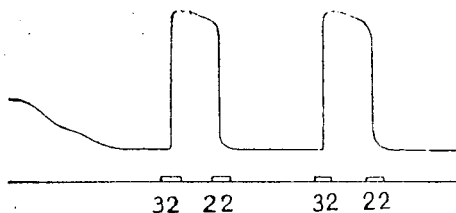


Рис. 11. Смена силы раздражения от оптимума (32 см) к пессимуму (22 см) во время длительной тетанизации частыми индукционными токами (по Введенскому).

реагировать на более слабые раздражения или более редкие. Это парадоксальное явление указывает на то, что по возбуждающему действию сила раздражений эквивалентна частоте их.

Явления эти связаны с деятельностью концевых нервных пластинок в мышцах. Сильные и частые возбуждения идут по нерву, но концевые пластинки воспроизвести их не могут, так как в них легко наступает утомление или временный паралич, и возбуждение вследствие этого не доходит до мышцы. Ослаблением силы или частоты раздражения достигается то, что слабые и редкие раздражения воспроизводятся легче концевыми пластинками, возбуждение передается мышце, и она сокращается.

КОЛЕБЛЮЩАЯСЯ ПРИРОДА ТЕТАНИЧЕСКИХ СОКРАЩЕНИЙ

Во время полного тетануса мышца с виду находится в состоянии сплошного непрерывного сокращения. На самом же деле это состояние имеет колеблющийся, прерывистый характер. Доказывается это с помощью некоторых приспособлений. Гельмгольц нашел, что если мышцу человека или животного раздражать (прямо или непрямо) индукционными ударами и

в то же время выслушивать ее,¹ то оказывается, что она издает музыкальный тон, соответствующий числу раздражений.

Гельмгольц назвал это явление *«мышечным тоном»* и указал на то, что, хотя для нашего глаза мышца находится в состоянии непрерывного сокращения, но на самом деле в ней происходят ритмические процессы-колебания, которыми и обусловливается мышечный тон.

Ритмические процессы в сокращающейся мышце (мышечные тоны) можно улавливать при помощи телефона. Телефон, будучи весьма чувствительным к колеблющимся токам, воспроизводит электрические колебания возбужденной мышцы, выражает их соответственными звуковыми колебаниями и дает определенный тон.

Опыт ведется очень просто: в мышцу или в группу мышц втыкается одна булавка, а другая в сухожилие и проводниками эти булавки соединяются с телефоном или с двумя последовательно соединенными телефонами. Чтобы устранить всякое подозрение в механическом происхождении звуков, улавливаемых в телефоне, опыт ведется в полной тишине, причем телефон помещается на большом расстоянии, за несколько комнат, от раздражаемой мышцы.

При помощи особого стетоскопа также можно выслушивать мышцу во время ее сокращения.

Если посылать в мышцу 100 раздражений, то она их воспроизводит до тех пор, пока сокращается. Показания стетоскопа и телефона вполне согласны между собой. В стетоскопе улавливаются механические раздражения, а в телефоне электрические. И те и другие вибрации соответствуют одному и тому же — они характеризуют внутренние ритмические процессы в мышце.

ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ МЫШЕЧНЫЕ ТОНЫ

Гельмгольц полагал, что мышца, приведенная в тетанус, издает тон, соответствующий числу полученных раздражений. Но оказывается, мышца может воспринять 100 раздражений за короткое время и сначала издает музыкальный тон, а затем только шумы. При более сильных и превосходящих оптимум частоты раздражениях мышца не воспроизводит тона, соответствующего данному числу раздражений, а трансформирует в более низкий тон, а при еще большей частоте раздражений получается в мышце не музыкальный тон, а шум, сменяющийся рокотом, напоминающим кваканье лягушек.

¹ При помощи какого-нибудь твердого тела, приложенного к ее поверхности.

Если совершенно свежую мышцу раздражать слабыми и частыми токами, то она отвечает на них, трансформируя в более низкий рокошущий тон. Например, лягушечья мышца дает при ста колебаниях не соответствующий тон, а более низкий или рокот. Мышца теплокровных обладает способностью воспроизводить 100—200 раздражений в 1 сек., при более редких или частых раздражениях она трансформирует тон в шум.

Гельмгольц предполагал, что мышца обладает бесконечной способностью воспроизводить ритм. Того же мнения держался впоследствии Бернштейн, по наблюдениям которого мышца воспринимает и воспроизводит ритмические колебания так же, как телефон, т. е. не только издает тот или другой тон, но даже воспроизводит гласные. Однако в опыте Бернштейна были сделаны упущения: очевидно, гласные воспроизводились не мышцей, а посторонними резонаторами.

Но и предположение Гельмгольца оказывается неверным. Способность мышцы воспроизводить ритмические колебания ограничена по отношению частоты и силы.

При слабых раздражениях мышца отвечает рокотом, состоящим из небольшого числа колебаний в 1 сек. При усиленном раздражении колебания мышцы начинают быстрее следовать друг за другом; наконец, при сильных раздражениях колебания переходят или в музыкальный тон, соответствующий числу раздражений (если раздражение соответствует оптимуму силы и частоты) или же в шум (если раздражение превысило оптимум).

Слишком частые или слишком сильные раздражения нерва, вообще находящиеся вне пределов оптимума частоты (и силы), мышца трансформирует, и именно в своих концевых пластинках. Если раздражения будут носить характер еще более частых колебаний, выше 500 в 1 сек., то трансформировать их будет уже сам нерв (подробнее, как и отчего это происходит, рассматривается ниже, в нервной физиологии).

Мышцу можно также заставить сокращаться, произнося с большей или меньшей силой гласные в телефон, соединенный с нервом. При этом мышца способна отвечать не на все гласные. Именно, на *а*, *о*, *у* отвечает хорошо, на *я*, *ы*, *е* — отвечает, но гораздо хуже, на *и* совсем не отвечает.

Следовательно, на те гласные, которым соответствуют очень высокие ритмы колебаний, мышца не отвечает; на гласные с более редким (низким) числом колебаний мышца реагирует хорошо.

Таким образом мышца по отношению к способности воспринимать и воспроизводить приходящие к ней с нерва возбуждения представляет очень своеобразный аппарат.

ВОЛЕВОЕ СОКРАЩЕНИЕ МЫШЦ

Все вышесказанное относится к искусственному возбуждению мышц.

В естественных условиях под влиянием сознательно волевых импульсов или рефлекторных бессознательных актов мышца производит то длительные, то короткие сокращения.

Долгое время подвергался сомнению вопрос, каков характер волевых сокращений. Действительно ли они представляют настоящий тетанус, состоящий из ряда колебаний, или это одинокое сокращение, длительное или короткое?

Впервые подошел к разрешению этого вопроса экспериментальным путем Гельмгольц. Найдя явление мышечного тона при искусственном тетанусе, он пытался исследовать мышцу и при волевом сокращении. Если мышцу при волевом сокращении выслушивать, то оказывается, что она производит шум, который сравнивают с шумом катящегося по дороге английского экипажа «кэб».

Гельмгольц пытался эти волевые сокращения анализировать с помощью резонаторов. По его исследованиям, шум, происходящий при волевом сокращении мышцы, не имеет характера правильного музыкального тона, но Гельмгольц все-таки пытался определить высоту его, так как и у того или другого шума есть известная высота; например, ветер, завывающий в трубе, издает не настоящий музыкальный тон однако он производит то более высокий, то более низкий шум. При волевом сокращении мышцы преобладает шум известного ритма.

И так как при этом надо предполагать в мышце низкие тоны, то Гельмгольц брал большие резонаторы. Ему не удалось с помощью обычных резонаторов (особых бутылей, шаров, труб и проч.) выяснить этот вопрос. Тогда Гельмгольц прибег к другому методу, так называемому *методу соколебаний*. Именно он заметил, что если около камертона поставить металлические пластинки, то те из них, которым соответствует колебание данного камертона, начинают отвечать звуком той же высоты. На этом основании Гельмгольц брал пробковую пластинку, втыкал в нее металлические пластинки различной длины, и поэтому имеющие разные периоды собственных колебаний, и привязывал ее, например, к руке. При каждом волевом сокращении мышцы он видел, что известные пластинки приходили в колебание и таким образом определяли тот шум, который происходил при этом в мышце.

По Гельмгольцу, пластинки, эти своеобразные резонаторы, приходящие в так называемое соколебание с сокращающейся мышцей, производили 18 колебаний в 1 сек. Гельмгольц из

этого заключил, что истинный ритм волевого сокращения мышц соответствует именно этому числу 18. Но мы этого числа колебаний ухом не улавливаем в виде музыкального тона, а в виде отдельных толчков, которые наше ухо плохо воспринимает. Вообще говоря, наше ухо начинает слышать музыкальный тон, соответствующий 36 колебаниям в 1 сек. Мышца делает при волевом сокращении около 18 вибраций в 1 сек., мы же слышим верхний тон, т. е. на октаву выше. Он-то и представляет естественно слышимый мышечный тон. Вместе с тем Гельмгольц установил, что нормальное сокращение не имеет характера правильной периодичности и той силы колебаний, какие свойственны камертону или мышце, тетанизируемой строго периодичными колебаниями тока.

Таковы были заключения Гельмгольца.

Вопрос о ритме нормального сокращения занимал физиологов, главным образом, потому, что в нем видели показатель ритма нервных центров, находящихся в естественных условиях возбуждения. После Гельмгольца пытались изучить ритмику или периодичность волевого сокращения мышц посредством электрических колебаний, совершающихся в мышце во время ее деятельности. Определялось это с помощью приборов, способных уловить частые электрические колебания. Прежний прибор — гальванометр для этой цели не годился в силу своей косности. После Гельмгольца был устроен капилляр-электрометр, прибор более подвижный. С помощью его ритм мышц определялся еще меньшей цифрой, именно в 8—9 колебаний в 1 сек. Если бы, однако, наши нервные центры посылали 8—9 импульсов в 1 сек., то мышца не впадала бы в тетанус.

Волевое сокращение мышцы можно изучать с помощью телефона не только на животных, но и на человеке, без поранения мышц. Телефон очень подвижный прибор, он может воспроизвести тысячи колебаний в 1 сек. Мало того, когда говорят в телефон, то действуют электрические колебания, составляющие очень сложный ритм: получается несколько тонов, обертоны при гласных, побочные тоны, от которых зависит тембр голоса, — и все это с большой точностью воспроизводит телефон. Впервые опыты для изучения волевого сокращения мышц при помощи телефона были произведены профессором Н. Е. Введенским. При этом руки испытуемого человека погружались в отдельные сосуды с насыщенным раствором сернокислого цинка. Сюда же опущены были амальгамированные цинки, соединенные с телефоном. При каждом произвольном сокращении мышц в телефоне был слышен шум, сходный с тем, который слышится в стетоскопе.

При помощи стетоскопа можно выслушивать на себе сокращающуюся мышцу при обычных дневных условиях. Например, при сжимании челюстей (*m. temporalis* — жевательная мышца), при закрывании глаз (*m. orbicularis* — мышца век) или при сокращении рук получается шум, который слышал Гельмгольц.

Еще лучше производить это наблюдение ночью, в полной тишине; тогда и без стетоскопа слышен шум сокращающейся (например, жевательной) мышцы.

Во всяком случае, из опытов Гельмгольца и из опытов Введенского с телефоном можно заключить, что, действительно, волевое сокращение не имеет одной периодичности, а обладает неправильным ритмом, т. е. слагается из ритмов разной периодичности.

По Гельмгольцу, в данном случае имеется один *преобладающий* ритм, который и улавливается нашим ухом или резонатором; именно, преобладает ритм в 36 колебаний. Как будто при волевом сокращении мышечные волокна сокращаются каждое в отдельности, не совместно.

Брюкке дал следующее характерное сравнение: «при искусственном мышечном сокращении импульсы приходят в волокна в один момент, подобно залпу целого батальона; а при волевом сокращении мышечные волокна получают импульсы не одновременно, а одни раньше, другие позже, как будто наши нервные центры палят вразброд». В исследование этого вопроса здесь мы не будем входить.

Новый успех в изучении ритмических процессов в мышце был сделан в позднейшее время, когда был построен прибор, быстро передающий электрические колебания. Это так называемый струнный гальванометр, прибор в высшей степени чувствительный и в то же время чрезвычайно подвижный. Он позволяет записать до 500 электрических колебаний в 1 сек. Конечно, глазом невозможно уследить за подобной ритмикой, но эту ритмику можно фотографировать и потом анализировать фотограмму.

Ритмика мышц с помощью струнного гальванометра оказалась записанной своеобразно (рис. 12). Кривая имеет большие и малые размахи. Ритмика оказалась как бы двойной: есть большие и малые периоды. В малых периодах около 50 колебаний в 1 сек., а в больших периодах мышца делает колебаний раза в четыре меньше, около 16. Следовательно, и этот в высшей степени чувствительный и подвижный прибор подтверждает тот факт сложной периодичности сокращающейся (волевым образом) мышцы, который был установлен в опыте с телефоном.

Итак, что касается более или менее длительных волевых сокращений мышц, то на основании предыдущего следует заключить, что в этом случае имеем дело с настоящим тетанусом, т. е., что нервные центры в естественных условиях посылают в мышцу целые ряды последовательных импульсов. Однако ритм мышцы, находящейся в естественных условиях произвольного сокращения, может и не выражать действительного ритма импульсов, приходящих из нервных центров, так как в периферическом аппарате в концевых пластинках происходит трансформирование ритма возбуждения.

Марей и Введенский производили опыт с телефоном для изучения разряда электрических рыб (электрического ската).

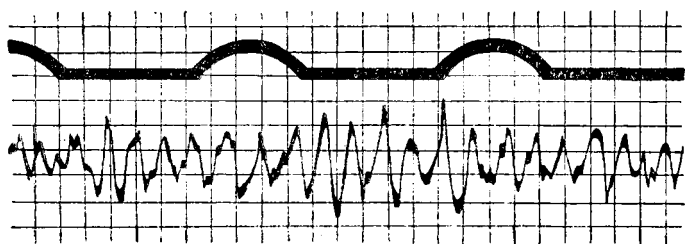


Рис. 12. Токи действия произвольно сокращающегося сгибателя предплечья (ритм 50 в 1 сек.).

Разряд этот в электрическом органе состоит из ряда колебаний; он дает в телефоне более высокий шум или тон (приблизительно «ми»), не совсем чистый, отвечающий 80 или более колебаниям в 1 сек. При более слабых разрядах слышится рокот. Это указывает на то, что более подвижный периферический аппарат обнаруживает более высокий ритм нервных центров.

Произвольные сокращения мышц могут иметь не только длительный характер, но и короткий, очень быстро протекающий. Будут ли короткие волевые сокращения соответствовать одиночному сокращению или короткому тетанусу? На этот вопрос нелегко ответить. О быстроте коротких сокращений можно судить на основании, например, таких данных: быстро пишущий человек делает пальцами массу колебаний в 1 сек.; пианист может совершать в 1 сек. до 20 и более движений. Если судить по времени, то каждое из этих отдельных движений должно считаться за одиночное сокращение, так как на него идет около $1/20$ сек., т. е. менее, чем время, нужное для одиночного сокращения мышцы, для которого, как было ука-

зано, требуется $1/10$ сек. И так как эти движения следуют непосредственно одно за другим, то, следовательно, в итоге должен был бы получиться тетанус, т. е. пальцы должны были бы оставаться в тетаническом сокращении.

Строгий анализ обнаружил, что и самое короткое волевое сокращение есть короткий тетанус. Быстрые же сокращения получаются благодаря своеобразной деятельности нервных центров, протекающей бессознательно, в силу навыка. Пианист и быстро пишущий прибегают бессознательно к такого рода хитрости: как только известная мышца придет в произвольное сокращение, тотчас же пускается в действие мышца-антагонист, которая обрывает сокращение первой мышцы.

Можно убедиться на самом себе: стоит только быстро сократить указательный палец, он сейчас же сам отскакивает; если медленно сократить, то явления этого не происходит. При быстром сгибании пальца, как только начинает работать мышца-сгибатель, тотчас же вступает в действие и мышца-разгибатель и обрывает первое сокращение. Благодаря антагонистическим сокращениям и получается возможность производить быстрые движения.

Следовательно, даже самое короткое мышечное сокращение является коротким тетанусом, который обрывается тетанусом антагонистической мышцы.

Это — общая характеристика того, как возбуждается мышца под влиянием искусственного раздражения и под влиянием нервных центров в естественных условиях.

АБСОЛЮТНАЯ СИЛА МЫШЦЫ

Мышца представляет собою в организме рабочий орган. При своем сокращении он двигает рычагами, поднимает те или другие тяжести, в общем, совершает работу.

Различные мышцы обладают неодинаковой силой. Для сравнения силы мышц можно употреблять всевозможные способы. В деревнях, например, пробуют силу следующим образом: два парня садятся друг против друга, упираются ногами и тянут за палку. Перетянувший считается сильнее. Это выражение относительной силы мышц, а абсолютная сила мышц при этом способе измерения остается неизвестной. Между тем интересно решить вопрос, до каких пределов мышца может поднимать тяжесть.

Работа в механике измеряется произведением поднятой тяжести на высоту поднятия

Р. Н.

где P — тяжесть, H — высота, на которую поднята тяжесть P . Тот же самый принцип применяется и для определения абсолютной силы мышц.

Если найти для данной мышцы такую минимальную тяжесть, которая была бы достаточна для того, чтобы удержать мышцу от сокращения, то можно будет выразить силу мышцы в определенных единицах.

Впервые разрешил эту задачу Вебер по так называемому способу переотягощения.¹

Если, отыскивая минимальную тяжесть, отягчать сокращающуюся мышцу за все время опыта, то она растягивается, будучи телом эластическим. Растяжение будет тем больше, чем больше будет нагрузка. Чтобы устранить вредное влияние такого переменного растяжения мышцы во время опыта. Вебер придумал следующий способ: тяжесть ставится на чашку, подвешенную снизу к рычагу миографа, на который действует мышца (рис. 13); чтобы эта тяжесть не влияла на мышцу, пока она находится в покое, рычаг подпирается снизу при помощи винта, проходящего через винтовой нарез в стойке. Если на чашку поместить известную тяжесть, то последняя не будет растягивать покоящуюся мышцу; но как только мышца начнет сокращаться, она поднимет тяжесть, пока сократительная сила мышцы больше данной силы тяжести.

Для определения абсолютной силы, например, икроножной мышцы лягушки по методу переотягощения отыскивается, прежде всего, порог раздражения, затем ставится на чашку та или другая тяжесть, а мышца раздражается максимальными ударами.

При одиночных ударах сила мышцы меньше, при тетанизирующем токе — больше.

Оказывается, что при сильных раздражениях лягушечья икроножная мышца, масса которой очень небольшая, всего 1—1,5 г, поднимает 100, 500 и даже 1000 г.

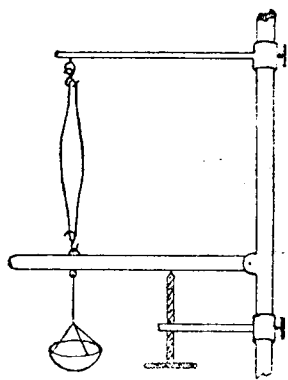


Рис. 13. Определение абсолютной силы мышцы.

¹ Дословный перевод немецкого термина *Überlastung*. Но это название неудачно, как будто мышца чрезмерно отягчена, что может вести к ложному представлению. Скорее следовало бы назвать «надотягощение» или «последующее отягощение».

Опыт следует производить над мышцей в естественных условиях кровообращения, с соблюдением всех предосторожностей, чтобы мышца не была утомлена, повреждена как-нибудь и проч.

Если вырезанная мышца, на состоянии которой уже сама операция вредно отразилась, лишенная кровообращения и подвергавшаяся многим раздражениям сряду, может поднимать более 500 г, то это показывает, что абсолютная сила мышцы велика. Чтобы определение имело ценность, надо найденную абсолютную силу мышцы отнести к поперечному сечению ее. Сила мышцы зависит от количества мышечных волокон в ней. Мышца, состоящая из 100 волокон, сильнее мышцы с меньшим числом волокон, например, 30 или 5. Исходя из этого, вычисляют, какова была бы сила мышцы, если бы поперечное сечение ее было равно 1 см^2 . При таком перечислении получается возможность сравнивать тонкую мышцу лягушки с мышцей теплокровных животных, например, быка. Если представить себе мышцу лягушки с поперечным сечением в 1 см^2 , то такая мышца, как показывает вычисление, имела бы абсолютную силу в 3 кг.

В естественных условиях кровообращения мышца теплокровного животного имеет еще большую силу: у человека и теплокровных абсолютная сила мышц оказывается до 10 кг на 1 см^2 или около 25 фунтов. У моллюска *Anodonta* абсолютная сила мышцы, запирающей раковину, достигает 15 кг на 1 см^2 .

Как определить абсолютную силу мышц у человека? Ведь у него не вырежешь для опыта мышцу и не подвесишь непосредственно к мышце тяжесть. Вебер принял в соображение следующее: когда человек поднимается на пальцах («на цыпочки»), обе икроножные мышцы сокращаются и поднимают тяжесть всего тела. Следовательно, абсолютная сила икроножных мышц превосходит тяжесть тела. Мышца действует на один рычаг, поднимая его вверх, а тяжесть тела действует на другой рычаг в противоположную сторону. При вычислении силы здесь надо иметь в виду отношение рычагов. Полученная таким образом цифра еще не служит выражением абсолютной силы икроножных мышц человека, так как он может подниматься на пальцах, взяв при этом тяжесть. Например, человек, неся куль пудов в 9, поднимает сверх тяжести своего тела еще эти девять пудов, притом он может еще подниматься на лестницу. Исходя из этого, Вебер одевал человеку пояс и, подвешивая гири, определял, при каких минимальных нагрузках человек не мог более подниматься на пальцах. Беда в том, что трудно вычислить рычаги, найти центральную точку его, да,

кроме того, икроножная мышца сложно построена. Первые определения Вебера интересны по замыслу, а не по цифровым результатам. Теперь построен особый прибор, динамометр, которым пользуются врачи. Существенную часть этого прибора составляет пружина, на которую испытуемый субъект давит. Мышца при этом почти не сокращается, а давление передается пружине, и она указывает цифру.

Оценку работы мышцы надо производить в возможно точных условиях. Между прочим, Фик построил целый прибор для определения абсолютной силы отводящей мышцы указательного пальца. Найденная с помощью этого прибора сила перечисляется на 1 см² поперечного сечения (последнее определяется в виде средней

цифры из измерений на трупах). Пальцы помещаются в металлическое кольцо, связанное с виткой и осью. А чтобы другие мышцы не действовали при этом, кисть руки помещается в держалку. Когда мышца указательного пальца будет сокращаться, то она не поднимет ни кольца, ни вилки, ничего не переместит, а

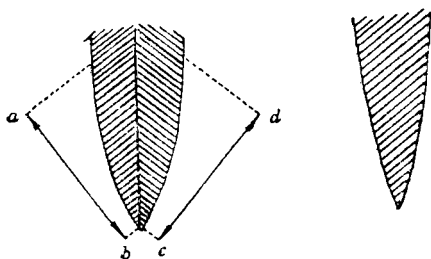


Рис. 14. Перистое расположение мышечных волокон.

надавит только на пружину, производя слабое кручение оси, что демонстрируется записывающим пером. Степень скручивания пружины, действующей на ось вращения, предварительно градуируют, т. е. определяют, на сколько поворачивается ось при нагрузках в 5, 10, 20 г и т. д.

С помощью этого прибора Фик и нашел, что сила отводящей мышцы указательного пальца такова, что при перечислении на 1 кв. см поперечного сечения, она могла бы поднять 10 килограммов.

Заметим, что в строении мышц нашего организма замечается некоторая особенность. В них не всегда мышечные волокна идут параллельно. Между тем, видимое сечение мышцы соответствует истинному сечению только при параллельности волокон. В икроножных мышцах человека как раз волокна расположены двоякоперисто (рис. 14), т. е. по середине проходит сухожилие, а мышечные волокна той и другой половины сходятся под некоторым углом. Чтобы определить истинное сечение такой мышцы, надо сложить два сечения (ab и cd). Некоторые волокна этой мышцы идут по длине ее, т. е.

параллельно. Существуют мышцы и полуперистого строения, т. е. с волокнами, идущими во всей мышце в одном косом направлении.

В такого рода строении мышц сказывается целесообразность. Где нужно развить большую силу, т. е. поднять большую тяжесть, хотя бы и на небольшую высоту, иными словами, где нужен небольшой размах, но громадная сила, там заложены мышцы, построенные по типу двоякоперистому или полуперистому. В других мышцах, где нужен большой размах, но малая сила, там волокна расположены параллельно. В этом отношении идеально построена портяжная мышца лягушки: волокна в ней идут совершенно параллельно и по всей длине мышцы не перехватываются сухожилием. Видимая длина и сечение этой мышцы соответствуют истинным величинам. С такими мышцами лучше производить опыты и легче делать вычисления как истинного сечения, так и абсолютной силы.

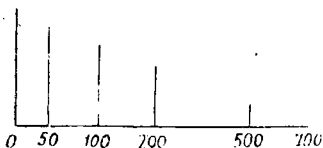


Рис. 15. Зависимость высоты мышечного сокращения от нагрузки.

Так как мышцы в организме предназначены для движения рычагов, т. е. для выполнения той или другой механической работы, то интересно решить вопрос с пра-

ктической точки зрения, — при каких условиях мышца способна совершать наибольшую работу. Для этой цели записывают высоту мышечного сокращения при разных отягощениях. Как правило, мышца при прочих равных условиях тем выше сокращается, чем меньше тяжесть, т. е., иными словами, мышца совершает работу, равную нулю, поднимая только свою собственную тяжесть, или, как говорят, мышца совершает внутреннюю работу. Например, известная мышца при отягощении 50 г дает известную высоту сокращения (рис. 15). При 100 г она меньше сокращается, при 200, 250 г еще меньше и, например, мышца лягушки при 500 г дает чуть заметное сокращение. Здесь мы имеем в виду истинную высоту сокращения, так как записывающий рычаг может увеличивать высоту сокращений раз в 5—10, как угодно, в зависимости от расстояния конца рычага до точки приложения силы.

При дальнейшей нагрузке, например, в 700 г та же мышца ничего не дает, т. е. именно высота сокращения равняется нулю, и внешняя работа, стало быть, равна нулю.

Итак, наибольшую работу, наиболее продуктивную и длительную, мышца может совершать при некоторых средних отягощениях.

Это в сущности человек знает из практики. Если он сразу начнет двигать громадные тяжести, то он, по образному выражению, скоро «сядет», т. е. устанет, если же он будет работать с некоторым средним напряжением, то сможет совершить наибольшую работу. Вообще действует правило: чем меньше тяжесть, тем на большую высоту ее можно поднять; но мышца еще обладает оригинальной особенностью, именно — для мышцы в известной степени сама тяжесть служит раздражителем, т. е. она не уменьшает, а в известных пределах даже увеличивает силу сокращения мышцы. Впоследствии подобное явление встретится нам при изучении физиологии сердца.

ЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЫШЦ

Растяжение мышц соответствует их эластичности. Поэтому следует изучить эластические свойства мышц. Эластичность в физике покрывается понятием упругости. Тело, легко растягивающееся, в физике считается мало эластичным. Маленькая лягушечья мышца (*m. sartorius*, портняжная) с тяжестью, например, 5 г растягивается до определенной высоты; с тяжестью 10 г она растягивается до высоты не в два раза большей, а несколько менее; с 20 г прирост растяжения еще меньше; если соединить вершины полученных высот, то получается кривая, называемая гиперболой. Мышца, в противоположность физическому телу, растягивается не пропорционально действующей силе, но сначала растяжение идет быстро, а затем все медленнее и медленнее. Мышца обладает малой эластичностью или, другими словами, малой упругостью. В физике различают не только большую или меньшую эластичность, но еще более или менее совершенную эластичность. Совершенной эластичностью называется такое свойство тела, при котором оно возвращается в точности к прежнему своему состоянию по прекращении влияния растягивающей или сжимающей силы.

Мышца обладает хотя малой эластичностью, но притом совершенной. Если и не сразу по прекращении растяжения мышца возвращается в первоначальное состояние, а постепенно, то все же это возвращение происходит вполне. Если бы этого не было, то организм страдал бы, так как мышца, сильно сократившись, оставалась бы в таком положении. Для организма очень важна совершенная эластичность мышц, возвращающихся в прежнее состояние постепенно. Это играет громадную роль в механической работе нашего организма. Если бы мышцы не обладали эластичностью, тогда при сокращении их, преемственно, волокно за волокном, сократившаяся часть разрывала бы несократившиеся волокна. На самом же деле наши

мышцы производят на вид рвущие резкие движения, однако никакого разрыва не происходит — это обусловлено эластичностью мышц. Мало того, эластичность мышц смягчает удары и толчки; мышцы в нашем организме играют роль как бы рес-сор, смягчающих толчки и удары, растягивая их во времени. С этой же целью в упряжи делают мягкие части, чтобы эластичной силой их смягчать удары для самой лошади и для сидящих в экипаже.

ТЯЖЕСТЬ, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА МЫШЦУ В КАЧЕСТВЕ РАЗДРАЖИТЕЛЯ

Выше было уже упомянуто, что тяжесть в известных пределах сама по себе может служить раздражителем, т. е. увеличивать силу сокращения мышцы.

Постепенно отягощая лягушечью мышцу большими тяже-стями и раздражая ее через известные промежутки отдыха максимальными индукционными то-ками небольшой частоты (25—30 ко-леб. в 1 сек.), можно получить сле-дующую картину (рис. 16).

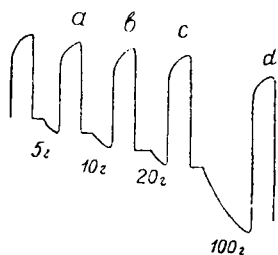


Рис. 16. Растяжение мышцы различными грузами и соответствующие тетанические сокращения.

Мышца, находящаяся в покое, при отягощении 5 г растягивается до известной длины. Если теперь к ней приложить указанное раздражение, то она сократится и дает кривую (а). При отягощении той же мышцы 10, 20, 100 и более граммами она соответственно растягивается до больших размеров, и при тех же самых раздражениях высота сокращения каждый раз (соответственно нагруз-

ке) увеличивается, хотя и не доходит до первоначального уровня. На предлагаемой схеме углубления кривой показывают степень растяжения мышцы от нагрузок в 5, 10, 20, 100 г; а, б, с, d — соответственные кривые тетанических сокращений. Отсюда видно, что сократительная способность мышцы не только не ослабляется с увеличением нагрузки, но, напротив, увеличивается; другими словами, здесь наблюдается поразительное явление, что мышца, более отягощенная, поднимает вместе с тем тяжесть на большую высоту.

Однако это происходит только в известных пределах. Если взять очень большую тяжесть, то сокращение мышцы понизится. Это явление надо объяснить следующим образом: с нерва (или в естественных условиях с нервных центров) идут в

мышцу импульсы, и если при этом мышца растягивается тяжестью, то последняя действует, как добавочный раздражитель. Пока отягощение мышцы не перешло известной границы, оно является для данных условий раздражения добавочным раздражителем, приближающим к моменту оптимума раздражения. С дальнейшим увеличением отягощения данный добавочный раздражитель приближает раздражение уже к пессимуму. При очень больших отягощениях мышца плохо сокращается и работоспособность ее все больше и больше понижается. Оптимум сокращения и работы мышца совершает при некоторых средних отягощениях.

Эта своеобразная способность наших мышц развивать в себе энергию, сообразуясь с силой, действующей на них, особенно резко выражена в сердечной мышце. При известных условиях, если сердцу приходится проталкивать кровь в сосуды при большом давлении, то сердце рефлекторным путем развивает большую сократительную силу (см. учение о иннервации сердца).

О МЫШЕЧНОМ УТОМЛЕНИИ

В связи с мышечной работой возникает вопрос об утомлении мышц с течением времени.

Это утомление выражается, с одной стороны, субъективно, с другой — объективно. Субъективно на человеке утомление выражается в следующем: он чувствует, что чем большую работу ему приходится совершать, тем больше усилия воли он должен употребить, чтобы удержать мышцу в сокращенном состоянии. Например, если на вытянутой руке держать тяжесть, то с течением времени рука начинает сильно дрожать, хотя мы и стремимся усилием воли удержать ее в устойчивом состоянии. Иногда дрожание мышц вызывает болевое ощущение (при мышечных судорогах). Рядом с напряжением воли чувствуется, как будто процесс ненормально повышенной волевой иннервации распространяется на другие центры и вызывает побочные явления: лицо краснеет (значит, расширяются сосуды), появляется испарина и т. д.

Объективно утомление выражается в том, что высота кризой мышечного сокращения становится все ниже и ниже.

Можно показать утомление на вырезанной мышце лягушки в искусственных условиях, прикладывая раздражения индукционными ударами к двигательному нерву. То же можно, показать на мышце лягушки или теплокровного и в естественных условиях. В первый момент при максимальных индукционных ударах мышца сокращается до известной высоты; в

следующие моменты наблюдается повышение кривых сокращения, они поднимаются так называемой «лестницей» (рис. 17). Это происходит, по всей вероятности, от того, что мышца как бы раскачивается, точно накапливает постепенно запас взрывчатого вещества для более сильных последующих сокращений. Сокращения долго держатся на этой высоте, если посылать в мышцу одиночные индукционные удары через 1 сек. Затем постепенно высота сокращений падает. Это и характеризует утомление мышцы.

При тетаническом сокращении явление еще сложнее. При редких тетанических индукционных ударах кривая сокращения спускается медленно, при частых ударах падает сразу. Здесь сказывается неспособность концевых пластинок воспроизводить

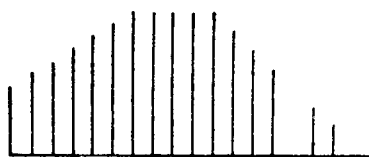


Рис. 17. Явление «лестницы» мышечных сокращений.

сколько-нибудь продолжительное время частый ритм импульсов. Во всяком случае, при тетаническом сокращении, долго длящемся, явления сложнее, чем при одиночном ударе, и они протекают не с такой простотой, как кажется с первого взгляда. Иногда кажется, что

мышца как будто утомлена, но затем она опять лучше сокращается и т. д. Как будто процесс утомления имеет колебательный характер.

Не разбирая пока химии мышц, ограничимся указанием на существующие взгляды по отношению к утомлению. В мышце при утомлении или 1) расходуются постепенно необходимые вещества (вещества, служащие для образования живой силы), или 2) в мышце накапливаются вредные продукты отбросов, парализующие деятельность мышцы.

Можно смотреть на мышечное утомление так или иначе, но факт тот, что мышца с течением времени утомляется.

С практической точки зрения важно проследить законы мышечного утомления на животных и человеке. Для опытов на человеке по вопросу об утомлении существуют разные приборы.

Туринский физиолог Моссо (ум. 1910 г.) построил так называемый «эргограф» (от греческого *ἔργον* — работа и *γράφω* — пишу) — прибор, назначение которого записывать сокращения мышцы — сгибателя среднего пальца руки человека. На этом приборе можно видеть, как развивается утомление в зависимости от того или другого отягощения (рис. 18). К пружине, на которую действует мышца среднего пальца ру-

ки, подвешивается чашка для различной нагрузки в 2, 5, 10 и т. д. килограммов. Для того чтобы другие мышцы не участвовали в сокращении, не помогали бы работающей мышце, их изолируют, помещая все пальцы, кроме работающего, в неподвижные металлические наперстки. Чтобы человек не помогал бессознательно мышцами предплечья, оно также помещается в особые зажимы. Теперь на работающий палец надевается кожаное кольцо со шнуром, перекинутым через блок к чашке с гирями. Испытуемый сгибает средний палец при каждом ударе метронома. Величина размахов работаю-

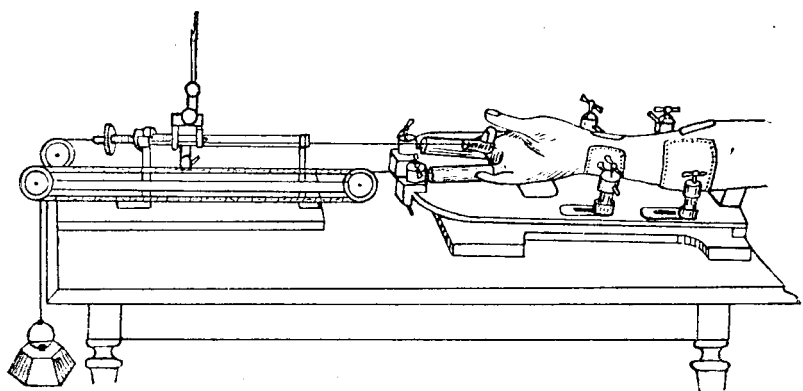


Рис. 18. Эргограф Моссо.

щего пальца записывается на вращающемся цилиндре. Через некоторое время непрерывной работы в действующих мышцах развивается утомление — кривые пишутся все меньшей и меньшей высоты и, наконец, могут дойти совсем до нуля. Оказывается, утомление зависит в большой степени от тяжести и в известной мере от интервалов между сокращениями. Утомление наступает тем скорее, чем больше была тяжесть; с другой стороны, если интервалы были равны 1 сек., то утомление наступает скорее, чем при сокращении через 2,5 и т. д. секунд.

Ради производительности работы важно давать отдых работающей мышце. Это правило следует соблюдать не только при мышечной механической работе, но и при умственной, как это выяснится в нервной физиологии. При этом важно уловить момент, в каких стадиях утомления следует дать отдых мышце. Иногда при большом утомлении отдых в полчаса не дает того результата, какие может дать пятиминутный отдых, если его сделать в начальных стадиях утомления.

Кроме того, сосредоточенное внимание способствует утомлению. Музыка повышает работоспособность.

ТЕПЛОТА, РАЗВИВАЮЩАЯСЯ ПРИ РАБОТЕ МЫШЦ

Мышца является не только машиной, совершающей механическую работу, но служит и для развития теплоты в организме. Образование теплоты особенно усиливается во время сокращения мышц. Что действительно в мышце при ее деятельности развивается теплота, доказать очень легко. Если тетанизировать с двигательного нерва мышцы кролика, поместив при этом между мышцами чувствительный термометр, то после работы температура оказывается повышенной на $0,1^{\circ}$ — $0,2^{\circ}$. Теперь для исследования температуры применяется более чувствительный способ, так называемый «термоэлектрический». Что такое термоэлектрическая пара, известно из физики. Если такую пару поместить одним концом в воду, имеющую температуру 20° , а другим концом в воду с $T = 20,5^{\circ}$ и соединить концы с гальванометром, то получается отклонение стрелки в силу термоэлектрического тока.

Гейденгайн построил термоэлектрическую батарейку, термоэлектрические столбики, настолько чувствительные, что они отмечали на гальванометре $0,001^{\circ}$. Он доказал этим способом, что в мышце развивается теплота уже при одиночном сокращении, например, в икроножной мышце лягушки развивается уже при этом $0,001^{\circ}$ — $0,005^{\circ}\text{C}$. Более длительное тетаническое сокращение развивает еще большую теплоту. Последующие физиологи довели чувствительность термоэлектрических пар до необычайных размеров. Например, англичанин Роллестон открывал $0,0002^{\circ}$. Хилл, английский физиолог, построил термоэлектрическую пару, дающую возможность открывать $0,000001^{\circ}$. Пожалуй, для мышц не нужна такая чувствительность, а для исследований тепловых явлений в нерве этот метод оказал громадную услугу. Термоэлектрический способ применялся не только для исследования тепловых явлений в мышце, но и в других органах, например, в печени.

Несомненно, что деятельность мышц выражается не только выполнением механической работы, но и развитием теплоты. Мало того, когда мышца видимым образом не сокращается, теплота все же в ней развивается. И как выяснится в учении о животной теплоте, мышцы играют в этом отношении немалую роль, несмотря на то, сокращаются ли они или нет.

В каком же отношении стоят между собой эти две величины, характеризующие деятельность мышцы, т. е. механическая работа и теплота?

В искусственных двигателях на счет сжигаемого топлива получают энергию в двух видах: в виде механической работы и в виде тепла. Чем хуже построена машина, тем больше раз-

бывается в ней, в качестве бесполезного фактора, теплоты и меньше механической работоспособности, и, наоборот, в более совершенной машине повышается количество механической работы за счет теплоты. В самом совершенном двигателе, построенном человеком, $1/10$ сгорающего топлива утилизируется в виде полезной работы, а $9/10$ остаются в виде бесполезного придатка — теплоты.

В организме тоже сгорают известные вещества и за счет их развивается энергия. Какая же часть ее идет на механическую работу и какая на развитие теплоты? Этим вопросом занимался Гейденгайн и после него Фик (в Вюрцбурге). По исследованиям Фика, мышца представляет собою очень совершенную машину; по крайней мере, $1/4$ часть всей энергии идет на механическую работу, а $3/4$ — на теплоту. Для теплокровных и эти $3/4$ нельзя считать бесполезными, так как в организме необходимо поддерживать температуру на известной высоте. Говоря иначе, с точки зрения механической работы в организме теряется $3/4$ энергии, не переходящей в работу, но с другой стороны, с точки зрения животной теплоты, можно сказать, $1/4$ энергии, освобождающейся в результате окислительных процессов, теряется в форме работы.

Во всяком случае, мышца более совершенно построена, чем искусственный двигатель, действующий на счет сгорающего топлива. В. Данилевский (в Харькове) произвел опыт на лягушке, показавший, что в этом отношении ее организация еще выгоднее, именно, половина всей свободной энергии, развивающейся в организме лягушки, идет на механическую работу, а половина на теплоту. Такое преимущество лягушки перед теплокровными имеет известный биологический смысл: ей нет надобности поддерживать постоянную температуру, так как температура ее тела колеблется параллельно температуре окружающей среды и, благодаря этому, у лягушки выработалась способность еще больше утилизировать теплоту в работу.

Итак, когда в мышце идут химические превращения, то развиваются две формы энергии. Правда, есть еще третья форма энергии, именно электрическая. Как будет впоследствии указано подробно, в мышце при ее деятельности развивается электрический ток. Из всех живых сил, продуцируемых в организме, на электричество идет небольшая часть. И эта форма энергии не теряется бесполезно, она частью переходит в теплоту, частью же утилизируется, как таковая, так как в процессах возбуждения участвует электрический ток.

Вообще никакая физическая машина не работает с такой экономией, как мышца.

ХИМИЯ МЫШЦ

Так как в основе мышечной работы и мышечного утомления должны, очевидно, лежать химические превращения, то к рассмотрению последних теперь и следует приступить. Какие же химические процессы происходят в мышце? Надо прежде всего знать химический состав мышцы. Беда в том, что как только начинают анализировать мышцу с химической стороны, то уже имеют, в сущности, дело с мертвым веществом. Живая мышца недоступна исследованию химиков. А что действительно вещество мышцы быстро подвергается изменению, можно убедиться из того, что она по удалении из тела скоро коченеет.

Трупное окоченение. Давно известно так называемое «трупное окоченение» мышц. Именно, после смерти организма, через 2—3 и более часов, в зависимости от времени года, в мышцах происходит оцепенение, так сказать, окостенение, причем сочленения перестают сгибаться и остаются в том положении, в каком их застал момент окоченения. Это явление трупного окоченения обуславливается тем, что в мышцах происходят особого рода химические изменения. Оно длится несколько времени, а потом, через сутки или полторы проходит, и мышцы опять становятся мягкими, или, как говорят, мышечное окоченение «разрешается».

Рыночное мясо это мышцы, уже пережившие трупное окоченение и сделавшиеся снова мягкими.

Картину трупного окоченения можно вызвать моментально искусственным путем, погрузив, например, лапку лягушки в горячую воду 42°C и подержав ее там несколько минут. При этом пальцы сначала скрючиваются, а потом растопыриваются, так как сначала преобладают мышцы-сгибатели, а затем разгибатели. Это окоченение, в отличие от посмертного или трупного, носит название «теплого окоченения». Следует заметить, что лапку нужно держать в горячей воде несколько минут, но при этом важно не передержать, так как в противном случае процесс может пойти в обратном направлении, так что мышцы снова размякнут. Сняв кожу с лапок, можно видеть, что и по внешнему виду мышца окоченевшая отличается от нормальной. Нормальная мышца имеет красноватый цвет, а окоченевшая — более бледный, белесоватый. Кроме того, окоченевшая мышца тверда наощупь и в тонких слоях плохо просвечивает. При окоченении мышца испытывает изменение, вроде того, как и при нормальном сокращении, т. е. она становится короче, тверже и толще. Сходство есть, но есть и большая разница: мышца, пережившая полное трупное

окоченение, навсегда умерла, т. е. подверглась окончательно изменению; нормальная же мышца, находящаяся в сокращении, претерпевает временные изменения, которые проходят, как только мышца возвращается в расслабленное состояние. Правда, по опытам Броун-Секара и Гейбеля, рубчатые мышцы и сердце можно оживить после неполного трупного окоченения, пропуская через них кровь. Оказывается, и реакция мышцы с окочением меняется: реакция естественной мышцы чуть щелочная или нейтральная, а у окоченевшей реакция становится кислой. Здесь опять сходство с нормальным сокращением мышцы, при котором обнаруживается также кислая реакция. Изменение реакции увидим, взяв в пробирку нормальную мышцу, предварительно измельчив ее: тинктура лакмуса покажет чуть щелочную реакцию; в другой же пробирке измельченная мышца, пережившая окочение, обнаруживает на лакмус кислую реакцию. Помимо всего этого, наблюдается еще сходство окоченевшей мышцы с мышцей нормальной, находящейся в сокращении. Именно, как в той, так и в другой развивается теплота. После смерти у животного температура тела вначале падает, потому что сердце перестает работать, и окислительные процессы прекращаются. Но можно доказать затем, что когда наступает период трупного окоченения, то при этом развивается теплота, и температура тела сильно поднимается. В общем настолько параллельны эти явления, что Герман пытался объяснить нормальное мышечное сокращение как временное окочение (укорочение мышцы параллельно с утолщением, увеличение твердости, развитие теплоты, появление кислой реакции). Насколько эти процессы параллельны, об этом будет еще речь впереди.

В чем же заключается трупное окочение как по своей внешней картине, так и по своему существу?

Впервые на этот вопрос дал более или менее определенный ответ гейдельбергский физиолог Кюне. Исследуя процесс мышечного окочения, он пришел к заключению, что этот процесс аналогичен процессу свертывания крови. При свертывании крови из плазмы, т. е. жидкой части крови, выпадает белок, который раньше был в растворенном виде. Этот процесс связан с тем, что под влиянием особого фермента выпадает белковое вещество в виде фибрина или волокна. При мышечном окочении из мышечной плазмы тоже выпадает белок; поэтому и наблюдается ригидность¹ мышц.

Исследуя живые мышечные волокна под микроскопом, Кюне обратил внимание на то, что в одном из волокон дви-

¹ От лат. *rigidus* — жесткий, прямостоящий, негибающийся.

галась глиста; когда она подползала к темным слоям, то они выпячивались, и когда глиста проползала дальше, то темные слои приходили в старое положение; отсюда Кюне заключил, что мышечные волокна наполнены жидким или полужидким веществом, в котором находятся выкристаллизованные диапласты. Это наблюдение подтвердилось и другими исследователями. Кюне, по аналогии с плазмой крови, назвал жидкое вещество в мышечном волокне «мышечной плазмой».

Каким же образом извлечь мышечную плазму, чтобы мышца при этом была жива? Кюне поступил очень остроумно. Он обратил внимание, что мышцы холоднокровных животных могут быть заморожены, не теряя своих жизненных свойств. (Рыбы, лягушки, крабы, будучи заморожены, при постепенном оттаивании оживают).

Кюне поступал следующим образом. Для того чтобы из мышц удалить всю кровь, он расщипывал мышцы и промывал раствором поваренной соли, охлажденным до 0° , чтобы вместе с тем освободиться и от лимфы. Затем он замораживал постепенно промытые мышцы, измельчал их пестиком в ступке, причем они были охлаждены ниже 0° . Получался порошок, так называемая «мышечная мука или снег», т. е. замороженные мышцы, не потерявшие, по предположению Кюне, своих жизненных свойств. Эту муку он помещал под пресс при температуре немного ниже 0° и выдавливал жидкость, обладающую любопытными свойствами. Она, как и плазма крови, способна свертываться, т. е. при температуре немного выше 0° из нее выпадает белок. Это явление свертывания мышечной плазмы и представляет картину мышечного окоченения.

Чем же вызывается выпадение белка при нормальных условиях окоченения? Вероятно, по аналогии со свертыванием крови, здесь действует фермент, который заставляет мышечную плазму свертываться. Выпавшее тело, т. е. сгусток мышечной плазмы, получило название «миозина», а фермент, который дает толчок и развивается в мышце со смертью ее, носит название «миозинфермента». В нормальной мышечной плазме находится растворенный белок «миозиноген», который под влиянием миозинфермента дает нерастворимый белок миозин.

Таким образом, по Кюне, трупное окоченение представляет собою ферментативный процесс, при котором растворимый белок (миозиноген) в мышце со смертью ее переходит в нерастворимый миозин.

Каким же образом белок, выпадающий при мышечном окоченении, обнаруживает наощупь настолько твердую консистенцию, что мышцы кажутся как бы замороженными и в

сочленениях негибкими? Дело в том, что сила сцепления частиц белка при выпадении громадна. В этом можно убедиться на опыте, если на стеклянную пластинку положить куриный белок и дать засохнуть ему; сила сцепления частиц белка оказывается так велика, что часто с белковой пленкой приходится отдирать кусочки стекла. Поэтому не следует удивляться, что белок, выпадая в мышце, придает ей такую твердую консистенцию, и нет ничего неправдоподобного, если картину окоченения мы припишем сцеплению белковых частиц.

Галибуртон распространил опыт Кюне на мышцы теплокровных животных, постепенно охлаждая и замораживая их (причем мышцы не убивались). Получается также мышечная плазма, способная свертываться при оттаивании.

При мышечном окоченении, как уже было сказано, развивается кислая реакция.

Сначала думали, что кислая реакция окоченевшей мышцы зависит от молочной кислоты, однако последнюю находят и в нормальных мышцах. Теперь приходят к заключению, что кислая реакция обуславливается отчасти образованием мясо-молочной кислоты и отчасти от того, что средние фосфорнокислые соли переходят в кислые фосфорнокислые. Вместе с тем, при окоченении, как и при нормальном сокращении, в мышцах развивается CO_2 и, кроме того, образуются электролиты под влиянием токов, присутствующих в мышце.

Почему трупное окоченение разрешается, на этот вопрос труднее ответить.

С одной стороны, предполагают, что миозин, выпавший в осадок, при избытке накопившейся через некоторое время кислоты снова растворяется. По другой теории, при окоченении развивается немного кислоты, и при нейтрализации ее миозин опять переходит в раствор. Кислота же нейтрализуется аммиаком, появление которого в свободном виде связано с процессом гниения, развивающимся в мышцах через некоторое время после смерти.

Однако против последней теории существуют серьезные возражения, основанные на бактериологических и других исследованиях. Например, рыночное мясо не обнаруживает процессов гниения, а, между тем, оно является мягким, т. е. пережившим уже трупное окоченение. Большинство физиологов считает, что окоченение разрешается от избытка кислоты, растворяющей миозин, когда еще нет свободного аммиака. Екатерина Шипилова (в Женеве, в лаборатории Шиффа, 1882) впрыскивала в мышцы лягушки слабощелочной раствор, и мышцы при этом не представляли картины окоченения; про-

пускание кислоты в те же мышцы вызывало окоченение. В общем она доказала, что мышечное окоченение не наступает, если в вырезанной или умирающей мышце не развивается кислота.

Но исследования до настоящего времени все-таки не дают окончательного ответа, отчего происходит разрешение трупного окоченения, от избытка ли кислоты или от ее нейтрализации.

Трупное окоченение наступает неодинаково скоро; в жаркое время оно наступает раньше, зимой или вообще в холодное время позднее. В обычных условиях оно наступает не раньше, как через полчаса, в других случаях только через семь часов и позже. Продолжается оно от одного до шести дней.

На скорость окоченения влияет и состояние организма перед смертью: в истощенных или утомленных организмах мышцы заокоченевают быстрее. Бывали, например, случаи, по наблюдениям охотников, что затравленная дичь (например, лисица, загнанная собаками), будучи подстрелена, окоченева-ла по прошествии нескольких минут. Нервное возбуждение тоже играет роль. Например, если убить кошку, предварительно перерезав у нее нервы одной лапы, то там, где мышцы изолированы от нервной системы, окоченение развивается позднее.

У человека наблюдается известная последовательность в окоченении мышц. Прежде всего окоченевают жевательные мышцы, затем мышцы лица, затылка (шеи), туловища, потом верхних конечностей и, наконец, нижних конечностей. Как будто процесс окоченения идет постепенно от головы вниз.

Иногда окоченение наступает крайне скоро, и люди заокоченевают даже в тех позах, в которых их застигла смерть („каталептическое трупное окоченение"). Например, во время франко-прусской войны был найден солдат, сидевший на корточках с ковшом в руке на берегу реки, между тем как этот солдат был без головы.

Подобные случаи связаны, повидимому, с поранением продолговатого мозга: обильные ряды импульсов пробегают при этом по нервам в мышцы, вызывают судорожную контрактуру их, а вслед за тем наступает окоченение.

На такого рода случаях основаны приукрашенные фантазией рассказы об умерших или убитых, позы которых имели угрожающий вид, с поднятыми руками, с направленными куда-то пальцами и проч. Вероятно, убитые были предварительно истощены (при естественном сопротивлении убийце), да еще при этом могло быть поражение продолговатого мозга. Во

время холерной эпидемии находили тоже трупы с угрожающими жестами — это происходит от истощения организма болезнью.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЫШЦ

На основании вышеизложенного надо иметь в виду, что в обыкновенных условиях, анализируя мышцы, имеют дело с мышцами, уже пережившими трупное окоченение.

Чтобы анализ имел ценность, приходится прибегать к тем способам, какими воспользовался Кюне в своих исследованиях.

В состав мышцы входит прежде всего вода, до 75%. Вслед за водой по содержанию идут белки (и альбуминоиды) — от 20 до 21%. Их в мышце находится несколько видов. Некоторые авторы (например, Ландуа в своем учебнике физиологии) приводят много различных белков, различаемых по температуре свертывания и способности растворяться, но мы не будем входить в детали, тем более что между исследователями в этом отношении существуют разногласия. Остановимся на более характерных.

Следует различать три главных группы белков:

1. *Альбумин*, который очень легко можно извлечь из мышц, измельчив их посредством машинки, приготовляющей фарш, и положив мышечную кашицу в дистиллированную воду. Получается водная вытяжка или настойка белков. В точном анализе необходимо мышцу предварительно промыть физиологическим раствором; в противном случае вытяжка получается окрашенной в цвет разбавленной крови. Однако и при самой тщательной промывке мышечная вытяжка получается слегка окрашенной, так как в мышце имеется пигмент, близкий к пигменту крови — гемоглобину, хотя по составу несколько отличный от пигмента красных кровяных шариков.

При кипячении данной вытяжки альбумин свертывается. (При варке мяса в пищу этот белок также свертывается и всплывает в виде пленки, которая обыкновенно снимается, как отброс.)

2. После удаления альбумина остаются, нерастворимые в дистиллированной воде белки, которые растворяются в слабых растворах солей. Например, если обработать мышцу 10% раствором NH_4Cl или NaCl , то извлекается таким путем миозин. Этот белок принадлежит ко второй группе белков, именно к *глобулинам*.

Густой раствор миозина опалесцирует. При обработке его дистиллированной водой, по мере того, как раствор солей будет становиться все менее и менее концентрированным, т. е.

приближаться к дистиллированной воде, этот глобулин, как нерастворимый в ней, будет выпадать в осадок, и жидкость приобретет молочный цвет. Все более и более выпадающий миозин будет распределяться на все большее количество воды, и понятно, что при большом избытке воды опыт с осаждением делается мало демонстративен.

Миозин, как и все глобулины, выпадает в осадок и от прибавления к раствору небольшого количества кислоты. (Об этом упоминалось при изложении явлений трупного окоченения). Кислоту надо прибавлять осторожно, так как в избытке ее все глобулины растворяются. Кислоту следует брать слабую, потому что от капли крепкой кислоты происходит растворение. Вполне прозрачного раствора не получится, так как вообще растворы белков всегда опалесцируют.

3. В мышце есть еще белки, неизвлекаемые ни водой, ни слабыми растворами солей. Для извлечения их нужно обрабатывать мышцу щелочью или кислотой. Сюда относятся альбуминоиды, соединительнотканые белки, например, *эластин*. А. Данилевский описал особый белок — *миостромин*. Вероятно, он принадлежит тоже к соединительнотканым белкам, образуя как бы белковую строму мышцы.

Кроме рассмотренных главных трех групп белков, указывают еще на присутствие в мышцах параамиозина, параамиозиногена и проч. Но это имеет значение только для специальных исследований.

Помимо белков в мышце имеется много азотистых тел: креатин, креатинин, ксантин, гипоксантин (очень мало, в виде следов), гуанин, мочевины, мочевиная кислота в виде следов и др. Все они могут быть рассматриваемы, как продукты распада белков.

Из безазотистых веществ на первом плане стоят жиры. Это не те жиры, которые отлагаются в промежутках между волокнами мышц, а жиры, находящиеся внутри их, входящие в состав самих мышц. Жиров в мышце немного. Обнаруживаются они, между прочим, окрашиванием осмиевой кислотой в черный цвет.

Есть в мышце и углеводы. Главную массу их составляет гликоген, или животный крахмал, принадлежащий, как и растительный крахмал, к полисахаридам. Это нерастворимый углевод, находящийся в большом количестве в печени. Всех углеводов в мышце содержится немного, от 0,5 до 1%.

Из других углеводов встречаются: декстрин, глюкоза — виноградный сахар, мальтоза в небольшом количестве; затем — инозит, молочная кислота, которая носит название мясо-молочной кислоты, и, может быть, парамолочная.

Имеется пигмент, окрашивающий мышечные волокна, так называемый «мышечный гемоглобин». Он находится в большом количестве в красных мышцах.

Есть фермент в умирающих мышцах — миозинфермент; кроме того, в нормальных мышцах находится диастаза, превращающая крахмал в сахар.

Таков состав мышцы по отношению к органическим веществам.

Дальше следуют неорганические вещества, в количестве 1—1,5%.

Из металлов на первом плане стоит К, его почти 0,5%, затем Na (менее 0,1%), Ca, Mg, Fe (вероятно, в гемоглобине).

Из кислот: фосфорная (в калиевых солях), хлористоводородная, хотя в меньшем количестве, и угольная, SO_3 .

Итак, белки, жиры и углеводы, обладающие запасом потенциальной энергии, составляют в мышце в общей сложности около 23,5%; на долю неорганических веществ приходится около 1,5%, причем преобладают фосфаты калия, остальные 75% составляет вода.

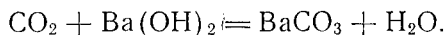
ИСТОЧНИКИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

С физиологической точки зрения важно проследить те изменения в химическом составе мышцы, какие происходят во время ее деятельности. Этим путем можно решить вопрос, за счет чего же именно мышца работает.

При мышечном сокращении, во-первых, реакция амфотерная (средняя) или слабощелочная изменяется в кислую, что связано с образованием мясо-молочной кислоты; во-вторых, развивается большое количество CO_2 . Последнее явление доказывается следующим опытом. Задние конечности лягушки с частью позвоночника подвешиваются в замкнутой стеклянной камере на медном крючке; пальцы лапок опущены в ртуть. Соединив крючок и ртуть с индукционной катушкой, пропускают ток через лягушечий препарат и тем заставляют мышцы совершать работу.

Чтобы не было подозрения, что CO_2 получается из воздуха, камеру очищают от CO_2 при помощи аспиратора (рис. 19). Для этого аспиратор устанавливается сначала так, что воздух гонится от аспиратора к кали-аппарату, — на рисунке справа налево. Затем аспиратор устанавливается так, что воздух пойдет в обратном направлении. При этом воздух, очищенный в кали-аппарате от CO_2 , проходит через камеру с препаратом в колбу с раствором едкого барита или $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Пока мышцы находятся в покое, никакого помутнения баритовой воды

при этом не замечается. А как только мышцы начнут сокращаться, в колбе с баритовой водой появится муть, и при дальнейшей работе мышц жидкость приобретает все более и более молочный цвет, благодаря прохождению через нее CO_2



Гельмгольц пытался ближе установить источники мышечной работы. С этой целью он делал вытяжки из нормальных и работающих мышц. Но он мог только установить, что нормальные мышцы дают более водную вытяжку, а работаю-

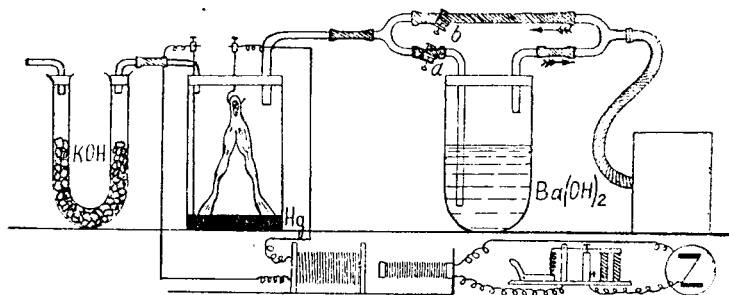


Рис. 19. Опыт Либиха.

щие — более алкогольную, т. е., что при деятельности мышц вырабатываются вещества, способные растворяться в алкоголе (простые азотистые вещества). Во всяком случае это не ответ на вопрос, за счет чего мышца работает.

Что мышечная работа совершается за счет каких-то веществ, вытекает уже из того, что мышца во время работы усиленно питается. Когда мышца сокращается, сосуды в ней расширяются благодаря нервам-расширителям, и приток крови увеличивается в 2—3 раза против того, что мышца получает в покое. И несмотря на то, что в мышце при ее деятельности идут усиленные химические превращения, а следовательно происходит повышенная продукция CO_2 , все-таки от мышцы оттекает кровь более красная, т. е. менее венозная, чем при покое. Но все это лишь общие указания.

Впервые с большей определенностью попытался ответить на вопрос об источниках мышечной работы Либих. Ввиду того, что мышцы построены из белков (21—21,5%), и их много в сравнении с другими веществами (4—3,5%), он и искал источники сил в белках. Одно наблюдение утвердило его в этом предположении. Исследуя мышцы затравленной лисицы, Ли-

бих нашел в них много креатинина, и так как вещество это является продуктом распада белков, то Либих заключил отсюда, что мышца есть машина, работающая почти исключительно за счет белков.

Такое воззрение долго держалось в физиологии, но впоследствии установился другой взгляд, именно, что мышца работает за счет безазотистых веществ. Это было установлено Фойтом и Петтенкоффером в опытах с голодающей собакой, которую они заставляли совершать значительную мышечную работу. Но в особенности взгляд, что работа совершается в мышцах за счет безазотистых веществ, т. е. жиров и углеводов, прочно установился после ученой прогулки Фика и Вислиценуса. Они совершили в Швейцарии восхождение на гору Фаульгорн, высота которой точно определена. Так что путники совершили известную работу, именно Фик поднял тяжесть собственного тела P на высоту H , а Вислиценус — тяжесть своего тела P^1 на ту же высоту. Следовательно, механическую работу того и другого можно вычислить по формулам: для Фика — $R = PH$, для Вислиценуса $R^1 = P^1H$.

Чтобы решить, за счет чего совершалась работа, они собирали мочу во время восхождения и в течение шести часов после прогулки. По количеству выделенной мочевины можно было определить, сколько белков распалось в организме. Оказалось, что распадение белков было столь незначительно, что и одной трети выполненной ими на самом деле работы невозможно было бы совершить за счет энергии, освобожденной белками. Другими словами, количества теплоты, развивающейся при распаде белков в организме при мышечной работе, недостаточно для того, чтобы покрыть внешнюю механическую энергию, развиваемую мышцами. После прогулки Фика и Вислиценуса старое воззрение Либиха поколебалось. Начали думать, что работа мышц совершается преимущественно за счет углеводов. В подтверждение приводились следующие факты: во-первых, во время покоя в мышцах накапливается гликоген, который быстро исчезает при мышечной работе. Очевидно, гликоген превращается в сахар и сгорает. Мало того, при усиленной мышечной работе гликоген исчезает не только непосредственно из мышц, но и из печени, в которой всегда имеется запас гликогена (у грызунов, например, у кролика, до 12%). Во-вторых, обратили внимание на обыкновенный житейский опыт.

Наибольшей работоспособностью, т. е. способностью совершать длительную, планомерную, продуктивную мышечную работу, отличаются травоядные (бык, лошадь и др.), т. е. животные, потребляющие в пищу очень мало белков, гораздо

меньше, чем всеядные и плотоядные. Правда, плотоядные животные (лев, тигр, волк) могут развить громадную мышечную силу, но только на короткое время. Точно так же и человек, собираясь в дальнюю дорогу, как бы по инстинкту запасается главным образом безазотистыми веществами и белков берет с собой немного.

Что и жиры тоже могут служить источником мышечной силы, доказать труднее; в данном случае химический анализ не может помочь, так как жир находится между мышечными волокнами, и нужно, чтобы жир из междумышечного вещества превратился в мышечное. Однако в пределах обыкновенных наблюдений тот факт, что ожирение, т. е. отложение больших запасов жира в мышцах и мышечная работа суть явления, исключаящие друг друга, заставляет признать, что при мышечной работе потребляется и жир. Наконец, наблюдающаяся вообще в отправлениях организма целесообразность приводит к выводу, что жиры, как вещества, обладающие большим запасом потенциальной энергии, не могут не служить источником мышечной работы.

В более новое время, главным образом под влиянием Пфлюгера, установился взгляд, что и белки нужно причислить к источникам мышечной силы. Пфлюгер говорил, что учение Вислиценуса, Фика и Фойта односторонне. Прежде всего он указал, что в старых наблюдениях были недочеты. Вислиценус и Фик наблюдали очень короткое время выделение мочевины. Между тем, распавшиеся белки вымываются из организма не сразу, только на второй—третий день после работы. Это было установлено Пфлюгером с его учеником Аргутинским. Для доказательства того положения, что и белки служат источником мышечной силы, Пфлюгер кормил в течение полугода собаку фибрином — чистым белком, или очень тощим мясом с ничтожным содержанием жира и углеводов, и заставлял ее совершать громадную мышечную работу (в Германии это было сделать легко, так как там собаки таскают тяжести — развозят по городу тележки с овощами, углем и т. п.); затем над этой собакой делались наблюдения во время недельного отдыха и снова ее исследовали за довольно большой период тяжелой работы. При этом измерялась совершенная работа и исследовалось изменение в весе. Оказалось, что, по крайней мере, половину всей мышечной работы надо отнести на счет энергии, запасенной в белковой пище. Если бы все жиры и все углеводы шли на механическую работу, то нельзя было бы выполнить и половины совершенной собакой работы. «Без разложения белков не совершается никакой мышечной работы», так говорил Пфлюгер.

Этим же вопросом занялся физиолог ветеринарного института в Берлине Цунц. Он доказывал, что источником мышечной работы могут служить как белки, так жиры и углеводы. Другими словами, мышца не есть машина, работающая исключительно за счет белков, или исключительно за счет жиров или углеводов. Какие из этих веществ являются главным источником мышечной силы, это зависит от рода пищи и рода работы. У плотоядных мышечная сила развивается преимущественно за счет белков, у травоядных — за счет безазотистых веществ, у человека в этом отношении играет роль способ питания: кто мало принимает в пищу белков, у того источником мышечной силы служат преимущественно углеводы и жиры; напротив, кто в пищу потребляет больше белковых веществ, у того мышцы совершают работу, главным образом, за счет последних. Наш организм работает не односторонне, он утилизирует все вещества. Но, несомненно, прежде всего идут в работу безазотистые вещества. Гликоген, например, исчезает в мышцах в первую голову.

При мышечной работе сразу начинает больше выделяться CO_2 . Дыхательный коэффициент CO_2/O_2 , при смешанной пище равный приблизительно 0,85, при мышечной деятельности приближается к единице, как будто кислород, поступающий в организм, прежде всего заставляет сгорать углеводы. Все это ведет к заключению, что при мышечной работе прежде всего, повидимому, сгорают безазотистые вещества (углеводы). потом жиры и, наконец, при дальнейшей работе атакуются и белки. Вопрос об источниках мышечной силы до сих пор еще интересует физиологов, так как он еще не решен окончательно.

ЗАВИСИМОСТЬ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ ОТ ПИТАНИЯ И ОТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Если перерезать двигательный нерв, идущий к мышце, то мышца остается парализованной. Первое время мышца становится вялой, и только после нескольких дней наступает вздрагивание отдельных мышечных волоконцев, называемое «фибриллярным сокращением»; мышца же, как целое, не сокращается. Мышца не накапливает горючего вещества, и происходит разряд возбуждения, как бы взрыв, т. е. в одних волокнах в одно время, в других — в иное. В это время в мышце повышается раздражимость; но потом последняя падает, и мышца постепенно умирает, перерождается: специфическое мышечное вещество распадается на комки; недифференцированные комки протоплазмы увеличиваются. Затем мышечное вещество совершенно исчезает.

Для объяснения этого процесса существуют две теории. По одной из них в мышечных пучках появляются фагоцитарные клетки, которые и поедают распадающееся мышечное вещество (Мечников). По другой теории происходит так называемый цитолиз, т. е. мышечное вещество растворяется. (О цитолизе и фагоцитозе будет речь впереди, именно в учении о крови). Возможно, что здесь происходит и тот и другой процесс. Во всяком случае, после отделения мышцы от нервных центров она подвергается перерождению, т. е. мышечные волокна исчезают и остаются только соединительнотканые оболочки или сарколеммы.

Если мышца не изолируется от нервных центров, но вовсе не работает, то она, правда, не перерождается, однако делается более тонкой, дряблой. У человека, например (по крайней мере, у большинства), всегда атрофированы ушные мышцы; в них хотя и имеется мышечная ткань, но она очень утопчена. То же происходит и с мышцами, перестающими по тем или другим причинам работать. Например, когда в известных патологических условиях происходит неправильное сращение в колене, часть мышц теряет возможность работать, делается как тряпка, мышечное вещество сводится до минимума. Уже по форме, следовательно, по внешнему виду можно отличить рабочую мышцу от нерабочей. Недеятельность мышцы сказывается в том, что она постепенно атрофируется. Наоборот, при работе мышца характеризуется тем, что она увеличивается в своей массе, становится толще и более упругой. При работе не только восстанавливается то, что мышца потратила, но еще настолько усиливается питательный процесс, что в мышце отлагаются еще новые вещества. У кузнецов, например, сильно развиты мышцы рук. У людей, по профессии бегающих, например, у танцоров, скороходов, развиты мышцы ног. Наоборот, у портных мышцы ног тонкие, дряблые — «жидкие ножки».

Мышцы, не привыкшие к работе, быстро утомляются. Работа мышц необходима для их развития. Усиленное развитие мышц от работы заметно не только на молодых организмах: старик лет 60—70 начинает ездить на велосипеде, и у него значительно развиваются мышцы ног.

Значение симпатической нервной системы для мышечной работы достаточно очевидно. Питание при работе усиливается, потребление кислорода, выделение CO_2 — тоже. Замечательно еще то, что мышечная работа ведет к усиленному развитию не только самих мышц, но отражается и на строении костей, также на связках, на сухожилиях, апоневрозах; одним словом, отражается на всем органе, на всех рычагах, приводимых в действие работающей мышцей. Но этим дело не ограничивается:

во время мышечной работы усиливается деятельность сердца и дыхательного аппарата, повышается дыхательный обмен, усиливается действие кожных сосудов, повышается температура, расширяются сосуды, усиливается транспирация и совершается регуляция теплоты. Мышечная работа отражается косвенным путем и на других органах, не участвующих в работе: усиливается аппетит, т. е. повышается деятельность пищеварительного аппарата, деятельность желез, перистальтика и т. д.

При нормальных условиях в работающей мышце развивается не только молочная кислота, но и другие «утомляющие» вещества, так называемые токсины. Если вытяжку этих утомляющих веществ впрыснуть свежему, т. е. не утомленному животному, то на нем быстро развивается картина утомления. Но и обратно, утомление можно задержать, если впрыснуть в сосуды артериальную кровь или физиологический раствор. Если через вырезанные органы прогонять кровь и в то же время утомлять их, то утомление развивается не сразу; если же впрыснуть в эти органы утомляющие вещества, то утомление развивается тотчас же. В нормальном организме наряду с «утомляющими» токсинами развиваются антитоксины других органов, задерживающие утомление.

Исходя из данных физиологии, врачи признают, что во многих заболеваниях не помогут лекарства, если не будет поднята деятельность самого организма. Сам организм должен выработать в себе способность к работе. Доктор Ролистон, например, выработал метод лечения чахоточных посредством мышечной работы. Прежде полагали, что чахоточным нужен полнейший покой и усиленное питание. Ролистон же заставляет своих пациентов совершать постепенно все большую и большую мышечную работу, совершая, например, восхождение на гору. И результат такого лечения получился блестящий: довольно значительный процент выздоравливал и делался трудоспособным. На этом же принципе основано лечение начальной подагры и ожирения.

Итак, мышечная работа имеет важное значение для поддержания нормального состояния организма, она отражается на общем повышении тонуса. Все процессы при мышечной работе совершаются гораздо энергичнее, и, вероятно, при этом быстро разрушаются некоторые вредные вещества, которые иначе медленно распадаются.

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

В ряду животного мира, начиная с простейшей клетки, протоплазма которой в числе прочих свойств живой материи обладает и раздражительностью, постепенно дифференцируется для этой специальной функции нервная ткань. У высших животных нервная ткань получила строгую специализацию и специфичность и выработалась в систему, деятельностью которой функции различных частей тела связаны в одно целое. Впечатления внешнего мира, падающие на чувствующую поверхность организма, возбуждают чувствующие нервы, а через них возбуждение передается нервным центрам, которые, в свою очередь, передают по двигательным нервам импульсы к тем или другим органам и вызывают соответственные реакции (двигательные, секреторные и проч.).

Нервная ткань у высших животных представлена: 1) нервными клетками и 2) отходящими от них отростками.

Считаем не лишним напомнить в общих чертах гистологическое строение нервной ткани. Элементарная нервная клетка, как и всякая другая, состоит из протоплазмы и ядра. От клетки отходит множество нервных отростков, которые сильно ветвятся; это так называемые *дендриты* (или протоплазматические отростки). Назначение дендритов прежде всего заключается в питании нервной клетки, но они, вероятно, имеют значение и для передачи возбуждения с одной нервной клетки на другую. Кроме этих коротких отростков, от нервной клетки отходит обыкновенно один¹ более длинный, *отросток*, так называемый *осево-цилиндрический отросток*, или *аксон*. На своем пути он одевается особой шванновской оболочкой соединительнотканного происхождения; у некоторых аксонов, кроме того, имеется еще мякотная или миелиновая оболочка, очень богатая жиром и некоторыми другими веществами, как лецитин, протагон и др. Существенной частью нервной клетки является осевой цилиндр, который тянется, не давая ветвей и

¹ Бывают биполярные и мультиполярные нервные клетки, т. е. снабженные двумя или несколькими аксонами.

заканчиваясь в тех или других органах, например, в мышцах, особыми концевыми пластинками или бляшками,¹ или в железах и т. д. Иногда аксон тоже дает боковые ветви, так называемые коллатерали. Все сочетание, т. е. нервная клетка со всеми отростками, носит название *нейрона*.

Аксоны собираются обыкновенно в пучки и дают, таким образом, нервные стволы или нервы.

Анатомический и гистологический материал нервной ткани довольно однообразен, между тем как функции ее весьма разнятся между собой. Каждая нервная клетка, каждое нервное волокно, можно сказать, имеет свое специальное назначение; так что для физиологии представляется очень и очень нелегкая задача разобраться в этих функциях. Кроме того, задача исследования усложняется еще тем, что нервные клетки, перепутываясь своими отростками, образуют комплексы. В центральной нервной системе клетки так тесно сближены, что никакой возможности изолировать их одну от другой. С другой стороны, методы исследования в высшей степени примитивны. Казалось бы, физиологу в области нервной системы нельзя работать. И в самом деле, физиология нервной системы вырабатывалась крайне медленно.

Первые указания на нервную систему мы встречаем в греческом мире за 300 лет до н. э. у Герофила и Пизистрата. Уже тогда были намеки, правда очень примитивные, на разделение нервов на двигательные и чувствующие.

Гален, живший во втором столетии н. э. производил уже опыты над нервной системой. По его воззрению, двигательные нервы отходят от спинного мозга, так как эти нервы являются наиболее грубыми; чувствующие же нервы, как более тонкие по своим отправлениям, отходят от головного мозга и, наконец, по мнению Галена, есть еще средние по своим функциям нервы, и они отходят от продолговатого мозга.

Однако об изучении собственно центральной нервной системы тогда не могло быть и речи. Изучение ее стало возможным лишь после изобретения микроскопа. Но все же старались дать ответ на вопрос, как действует нервная система в целом. Во-первых, существовал взгляд, что по нервным путям распространяется невесомая жидкость и таким образом передается возбуждение. Во-вторых, предполагали, что по нервам передаются колебательные движения, и из этих движений слагаются уже всевозможные возбуждения. Такие представления держались на протяжении всех средних веков. В XVII ве-

¹ Бляшки иногда располагаются и под сарколеммой мышечного волокна, но никогда не заходят в само мышечное волокно.

ке были сделаны попытки объяснить нервные явления молекулярным движением, но подобное объяснение не могло получить конкретных форм, так как само учение о молекулярном движении не было разработано.

Когда были сделаны большие успехи в физике по отделу электричества, то нервные явления стали рассматриваться наподобие электрических. Но некоторые ученые, как, например, Галлер, скептически отнеслись к подобным объяснениям. Галлер утверждал, что нервные явления нельзя объяснить действием электричества в организме, во-первых, потому, что нервы не изолированы, а во-вторых, если перерезать нерв, то возбуждение не передается, как бы потом ни складывать обрезанные концы нерва. Вместе с изучением гальванического тока появляется взгляд, что нервные явления возникают под влиянием развития электрического тока в самом нерве.

ОБЩАЯ НЕРВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Физиология нервной системы подразделяется на: 1) общую нервную физиологию и 2) физиологию нервных центров.

В сущности то, что подразумевается под именем общей нервной физиологии, есть физиология нервного волокна или ствола, между тем как физиология нервных клеток отнесена к физиологии нервных центров. Такое деление сложилось в конце прошлого столетия, когда вырабатывалась наука физиология. В силу наблюдений того времени создалось предположение, что нервы всюду одинаково построены, т. е. на всем своем протяжении от начала до конца представляют как бы шнуры. Тогда еще не было анатомически и гистологически установлено, что волокна, образующие нервы, есть не что иное, как пучки отростков нервных клеток. Следовало бы к общей нервной физиологии отнести физиологию нейрона, т. е. нервной клетки с ее отростками, а в физиологии нервных центров рассматривать функции комплексов нервных клеток. Но исторический путь в изучении нервной системы имел свой смысл.

Физиологи предполагали, что, изучив функции нервного отростка, изучив как он раздражается, как живет, как питается и пр., можно будет тем самым подойти к изучению деятельности нервной системы вообще. Хотя этот взгляд не оправдался впоследствии в полной мере, так как нельзя свойства нервного волокна переносить целиком на нервную клетку, дающую ему начало, тем не менее изучение свойств нервного волокна следует предпослать изучению общих свойств нервных клеток. Функции нервного ствола легче поддаются точному изучению,

ибо они более просты и более постоянны. Во-первых, нервное волокно обладает довольно постоянной раздражительностью: при раздражении нерва в любой точке появляется возбуждение, распространяющееся по нерву в ту и другую стороны. Это в точности установлено на нерве изолированном или отпрепарованном.

Второе свойство нервов — это проводимость. Раздражимость нерва в любой точке — это свойство, обнаруживаемое в искусственных условиях опыта, в естественных же условиях нервные стволы непосредственно не раздражаются, а играют только роль проводников для возбуждений, родящихся на том или другом конце ствола.¹ Чувствующие нервы проводят возбуждение, родившееся на периферии, к центру, или, как говорят, в *центрипетальном*, или *центростремительном*, направлении; двигательные нервы несут возбуждения к периферии от центров в так называемом *центрифугальном*, или *центробежном* направлении.

ПРОВОДИМОСТЬ НЕРВОВ

Условия для проведения возбуждения в нерве

Относительно естественного свойства нервов, именно проводимости, существуют следующие законы:

1) Во-первых, чтобы нерв мог проводить возбуждение (о способах возбуждения нервов мы скажем несколько ниже), он должен *сохранять по всей длине своей физиологическую непрерывность и не испытывать нарушения своей целостности*. В самом деле, достаточно перерезать нерв или перевязать его ниткой (в последнем случае анатомическая целостность нерва сохраняется, но нарушается целостность физиологическая), и нерв уже теряет способность проведения. Перевяжем, например, двигательный нерв и будем раздражать любую его точку, лежащую выше перевязки, индукционным током — сокращения мышцы не получается, тогда как раздражение, приложенное к нерву в любом месте ниже перевязки, вызовет сокращение мышцы.

2) Во-вторых, каждое нервное волокно проводит возбуждение самостоятельно, не передавая его другим волокнам (способность *изолированного проведения*). В этом сомневались, в особенности, по отношению к электрическим раздражениям. Закон изолированного проведения возбуждения доказывается

¹ Собственная раздражимость нерва в любой точке наблюдается в организме в исключительных условиях, если, например, надавить нечаянно на нервный ствол или уколоть его.

путем логического заключения от обратного: если бы не было изолированной проводимости, тогда наблюдалось бы, например, следующее явление: в руке идут тысячи чувствующих и двигательных нервов, и если бы возбуждение с одного волокна передавалось бы на другое, то а) мы не могли бы сгибать отдельных пальцев, так как импульс, идущий от нервного центра, распространялся бы на всю конечность; б) нельзя было бы чувствовать раздражения в одной точке тела, а ощущение передавалось бы всему телу; если, например, мы прикоснемся с закрытыми глазами к какой-нибудь точке своего тела, то возбуждение через соответственные нервные окончания передается в нервные центры, и мы получаем впечатление прикосновения к определенной точке тела. Если бы возбуждение распространялось и на другие волокна, то мы бы почувствовали возбуждение всего тела; в) то же самое можно сказать и по отношению к глазу: если мы видим световую точку, то это значит, что свет возбуждает определенную точку сетчатки, т. е. определенное нервное окончание волокна зрительного нерва: возбуждение по этому волокну передается к центрам, и получается впечатление светящейся точки. Если бы возбуждение передавалось с одного волокна на другое, то мы не могли бы получить впечатление светящейся точки, а видели бы свет, рассеянный по всему пространству.

3) Третье свойство нервов, как проводников, — это *обоюдостороннее проведение*; каждое нервное волокно, другими словами, каждый отросток нервной клетки может проводить возбуждения и в том, и в другом направлении. Доказать это гораздо труднее, потому что в нормальных условиях проведение возбуждения наблюдается в одном лишь направлении, так как на нерв в организме падает возбуждение только с одного какого-либо его конца.

Первое доказательство обоюдосторонней проводимости дал Дюбуа Реймон при изучении электрических явлений на нерве, характеризующих его деятельное состояние. Он сделал следующий опыт. Концы нерва (чувствующего или двигательного, безразлично, чистого или смешанного) соединяли с гальванометрами и раздражение прикладывалось к срединной точке нерва. На обоих гальванометрах наблюдалось отклонение стрелки, другими словами, на обоих концах нерва появлялся так называемый «ток действия», характеризующий деятельное состояние его. Следовательно, нерв проводит электрические изменения («ток действия») в том и другом направлении. Это явление как бы противоречит нормальным условиям. В самом деле, двигательные волокна получают возбуждение только с центрального своего конца, в нервных центрах, и проводят

импульсы к периферии; чувствующие же волокна, возбуждаясь только на периферии в концевых аппаратах, несут возбуждение к нервным центрам. Таким образом, нервное волокно на своем протяжении не раздражается в естественных условиях. Но бывают случайные раздражения нервов в какой-нибудь не концевой их точке. Если случайно надавить двигательное волокно, то происходит сокращение соответствующей мышцы. Возбуждение при этом может пойти в другом направлении — к телу нервной клетки, но здесь оно задерживается, потухает и не производит никакого эффекта на организм. Подобно тому и в чувствующей сфере: если раздражать где-нибудь по длине чувствующий нерв, то возбуждение восходит в нервные центры и вызывает известные ощущения; а придя в другом направлении к периферии — не вызывает здесь никакого эффекта. Правда, ушиб в локте вызывает «мурашки» в пальцах, но это дело нервных центров. Как мы увидим дальше, всякое возбуждение нервных центров переносится нами, благодаря психическому акту, на периферию.

Итак, по наблюдениям Дюбуа Реймона, электрические реакции при возбуждении нерва происходят в обоих концах его. Однако к электрическим реакциям физиологи всегда, нужно сказать, относятся скептически, и для них доказательство Дюбуа Реймона казалось неубедительным. Они возражали, что здесь, быть может, электрические явления ничего не говорят о течении собственно физиологического возбуждения. Надо было доказать двустороннюю проводимость не посредством гальванометра, а при помощи прямого физиологического опыта. Это и было сделано в более наглядном опыте московским гистологом, отчасти и физиологом, Бабухиным. Он исследовал с гистологической стороны рыбу *Malapterurus electricus* (электрический сом, водящийся в Ниле). У нее под кожей, по всей длине тела, тянется длиннейший электрический орган, составленный как бы из столбов, разделенных на ящички. К этому органу от громадной нервной клетки, лежащей в головном мозгу, идет одно макроскопическое волокно, один осевой цилиндр, состоящий из множества фибрилл, который ветвится, подходя к органу, и распространяется в нем. В виду этого обстоятельства — ультрамикроскопичности фибрилл — Бабухин сделал предположение, что они внутри осевого цилиндра могут быть не изолированы. Он разделил нервное волокно с нервным центром перерезкой и таким путем лишил связи с последним электрический орган (рис. 20). Затем вырезал среднюю часть этого органа. Изолировав одну из веточек нерва, подходящую к нижней части, и раздражая ее электрическим током, он получал разряд не только в ниж-

ней, но и в верхней части органа. Следовательно, возбуждение по изолированной веточке может идти в необычном для двигательного нерва центrostремительном направлении (ибо волокна электрического органа — двигательные) и тогда, дойдя до общего нервного ствола, оно передается на другие фибриллы. Последние проводят возбуждение уже в центробежном направлении, что и ведет к разряду электрического органа как в нижней, так и в верхней частях. Это нисколько не противоречит закону изолированного проведения возбуждений по нерву. Закон этот относится к нервным волокнам, т. е. он говорит, что аксоны проводят возбуждение изолированно, а внутри одного и того же аксона передача с одних фибрилл на другие возможна.

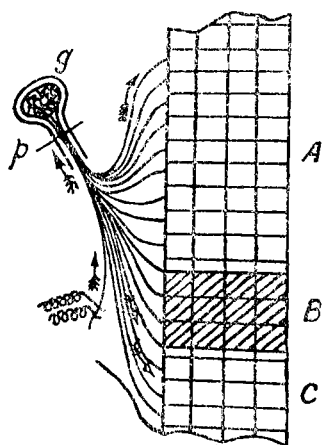


Рис. 20. Схема электрического органа *Malapterurus*.

g — нервная клетка, отдающая волокна к электрич. органу (A — C); p — место перерезки нервного ствола. B — часть электрического органа, вырезанная для опыта.

сокращается и другая. Это не может быть объяснено вмешательством нервных центров, ибо сообщение с нервными центрами прекращено и из нервных центров возбуждение сюда придти не может; но волокно нерва делится на волокна, а каждое из них дает фибриллы, идущие к отдельным мышечным волокнам; когда раздражается в одной полоске мышцы какая-нибудь из фибрилл, то возбуждение по ней, распространяясь и в ту, и в другую стороны, передается через сообщающиеся с ней фибриллы другой мышечной полоске.

Существует еще закон специфичности энергии нервного волокна, т. е., например, зрительный нерв передает только зрительные впечатления, слуховой нерв — слуховые и т. п. Но на этом мы здесь не останавливаемся, так как это, в сущности, относится не к нервам, а к нервным центрам.

Несколько позже после Бабухина положение о двусторонней проводимости нерва доказал на лягушке Кюне (в 1859 году). М. *gtacilis* лягушки можно удобно разделить на две полоски, так, чтобы полоски сообщались между собою лишь при посредстве нервной веточки. Если предварительно разобшить осевой цилиндр с нервными центрами и раздражать одну полоску мышцы, то

Скорость распространения нервного возбуждения

Казалось бы, что вопрос о том, с какой скоростью нерв проводит возбуждение, не мог быть разрешен экспериментально, так как здесь дело шло об определении скорости распространения по нерву невесомого, неуловимого, неосязаемого и вообще неизвестного самого по себе агента — возбуждения. Тем более, что в ученом мире раньше существовал взгляд на процессы проведения возбуждения по нерву как на явления, протекающие неизмеримо быстро.

Иоганн Мюллер, например, думал, что скорость нервного проведения равна скорости распространения света и, следовательно, при малой длине нервного волокна вообще неизмерима. Но через шесть лет после заявления Мюллера его ученик Гельмгольц произвел опыт (в 1850 г.), поразивший не только физиологов, но и весь мыслящий мир. Он измерил скорость проведения возбуждения по нерву и доказал, что скорость эта очень мала: вместо 300 000 километров в 1 сек., она оказалась равной приблизительно тридцати метрам (около 15 саж.) в 1 сек., т. е. ниже, чем скорость распространения звука в воздухе, не говоря уже о скорости света или электричества. Такая малая скорость вызвала недоверие среди ученых, тем более что Гельмгольц дал доказательство при помощи своеобразного метода, мало понятного для физиологов. Это — так называемый гальванометрический способ (в отличие от миографического, примененного Гельмгольцем же два года спустя).

Гальванометрический способ Гельмгольца для определения скорости распространения возбуждения в нерве

Для решения вопроса Гельмгольц употребил двуплечный рычаг (А), плечи которого могут поочередно опираться то на одну, то на другую стойку (рис. 21). С одной стороны плечо (правое) служит для раздражения нервно-мышечного препарата, а с другой — (левое плечо) — для измерения времени. Задача заключалась, по плану Гельмгольца, в следующем: в известный момент нерв получает раздражение, и этот момент принимается за начальный; конечным же моментом следует принять тот, когда мышца начнет сокращаться. Промежуток времени между этими моментами нужно измерить. И если нерв проводит возбуждение, вообще говоря, с измеримой скоростью, то должна получиться разность в промежутках времени при раздражении нерва в точке, дальше отстоящей от мышцы, и при раздражении того же нерва в точке, ближе лежащей к мышце, т. е. $T - T^1 = t$, где T — промежуток времени

от момента раздражения в отдаленной точке нерва до момента сокращения мышцы, а T' — тот же промежуток для раздражения близлежащей точки.

По смыслу задачи возразить нечего. В двух опытах *caeteris paribus* возбуждению приходится пройти по нерву в одном случае большее расстояние, чем в другом. Пусть даже мышца имеет скрытый период, но так как в обоих опытах все условия остаются одинаковыми, то на конечный вывод это обстоятельство влиять не будет. Вся трудность задачи лежала в способе измерения промежутков времени.

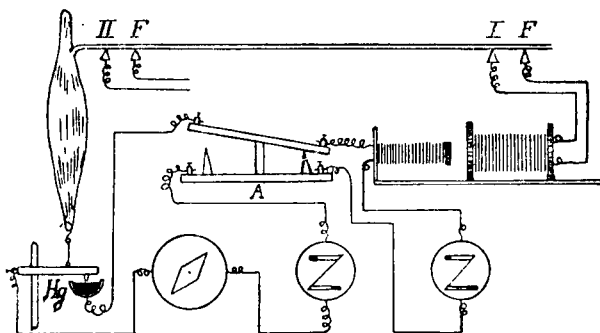


Рис. 21. Схема определения скорости распространения возбуждения гальванометрическим способом.

I и II пары электродов соединяются с вторичной катушкой при посредстве вишпы (на рисунке не показана).

Гельмгольц воспользовался наблюдениями французского физика Пулье над влиянием времени замыкания гальванического тока на величину отклонений стрелки гальванометра и развил отсюда особый метод для измерения чрезвычайно малых промежутков времени, исходя из того положения, что если на стрелку гальванометра постоянный ток действует не долго, то отклонения ее пропорциональны времени действия тока. По величине отклонения стрелки можно определить время, в течение которого времеизмерительный ток был замкнут. Если в одном случае ток был замкнут, например, 0,001 сек., а в другой раз 0,002 сек., то во втором случае угловое отклонение стрелки гальванометра будет в два раза больше, чем в первом.

Перед Гельмгольцем встал вопрос, как воспользоваться данными Пулье для разрешения данной физиологической задачи. Что вопрос был не из легких, видно из того, что Дюбуа Реймон, председательствовавший в научном заседании, где Пулье делал свое сообщение, высказал предположение, что

этим методом возможно было бы определить скорость проведения нервной возбудимости, но, однако, сам он не видел способа, как это осуществить на деле. И лишь через несколько лет выполнил эту задачу Гельмгольц.

Схема его классического опыта заключается в следующем: один полюс электрической батареи (рис. 21) через стойку и одно плечо рычага (правое) соединяется с первичной катушкой, другой полюс той же батареи соединяется прямо с первичной катушкой. Электроды от вторичной катушки приводятся в контакт сперва с верхним концом нерва в точке F . К мышце прикрепляется металлическая пластинка, имеющая внизу штифт, погружающийся в ртутную чашечку; последняя через плечо рычага и стойку соединяется с другой батареей, второй полюс которой соединен с металлической пластинкой под мышцей, причем на пути этого последнего соединения введен гальванометр. При состоянии цепей, какое указано на вышеприведенной схеме, т. е. когда правое плечо рычага опущено, первичная цепь замкнута, и только в ней циркулирует ток, а мышца находится в покое, так как нерв не получает никаких раздражений. Опустим теперь левое плечо. Тогда первичная цепь разомкнется, вторичная катушка пошлет к нерву размыкательный индукционный удар, и в то же самое время замкнется левая цепь с гальванометром, в которой ток будет циркулировать, отклоняя стрелку гальванометра лишь до того момента, пока возбуждение по нерву не дойдет до мышцы. Ибо в этот момент сократится мышца и потянет за собой пластинку со штифтом, погруженным в ртуть. Штифт выйдет из ртути, цепь разомкнется и прекратится действие электрического тока на стрелку гальванометра. Таким образом, по отклонению стрелки мы можем определить время, в течение которого действовал постоянный ток левой цепи, а вместе с тем, значит, и время, в течение которого возбуждение, родившееся под влиянием размыкательного индукционного тока в нерве в точке F , достигнет мышцы и вызовет ее сокращение. Пусть это время будет — T . Повторив те же манипуляции при электродах, приложенных к нерву в точке F' , получим время, за которое возбуждение из точки F' достигнет мышцы. Назовем это время через T' . Оказалось, что разность $T - T'$ — вполне измеримая величина. Гельмгольц опубликовал в своей работе скорость проведения в двигательном нерве лягушки около 27 метров в 1 сек. Полученный результат, как мы уже сказали, встретил полное недоверие в ученом мире того времени. Тогда Гельмгольц, спустя два года, повторил свой опыт и доказал правильность своего вывода, воспользовавшись другим методом, более наглядным.

Второй метод Гельмгольца для определения скорости проведения возбуждения в нерве

Этот способ носит название *миографического* и заключается в следующем.

К нерву прикладываются две пары электродов, одна вверху, другая внизу. Мышечное сокращение записывается на быстро вращающемся цилиндре, который приводится в движение часовым механизмом для равномерного хода, а чтобы знать, с какой скоростью цилиндр вращается, на цилиндре же записывают колебания определенного камертона (рис. 22).

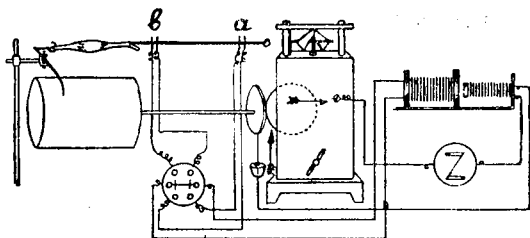


Рис. 22. Схема определения скорости распространения возбуждения миографическим способом.

a и *b* — пары электродов соединяются с вторичной катушкой при посредстве виппы (на рисунке не показана).

В нашем воспроизведении опыта Гельмгольца мы пользуемся небольшим усовершенствованием, а именно, когда цилиндр разойдется, то в известный момент ток размыкается и замыкается посредством стержня, приделанного неподвижно к цилиндру и проходящего при каждом обороте через ртутную чашечку. Это будет момент раздражения. Так как замыкание и размыкание очень близки друг к другу, то на нерве замыкательный и размыкательный удары сливаются в одно раздражение. Один раз нерв раздражается через электроды, приложенные вверху (*a*), другой раз внизу (*b*). Для большей успешности опыта обе пары электродов вводят в цепь поочередно при помощи коммутатора. В первичной цепи ток идет от элементов через первичную катушку, ртутную чашку, стержень и ось цилиндра. Так как электрический ток распространяется с чрезвычайной скоростью, то времени соприкосновения стержня с ртутью достаточно для того, чтобы ток возвратился по проволоке от оси к элементу.

Уже из мышечной физиологии нам известно, что если к мышце приложить раздражение, то она сокращается не сразу.

И здесь мы встречаемся с этим же явлением. Проходит некоторый момент скрытого раздражения (рис. 23). Затем мышца начинает сокращаться и пишет кривую. Положим, что первое раздражение было приложено к точке нерва, более удаленной от мышцы. Во второй раз нерв получает раздражение в точке, ближайшей к мышце, и мышца начинает писать вторую кривую. При этом сокращение начинается скорее. Первая мышечная кривая запаздывает по сравнению со второй. Следовательно, нужно заключить, что разница в запаздывании возбуждения идет на проведение возбуждения по нерву. Надо вычислить, чему соответствует эта разница. Для этого нужно измерить расстояние между началом сокращения в двух кривых. Но вместо того, чтобы искать начало сокращения, можно измерить расстояние между параллельными кривыми. Это расстояние будет соответствовать известному числу колебаний камертона. И таким образом определяется разница во времени.

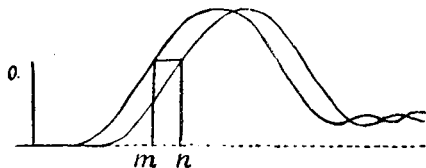


Рис. 23. Измерение скорости распространения возбуждения путем анализа миографических кривых.

Положим, что это расстояние соответствует 0,003 сек. Надо отнести к длине нерва в 8—10 см (на наших травяных лягушках самый длинный нерв достигает не более 5 см, на зеленых больше). Нетрудно высчитать, какой путь возбуждение прошло бы в 1 сек.

$$8 \text{ см} : 3/1000 = \text{около } 27 \text{ м.}$$

Трудность этого опыта заключается в том, что требуется записать два возбуждения вполне параллельно друг другу, так чтобы миографические кривые были лишь смещены, но были бы геометрически тождественны или, как говорят, были бы конгруэнтны. Конгруэнтность кривых в опыте нелегко получить, так как раздражительность нерва вверху и внизу неодинакова, и надо отыскать экспериментальным путем силу раздражений, дающих одинаковых эффект.

Из всего вышеизложенного видно, что первый способ (гальванометрический) гораздо точнее — он дает возможность с значительно большей точностью определять малые промежутки времени. Второй способ (миографический) — более наглядный.

Для измерения скорости проведения возбуждения по нерву у человека Гельмгольц применил только второй способ. Он

производил свои опыты вместе со своим учеником, русским физиологом Бакстом.

На цилиндре записывали сокращение мышцы большого пальца руки. Один раз раздражался п. medianus в подмышечной впадине (в plexus brachialis), в другой раз он же в сочленении кисти руки. Чтобы рука не дрожала и другие мышцы не принимали участия в писании кривых, она помещалась в гипсовую повязку с отверстиями для прохождения электродов. И здесь одна мышечная кривая запаздывала по сравнению с другой.

Для двигательных нервов человека получилась средняя цифра в 33 м в 1 сек. (у лягушки 26,5—27). И в том, и в другом случае скорость проведения можно принять почти одинаковой, тем более, что проведение зависит от температуры; с понижением температуры скорость проведения понижается и, наоборот, с увеличением температуры — повышается.

Гельмгольц с Бакстом пытались определить скорость проведения и для чувствующих нервов человека. Чувствующий нерв также раздражается последовательно в двух местах, ближе и дальше от нервных центров. Испытуемый субъект, получая импульс, производил то или другое рефлекторное движение. Казалось бы, что разница в промежутках времени между моментом раздражения и ответной реакцией в том и другом случае падает исключительно на условия проведения возбуждения по чувствующему нерву. Но оказалось, что когда в дело вмешивается центральный акт, то результаты получаются не такие постоянные, цифры колеблются в широких пределах, потому что в этом случае время реакции зависит не только от длины чувствующего нерва, но и от процессов передачи возбуждения в нервных центрах, а эти процессы, как увидим, весьма сложны и мало постоянны. Здесь оказывает влияние время приложения раздражения, состояние внимания и другие побочные обстоятельства.

Гельмгольц определил среднюю скорость проведения по чувствующему нерву в 30 м в 1 сек., что весьма вероятно, так как нервы, как проводники, построены всюду одинаково. Позднее другие физиологи определяли скорость проведения возбуждения в чувствующих нервах до 94 м в 1 сек. Но это менее вероятно.

При всех расчетах относительно скорости проведения возбуждения в нервной системе эта скорость, как в двигательных, так и в чувствующих нервах, исключая время проведения в центральной нервной системе, принимается равной 30 м в 1 сек.

Со времени Гельмгольца начались измерения времени всевозможных реакций центральной нервной системы — наступила новая эпоха времениизмерительных опытов.

Впоследствии легко стало делать опыты, когда были разработаны методы.

У всех позвоночных скорость проведения можно считать одинаковой. По предложению Дюбуа Реймона, профессор Н. Е. Введенский произвел измерение скорости проведения возбуждения в нерве у жабы (в 1880 году в Берлине). Предполагалось (Сакс), что у нее, как у животного с крайне вялыми движениями, скорость проведения возбуждения меньше, чем у лягушки. Но оказалось, что скорость проведения одинакова как у лягушки, так и у жабы. У беспозвоночных встречается и меньшая скорость, так, например, Фредерик нашел у крабов скорость около 7 м в 1 сек.; среди моллюсков скорость проведения выражается в 8—10 или 12 м, так как есть моллюски более подвижные и более вялые. В общем скорость проведения возбуждения у беспозвоночных ниже, чем у позвоночных.

РАЗДРАЖИТЕЛЬНОСТЬ НЕРВОВ

Раздражители нервов

Как уже было сказано выше, нервы обладают способностью возбуждаться в любой точке. Этим свойством физиологи много занимались, полагая через то подойти ближе к раздражительности нервов вообще и косвенно к раздражению нервных центров.

Нерв можно возбуждать разными способами: электрическими токами, механическими, термическими и химическими раздражителями. Все эти воздействия вызывают возбуждение нерва.

Электрические раздражители

Для раздражения нерва пользуются индукционными и постоянными токами.

Действие постоянного тока на нерв сложнее, но с ним полезно познакомиться в начале, так как с помощью его можно наглядно доказать следующий основной закон нервной возбудимости, установленный до Дюбуа Реймона, но получивший от последнего свою точную формулу, именно: «*нерв возбуждается быстрыми колебаниями силы или густоты тока*».

Последнее понятие, т. е. «густота тока», требует некоторого пояснения. Положим, ток на своем пути встречает проводник с большим поперечным сечением; в другой раз тот же ток встречает проводник с меньшим сечением. Сила тока рав-

няется электродвижущей силе, деленной на сопротивление. В первом случае на большее поперечное сечение распределяется тот же ток, т. е. то же количество электричества, какое во втором случае распределяется на меньшее сечение. Поэтому густота тока в первом случае будет меньше, чем во втором.

Так как наши опыты будут производиться все время на нерве, другими словами, проводник наш будет иметь постоянное сечение, то в дальнейшем речь будет идти только о силе тока.

Чтобы иметь возможность градуировать постоянный ток в силе, в нерв посылается ток от элементов через особый при-

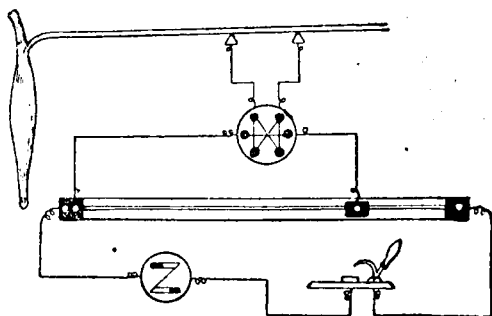


Рис. 24. Компенсационная линейка
Дюбуа Реймона.

бор — линейку, так называемый *реохорд*. Он состоит из платиновой проволоки со шкалой. Один конец проволоки соединяется с каким-нибудь полюсом батареи непосредственно, а другой конец ее соединяется со вторым полюсом батареи посредством ртутной чашечки (рис. 24), служащей для замыкания и размыкания цепи. Один конец платиновой проволоки соединяется проводником с одним из электродов, приложенных к нерву, а другой электрод соединяется с подвижным контактом, скользящим по проволоке линейки со шкалой. Если скользящий контакт поставить совсем вплотную к левой борне, т. е. на 0 см, то разность потенциалов в цепи нерва будет равна нулю, и в нерв не ответвляется никакого тока. По мере передвигания скользящего контакта вправо будет увеличиваться разность потенциалов в цепи нерва, и в нерв будет ответвляться все более и более сильный ток. Так как по длине проволока одинакова, то разность потенциалов нарастает пропорционально расстоянию контактов, т. е. при расстоянии скользящего контакта от левого конца в 1 см в нерв ответвится ток известной силы; при расстоянии между контактами

в 2; 5; 50 см и т. д. в нерв ответвляется ток в 2; 5; 50 раз и т. д. больший, чем в первом случае.

Опыт 1. Контакты поставлены вплотную друг к другу: ток к нерву не ответвляется, и нерв не раздражается.

Передвигая контакт на различные расстояния, получаем различные эффекты при замыкании и размыкании цепи:

		Замыкание	Размыкание
На 1 см		0	0
» 5 »		0	0
» 13 »		+	0
» 25 »		+	0
» 50 »		+	0
» 92 »		+	+

При расстоянии контактов в 1—10 см ответвляется столь незначительный ток, что при замыкании и размыкании цепи не получается эффекта, мышца не сокращается. При 13 см сокращение при замыкании есть, но чуть заметное. При 25—50 см — уже ясно выраженное сокращение при замыкании. Следовательно, с увеличением силы тока увеличивается и степень сокращения. Если поставить контакт на конец линейки (90—100 см), то сокращение есть и при замыкании, и при размыкании тока.

Опыт 2. Замкнем ток при положении скользящего контакта на 0 см. Сокращения нет. Медленно передвигая скользящий контакт постепенно до конца линейки так, чтобы при этом контакт не дрогнул, и тем самым увеличивая постепенно силу тока, мы не получим никакого сокращения, хотя все время ток действует на нерв. Если теперь разомкнуть ток или вновь замкнуть его, то нерв возбуждается. Если, осторожно доведя контакт до конца линейки, так же осторожно двигать его назад, до 0 см, то и в этом случае сокращения мышцы не получается.

Отсюда ясно, что нерв возбуждается только более или менее быстрыми колебаниями в силе или густоте тока, быстрыми изменениями силы раздражителя.

Этот закон имеет место по отношению и к другим способам раздражения.

Механические раздражители

Только быстрое или внезапное механическое влияние возбуждает нерв. Если же нерв подвергать медленному механическому раздражению, например, сдавливая микрометрическим винтом, то нерв можно совершенно раздавить, не вызвав видимого возбуждения. Если сразу придавить, ущипнуть или

ударить нерв, то лапка сокращается. Целым рядом частых механических ударов по нерву можно привести мышцу в тетанус. С этой целью Гейденгайн построил особый прибор, так называемый «тетаномотор» (рис. 25). Под влиянием тока колеблется молоточек из слоновой кости и ударяет по нерву, лежащему ниже, на изолированной пластинке из кости. Нерв

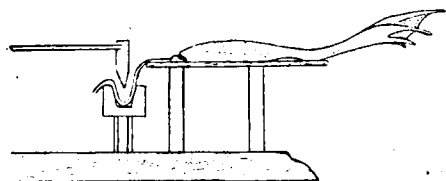


Рис. 25. Механическое раздражение нерва тетаномотором Гейденгайна.

возбуждается здесь не электрическим током, а механическими ударами, так как благодаря изоляции ток не доходит до нерва.

Термические раздражители

Быстрые колебания температуры также возбуждают нерв. Например, прикосновение к нерву раскаленной иглой или нагретой стеклянной палочкой вызывает возбуждение нерва. Точно так же и быстрое замораживание нерва ведет к возбуждению его. Но понятно, что термические и механические раздражения, приложенные к нерву, быстро убивают его, и нерв, следовательно, теряет способность дальнейшего раздражения. Термические раздражители ввиду этого очень редко применяются, механическими же раздражителями иногда пользуются для контрольных опытов.

Химические раздражители

Наиболее употребительный способ химического раздражения нерва заключается в следующем: нерв погружают в насыщенный раствор поваренной соли. При этом нерв обнаруживает возбуждение не моментально, а лишь через некоторый промежуток времени, т. е. имеется также скрытый период возбуждения. Вместе с тем, когда химический раздражитель начнет действовать, процесс возбуждения идет все-таки толчками: сначала заметны слабые и редкие сокращения, отдельные вздрагивания мышцы, затем эти сокращения усиливаются и учащаются и, наконец, препарат впадает в тетанус. Пока

тетанус слабый, превалируют мышцы-сгибатели, а потом с усилением тетануса начинают превалировать мышцы-разгибатели (как и при тепловом ожоге).

Вообще говоря, средние соли щелочных металлов в более сильной концентрации раздражают нерв. Возможно предположить, что это происходит просто благодаря отнятию воды. Все водоотнимающие вещества, в том числе и глицерин, возбуждают нерв. И прямо от подсыхания самого нерва мышца начинает сокращаться. Что действительно, возбуждение в данном случае обуславливается подсыханием, видно из того, что возбуждения, а вместе с тем и сокращения мышцы, исчезают, как только нерв смочить физиологическим раствором (6 : 1000).

Таким образом, возможно предполагать, что здесь мы имеем дело не с истинно химическим раздражением. Однако существуют другие химические раздражители, где подобному сомнению нет места. Например, щелочи (NaOH) и в малых концентрациях (1—1,5% раствор) возбуждают нерв. Кислоты в качестве возбудителей нерва нужно брать в большей концентрации, чем щелочи.

Соли тяжелых металлов так же, как и аммиак (NH_3), убивают нерв, не производя видимого возбуждения его.

Впрочем, если аммиак и соли действуют на нерв недолго и будут смыты с нерва, то нерву опять возвращается способность возбуждаться. Имеется лишь как бы временное обмирание, своего рода наркоз нерва. В действии аммиака на нерв и мышцу наблюдается разница: в то время как NH_3 парализует нерв, мышца под влиянием аммиака приходит в сокращение. То же действие производит фенол или карболовая кислота.

Может казаться, что химические раздражители вызывают продолжительное непрерывное возбуждение нерва, в противоположность электрическим и другим раздражителям, при которых возбуждение представляет из себя колебательный, ритмический процесс. Но, несомненно, и здесь дело сводится к тому же самому, т. е. процесс возбуждения идет толчками.

При изучении действия различных раздражителей необходимо иметь в виду не только их возбуждающее влияние на нерв, но и обратное явление торможения эффекта. Иногда отсутствие сокращения при том или другом раздражении не может служить показателем того, что нерв не возбуждается, но видимый нулевой эффект может являться результатом скрытого угнетения в тех или других аппаратах, косвенно влияющих на возбуждение нерва.

ДЕЙСТВИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА НЕРВ

Закон сокращений или закон Пфлюгера

Действие постоянного тока на нерв отличается большой сложностью: мы уже видели, что постоянный ток в качестве раздражителя действует на нерв в момент замыкания и размыкания. Но если брать токи различной силы, то иногда при сильных токах эффекта не получается, тогда как при слабых он есть, и, наоборот: иной раз тот же самый ток, но при различном расположении электродов дает неодинаковые эффекты. Долгое время эти явления путали физиологов, и послед-

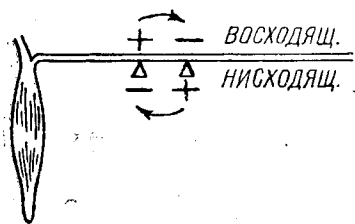


Рис. 26. Восходящее и нисходящее направление раздражающего тока.

ние не видели в них никакой закономерности. Наконец, Пфлюгер разобрался в этой сложной зависимости сокращения от силы и направления тока и дал закон, который и носит название *закона сокращений*, или *закона Пфлюгера*. Это один из важных законов физиологии, незывомо установленный и составляющий громадную заслугу Пфлюгера.

Постоянные токи некоторой средней силы вызывают сокращение лягушечьей лапки как при замыкании, так и при размыкании тока, независимо от направления его. Если взять ток слабее, то сокращение наблюдается лишь при замыкании тока.

При очень сильных токах сокращение происходит или только при замыкании, или только при размыкании тока, в зависимости от того или другого направления тока.

Пфлюгер различал слабые, средние и сильные токи, восходящего и нисходящего направления.

Если на нервно-мышечном препарате к нерву приложены электроды, так что положительный электрод (+) находится ближе к мышце (внизу), а отрицательный электрод (—) дальше от нее (вверху), то направление тока называется *восходящим* (рис. 26).

При обратном расположении электродов — направление тока называется *нисходящим*.

И оказывается, что для возбуждения сильными токами имеет громадное значение направление токов. При восходящем направлении сокращение получается только в момент

размыкания, при нисходящем токе — только в момент замыкания.

Пфлюгер дал следующую таблицу сокращений и объяснил ее.

Т о к	Восходящий		Нисходящий	
	замык.	размык.	замык.	размык.
Слабый	+	0	+	0
Средний	+	+	+	+
Сильный	0	+	+	0

Надо начать рассмотрение с того, что происходит при возбуждении нерва постоянным током на одном полюсе и что на другом. Представим себе нервно-мышечный препарат и приложенные к нему электроды сначала в нисходящем направлении, а затем в восходящем. *При замыкании тока возбуждение нерва появляется у того электрода, где находится катод, т. е. на отрицательном полюсе, а на аноде во время прохождения постоянного тока проводимость и раздражимость угнетены или вовсе уничтожены.*

При нисходящем токе какой угодно силы волна возбуждения, родившаяся на катоде, не встречает на своем пути к мышце никакого препятствия. При восходящем токе (для слабых токов) волна возбуждения, вышедшая из катода, встречает угнетенную раздражимость на аноде, но так как слабый ток не вызвал сколько-нибудь значительного изменения в проводимости, то возбуждение, хотя и несколько ослабленное, дойдет до мышцы. При очень сильном восходящем токе мышца не сокращается в момент замыкания, так как волна возбуждения, появившаяся на катоде и идущая к мышце, не может пройти через место приложения анода, где в это время возбудимость и проводимость сильно угнетены.

При размыкании тока возбуждение рождается там, где был анод, а на катоде в это время происходит угнетение проводимости и возбудимости. При слабых токах в момент размыкания мышца остается в покое, так как возбуждение, появившееся на аноде, слишком слабо и недостаточно для того, чтобы преодолеть инертность нерва (при восходящем направлении) или пониженную возбудимость нерва (при нисходящем направлении). При сильных токах, возбуждение, родившееся на аноде, в случае восходящего направления беспрепятствен-

но доходит до мышцы и вызывает ее сокращение; в случае же нисходящего направления тока сокращение при размыкании не появляется, так как возбуждение, возникшее на положительном полюсе, на пути своем к мышце встречает чрезвычайно пониженную возбудимость и проводимость там, где был катод.

Действие средних токов объясняется по этому закону тем, что, с одной стороны, угнетение проводимости и возбудимости не столь значительно, чтобы задержать волну возбуждения и, с другой стороны, вызванное этими токами возбуждение достаточно для того, чтобы преодолеть инертность нерва или угнетенность его.

Изменения в нерве под влиянием электрического тока носят название «*электротона*», изменение нерва, происходящее на аноде, носит название «*анэлектротона*», подобные же изменения на катоде — «*катэлектротона*». Отсюда Пфлюгер так формулировал основной закон нервного возбуждения: «*Нерв возбуждается исчезающим анэлектротонном или возникающим катэлектротонном*». *«Исчезающий анэлектротон возбуждает нерв, при прочих равных условиях, слабее, чем возникающий катэлектротон».*

В высшей степени важно уяснить себе этот закон во всех деталях. Он имеет общее значение не только при действии постоянных токов на нерв, но и при возбуждении последнего токами индукционными. Если электроды от вторичной цепи приложены к нерву в восходящем направлении (т. е. плюс ближе к мышце), то сокращение мышцы наступает позже, чем в том случае, если электроды имеют обратное расположение (т. е. минус ближе к мышце, а плюс дальше). В последнем случае сокращение наступит раньше, — очевидно возбуждению надо пройти меньшее расстояние по нерву, — это показывает, что и при индукционных токах возбуждение рождается на катоде. На мышце происходит то же самое: если мышцу раздражать прямо, т. е. предварительно кураризовав ее, то наблюдается идиомускулярное, или местное, сокращение мышцы около электродов, и благодаря этому можно проследить, что возбуждение не возникает сразу во всех точках, а следует прежнему закону, т. е. в момент замыкания цепи возбуждение рождается в области катода и распространяется отсюда уже путем проведения на остальную часть мышцы. Точно так же в момент размыкания цепи возбуждение появляется сначала на аноде и затем распространяется дальше.

Итак закон Пфлюгера имеет общее значение не только для постоянных, но и для индукционных токов, как для нерва, так и для мышцы.

Электротонические изменения

Пфлюгер, этот выдающийся работник и талантливый исследователь, нашел при изучении вышеуказанной закономерности некоторые наводящие факты. Именно, когда на нерв действует постоянный ток, то изменения в нерве происходят не только в момент замыкания и размыкания тока, но и некоторое время спустя. Когда замкнем ток, то около катода развивается и держится некоторое время повышенная раздражимость и проводимость, а на аноде — пониженная возбудимость; эти так называемые электротонические изменения возбудимости распространяются на некоторое расстояние вне обоих электродов в экстраполярной и интраполярной части нерва, постепенно падая в ту и другую сторону от электродов. Между электродами существует индифферентное пространство, в котором нерв не подвергается электротоническим изменениям.



Рис. 27. Схема электротонических изменений возбудимости.

При размыкании цепи происходит как раз обратное: около катода наблюдается временно пониженная возбудимость и проводимость, а на аноде — повышенная. Пфлюгер заключил, что в самый момент замыкания и размыкания вышеуказанные явления действуют в наиболее резко выраженной форме.

Электротонические изменения в нерве демонстрируются следующим опытом (рис. 27).

Через верхний участок нерва пропускается постоянный ток. При этом употребляются особые неполяризующиеся электроды, приготовленные из глины, замешанной на физиологическом растворе хлористого натрия. Между нижним электродом и мышцей прикладывают электроды, проводящие индукционный ток. Опыт начинают с определения раздражительности нерва индукционными токами до пропуска постоянного тока. Для этого вторичную катушку постепенно приближают к первичной, посылая в то же время индукционные удары в нерв. Отмечают расстояние между катушками, при котором индукционные удары только что начинают вызывать слабые сокращения лапки, — иными словами, определяют порог раздражения. Прекратив индукционный ток, пропускают некоторое время через нерв постоянный ток нисходящего направления, т. е. когда катод будет ближе к мышце. Под влиянием постоянного тока на катоде и в соседних с ним частях

нерва (а, следовательно, и в тех частях, где прикладываются электроды, приводящие индукционный ток) развивается повышенная раздражимость и проводимость — это обнаруживается тем, что, пропуская теперь индукционные токи, близкие к порогу раздражения, вызывают уже не слабые сокращения, а сильный тетанус. Но как только индукционный ток прекратится, мышца моментально расслабляется. Следовательно, при действии одного постоянного тока не получается никакого эффекта. Индукционный ток, близкий к порогу раздражения, при размыкании постоянного нисходящего тока не дает эффекта, так как на катоде при размыкании развивается пониженная чувствительность, благодаря исчезающему катэлектротону. Если теперь снова катод возобновит свое действие около раздражающего индукционного тока, возбуждение нерва опять повышается. Слабый индукционный ток и катэлектротон дают вместе эффект, и притом усиленный по сравнению с одним индукционным током. Явление это называется *«катэлектротоническим повышением раздражительности»*.

Затем нерву дают отдых: нерву необходимо дать успокоиться, так как прежнее раздражение произвело в нем изменения, которые остаются сравнительно долгое время по размыкании цепи и таким образом могут запутать явления, происходящие при токах обратного направления, если их исследовать непосредственно вслед за первым опытом.

Изменяя направление тока и делая его восходящим, мы переместим анод в соседство с электродами раздражающего тока. Замыкают постоянный ток, и под влиянием его развивается на аноде пониженная раздражимость и проводимость. Если теперь пустить индукционный ток прежней силы, то сокращения никакого не произойдет. Чтобы вызвать в этих условиях сокращение, нужно сблизить катушки гораздо значительнее. Если разомкнуть постоянный ток, то сокращение от индукционного раздражения сразу усилится, так как исчезает анэлектротоническая депрессия возбудимости нерва, и исчезающий анэлектротон сам по себе действует возбуждающе: индукционный раздражитель будет теперь суммироваться с раздражением от исчезающего анэлектротона.

Если довольно сильный постоянный ток действовал в восходящем направлении на нерв более долгий промежуток времени, от $\frac{1}{2}$ до 1 минуты, то при размыкании цепи может получиться тетаническое сокращение, так называемый *«ритте-ровский размыкательный столбняк»*. Иногда при замыкании постоянного тока (непреренно нисходящего) на особенно раздражительном двигательном нерве получается *«замыкательный тетанус»*.

Необходимо при производстве подобных опытов всякий раз дать нерву успокоиться от предыдущих изменений, так как без принятия таких предосторожностей рассматриваемые явления могут иметь беспорядочный и противоречивый характер. Кроме того, последующими наблюдателями после Пфлюгера была введена поправка в то основное положение, что на катоде при замыкании цепи действует повышенная раздражимость и проводимость. Было замечено, что при продолжительном действии катода повышенная сначала возбудимость на катоде может перейти в пониженную и даже в совершенное подавление раздражимости и проводимости. Затем, по наблюдениям проф. Вериго, при действии на нерв сильных токов на катоде при замыкании довольно скоро, через несколько минут, происходит понижение проводимости и падение раздражимости и даже развивается полное подавление или непроводимость нерва. Это так называемая «*катодическая депрессия*». На ослабленных или измененных так или иначе нервах эти явления особенно легко вызываются. Следовательно, на катоде повышенная возбудимость держится не бесконечно; сначала нерв на катоде перевозбуждается, а потом переходит в угнетенное состояние.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

О деятельном состоянии нерва судят по действию его на мышцы, органы чувств, железы и нервные центры и другие физиологические показатели. В то время как о деятельности, например, слюнной железы можно заключить по слюноотделению, по структурным изменениям ее клеток, по изменению температуры и пр., о каких-нибудь видимых изменениях в нерве говорить не приходится. Сам нерв при ближайшем исследовании, оказывается, не представляет при своей деятельности никаких изменений, кроме электрических. В нем не развивается, например, теплота даже при продолжительном тетанизировании, как это установлено при помощи необычайно чувствительных термоэлектрических столбиков.¹ Физиологи пользуются электрическими явлениями в нерве, как единственной реакцией, обнаруживающей деятельное состояние нерва прямо, а не посредством косвенных показателей, вроде мышцы или железы, которые могут ведь и не вполне точно воспроизводить возбуждения, идущие с нерва, ибо они сами обладают своими особыми свойствами возбудимости.

¹ В настоящее время показано, что при возбуждении нерва, а также одиночного нервного волокна возникает небольшое количество тепла, которое было не измеримо приборами начала XX века. (Прим. ред. — П. М.).

Так как в отделе мышечной физиологии не говорилось об электрических явлениях в мышце, то здесь попутно рассматриваются и последние. В связи с этим излагается ниже и учение о животном электричестве.

Физиологов и врачей давно интересовал вопрос, не принимает ли электричество какого-нибудь ближайшего участия в деятельности животного организма. Как только в физике делались успехи в изучении электричества, так сейчас же их пробовали приложить к животному организму. Прежде всего искали явлений статического электричества в организме, но не обнаруживали его, хотя и предполагали, что оно играет некоторую роль в жизненных процессах. Изучение явлений гальванического электричества привело в физиологии к очень важным выводам. Впервые вопрос о животном электричестве начал разрабатываться в конце XVIII столетия, со времен Гальвани, известного врача и ученого из Болоньи. Гальвани обнаружил способность живой ткани развивать при известных условиях электрическую энергию. Он производил опыты на лягушках (1786), а именно: брал задние конечности, снимал с них кожу и подвешивал на медном крючке к железной стойке на балконе. Он заметил, что каждый раз, как колеблющийся под влиянием ветра препарат касался железной стойки, происходило вздрагивание конечностей. Этот так называемый «балконный опыт» Гальвани можно воспроизвести, взяв небольшую дугу, состоящую из медного крючка и цинковой стойки; подвесив на крючок задние конечности лягушки за сплетения седалищного нерва и прикоснувшись стойкой к лапкам, получим вздрагивание последних.

Гальвани объяснил это явление так: в нерве и мышце существует некоторая разница электрического напряжения (разность потенциалов), а источником электрической энергии служит головной мозг; по мнению Гальвани, нервные центры через нервы заряжают мышцу, как лейденскую банку; внутренность мышцы заряжается одним электричеством, а наружная поверхность другим, и когда внутренность соединится металлическим проводником с наружной ее поверхностью, то происходит разряд, и мышца сокращается.

Известный современник Гальвани итальянский физик Вольта восстал против объяснений Гальвани. Вольта говорил, что в «балконном опыте» дело вовсе не в явлениях животного электричества, а в соприкосновении двух разнородных металлов вне физиологического субстрата; при этом всегда развивается электричество, и когда оно находит замкнутую цепь через лягушечий препарат, то происходит разряд. По мнению Вольта, в опыте Гальвани влажная живая ткань лягушечьей

лапки играет роль проводника, замыкающего цепь между двумя металлами. Чтобы подтвердить свое положение, Вольта построил элемент из двух разнородных металлов, разделенных полупроводником, и, раз напав на эту мысль, он занялся комбинированием разных металлов и, в конце концов, построил знаменитый Вольтов столб, дающий сильный электрический ток. Открытие это имело громадное значение в физике и своим величием затемнило учение Гальвани. Преклоняясь перед авторитетом знаменитого физика, представители ученого мира стали совершенно отрицать существование животного электричества.

Однако Гальвани настаивал на своем. Он подвешивал препараты на крючки, состоящие всего из одного металла, и получал прежний эффект: употреблял для соединения полюсов нервно-мышечного препарата чистейшую ртуть и всякий раз получал сокращение. Вольта упорно возражал, указывая на то, что и в этих случаях действует тот же принцип возникновения тока, так как один и тот же металл в разных частях своих не вполне однороден по своему физико-химическому состоянию, и чистейшая ртуть все же может быть не совершенно однородна. Тогда Гальвани для доказательства своего положения попытался произвести опыт, совершенно исключив какой бы то ни было металл. Этот опыт заключается в следующем.

Берется мышца с ее сухожилием, и соответствующий нерв набрасывается на препарат таким образом, чтобы он с одной стороны коснулся мышцы, а с другой стороны — сухожилия. При этом Гальвани получал слабое сокращение мышцы; другими словами, получал слабый ток. Но Вольта опять-таки приводил возражение, что и в данном случае электричество рождается благодаря разнородности по составу мышцы и ее сухожилия. Смерть Гальвани прервала его непоколебимое стремление доказать справедливость своего положения, и мысль его под влиянием Вольта была, так сказать, остановлена в своем развитии. Учение Гальвани сошло со сцены, так как не нашло серьезных последователей.

Только в 30-х годах XIX столетия Ал. Гумбольдт воспроизвел опыт Гальвани в условиях, устранявших возможность возражений, подобных возражениям Вольта. Опыт ведется так: берут мышцу или группу мышц и соответствующий нерв. Мышцы ранят, и нерв набрасывается на препарат таким образом, чтобы он упал, с одной стороны, на поверхность мышцы, а с другой стороны — на пораненное место, т. е. на поперечное сечение мышечных волокон. Для этой цели очень удобно воспользоваться нервно-мышечным препаратом икроножной мышцы лягушки.

Удачно набросив нерв на поверхность и разрез мышцы, можно получить сокращение не только одной мышцы, но и всей лапки. Осторожное набрасывание нерва исключает возможность механического раздражения мышцы и указывает на электрический характер явления.

Дальнейшее развитие вопроса о животном электричестве обязано следующему: в 20-х годах девятнадцатого столетия физик Нобили построил довольно чувствительный мультипликатор — прибор, основанный на том принципе, что магнитная стрелка, находящаяся вблизи проволоки, проводящей электрический ток, отклоняется во время прохождения тока. Отклонение стрелки тем сильнее, чем больше число оборотов проволоки около стрелки. Нобили довел число оборотов до 2000. Чтобы нейтрализовать действие земного магнетизма, под влиянием которого стрелка стремится вернуться к магнитному меридиану, Нобили употребил так называемую аstaticкую пару стрелок, т. е. поставил вторую магнитную стрелку с обратным направлением полюсов вне обмотки гальванометра и параллельно к первой, находящейся внутри обмоток, причем обе стрелки скреплены между собой неподвижно, т. е. могут отклоняться лишь вместе. Таким путем нейтрализуется действие земного магнетизма и в то же время увеличивается чувствительность прибора. Свой мультипликатор Нобили применил для исследования вопроса о животном электричестве и на лягушечьем препарате обнаружил существование электрических токов определенного направления, получивших название «лягушечьих токов» (Froschstrom).

Однако традиции Вольта еще были очень сильны в умах физиологов, они сомневались в физиологическом происхождении тока и искали условий возникновения его в физической обстановке опыта. Только в 40-х годах этот вопрос стал на твердую почву. Во Франции сделал много интересных наблюдений в этом отношении Маттеучи, но методика его была несовершенна, и Иоганн Мюллер в Берлине передал работу Маттеучи своему ученику Дюбуа Реймону для проверки. Дюбуа Реймон занялся основательным изучением гальванического электричества: по его собственному выражению, отклонение стрелки мультипликатора в течение 3—5 лет составляло весь его внутренний мир. И он выработал настолько безупречную методику, что исключил всякую возможность подозрений в физическом происхождении тока. Дюбуа Реймона следует назвать истинным основателем учения о животном электричестве.

Предполагая, что электрические токи в животном организме чрезвычайно слабы, он нашел нужным усилить чувстви-

тельность существующего мультипликатора и построил прибор, оставивший далеко за собой известный мультипликатор Нобили. В приборе Дюбуа Реймона имеется уже 30 000 оборотов. Трудность в достижении совершенства прибора заключалась в том, что, увеличивая число оборотов, их нужно было собрать на одном и том же небольшом пространстве, так как по мере удаления обмотки от стрелки падает действие тока на последнюю. Надо было приготовить хорошо изолированную, необычайно тонкую медную проволоку, притом совершенно чистую, не содержащую примеси железа, ибо оно, действуя на магнитную стрелку, искажает влияние электрического тока. Конечно, с уменьшением толщины проволоки возрастает в обмотке сопротивление, но это не играет особенной роли, так как животные токи встречают в самом организме большое сопротивление.

Чувствительность в приборе Дюбуа Реймона была доведена до такой степени, что с этим мультипликатором стало опасно работать. При помощи его обнаруживается ток даже при погружении двух проволок в каплю воды на стеклянной пластинке. Этим, между прочим, подтверждались воззрения Вольта. Явился вопрос, каким образом соединять этот чрезвычайно чувствительный прибор с частями животного организма так, чтобы исследовать токи, рождающиеся в самом организме. Надо было выработать электроды, не дающие сами по себе токов, т. е. совершенно однородные, не дающие поляризации и, в то же время, не вредящие животным тканям.

Неполяризующиеся электроды

Для отведения собственного тока животных тканей нельзя воспользоваться электродами даже из столь однородного металла, как платина, имеющая за собой то достоинство, что она не окисляется и не вредит тканям; к сожалению, при соприкосновении с животными тканями платиновые электроды сильно поляризуются, и это совершенно запутывает явление: первоначальный ток, обнаруженный гальванометром, будет вскоре уменьшаться вследствие развития между электродами поляризационных токов обратного направления. Действие поляризации остается и по выключении из цепи первоначально-го источника электровозбудительной силы, — физиологического ли то препарата или физического элемента: если, например, некоторое время действовал на нерв через платиновые электроды постоянный ток, то после удаления из цепи батареи при замыкании и размыкании цепи лапка лягушечьего препарата будет вздрагивать, так как на месте соприкосно-

вения электродов с нервом получают электролиты, ведущие к поляризации, т. е. к возникновению вторичных электровозбудительных сил от предыдущего электролиза. Чтобы избежать этих вредных явлений поляризации и доказать, что ток возникает в живой ткани не исключительно от внешних физиче-

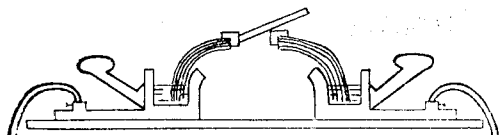


Рис. 28. Электроды Дюбуа Реймона.

ских условий, Дюбуа Реймон построил особые «неполяризующиеся» электроды. Он воспользовался следующим положением физика Реньо: если в сосуды, наполненные насыщенным раствором сернокислого цинка, опустить амальгмированные

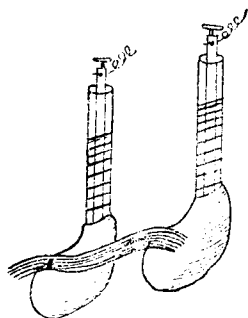


Рис. 29. Модификация электродов Дюбуа Реймона.

цинки и пару таких сосудов соединить между собою и с гальванометром, то, оказывается, такая комбинация не дает никаких признаков поляризации. Нужна была находчивость Дюбуа Реймона, чтобы эту схему применить для исследования физиологического препарата. Он взял две кюветки из амальгмированного цинка и наполнил их насыщенным раствором $ZnSO_4$, поместил в них пакки из пропускной бумаги, а сверху еще бумажный слой, пропитанный белком куриного яйца или физиологическим раствором $NaCl$, и уже на них помещал мышцу или нерв (рис. 28).

Теперь подобные электроды готовят гораздо проще: берут две стеклянные трубочки и снизу затыкают их пробками из скульптурной глины, замешанной на физиологическом растворе (для этой цели очень хороша силлурийская глина) (рис. 29). В трубочки наливают пипеткой сернокислый цинк и осторожно, чтобы не ввести пузырьков воздуха, представляющих громадное сопротивление току, вводят внутрь палочки амальгмированного цинка, соединяющиеся с мультипликатором. Глиняным пробкам можно придать какую угодно форму, и на них помещается мышца или нерв. Таким образом

животная ткань не соприкасается с металлом, и такая однородная комбинация, тщательно приготовленная, не дает поляризационных токов. Такие электроды предварительно испытывают, не дают ли они сами токов. Для этого электроды в контрольном опыте соединяют с мультимпликатором и замыкают цепь между ними, положив на них однородный проводник, например, смоченную нить или влажный глиняный цилиндр.

Собственный ток мышцы и нерва

С помощью столь совершенного метода Дюбуа Реймон твердо установил, что живая ткань действительно вырабатывает электричество, и предложил Парижской Академии Наук

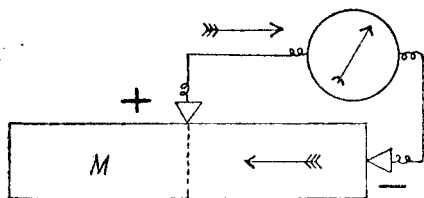


Рис. 30. Демонстрация токов покоя мышцы.

отрядить комиссию для проверки его наблюдений. Предложение его было принято, и самые ярые сторонники Вольты убедились теперь в существовании животного электричества.

Доказательство Дюбуа Реймон вел таким образом: он брал тщательно отпрепарованную мышцу с параллельным расположением волокон (например, портняжную мышцу лягушки), готовил мышечный цилиндр или призму, т. е. удалял с обоих концов мышцы сухожилия и острой бритвой делал строгие поперечные разрезы. Затем при помощи неполяризующихся электродов соединял естественную продольную поверхность и искусственное поперечное сечение мышцы с мультимпликатором. При этом всякий раз появлялся ток, идущий в наружной цепи от продольной поверхности к поперечному сечению (а в мышце — от поперечного сечения к продольному). Мышца, следовательно, дает правильный законосообразный ток: продольное сечение служит местом положительного напряжения электричества, а поперечное сечение — отрицательного напряжения (рис. 30). Воображаемое поперечное сечение мышечного цилиндра, проходящее на равном расстоянии от обоих концов его, образует на поверхности цилиндра так называемый «мышечный экватор». Самый сильный

ток получается в том случае, если соединить центр поперечного сечения с какой-нибудь точкой мышечного экватора. При соединении проводником иных точек поверхности мышцы получаются токи более слабые. Если соединить какие-нибудь две точки продольного сечения, находящиеся на равном расстоянии от мышечного экватора, или две точки, равно удаленные от центра поперечного сечения, другими словами, если электроды приложить к точкам, симметричным в отношении того или другого сечения, то никакого тока не получится, так как не будет разности потенциалов. Если приложить электроды к двум несимметричным точкам продольного сечения, ток пойдет от точки, ближе лежащей к экватору, к точке, более удаленной от него, потому что положительное напряжение на продольном сечении от своего максимума на экваторе постепенно падает к обоим концам, а ток идет в сторону убывающего положительного напряжения. Если соединить две несимметричные точки поперечного сечения, то ток направится от точки, более удаленной от центра, к точке, ближе лежащей к нему, потому что отрицательное напряжение первой точки меньше отрицательного напряжения второй.

Дюбуа Реймон проделал подобные же опыты на нерве. Если вырезанный нерв, ограниченный на своих концах поперечными разрезами, соединить посредством неполяризующихся электродов с мультипликатором, то на нерве наблюдается такое же расположение электрических напряжений, как и в мышце: максимум положительного напряжения находится на экваторе продольной поверхности, и постепенно это напряжение падает по мере приближения к поперечным разрезам, на которых сосредоточено отрицательное напряжение. Отдельных точек поперечного сечения нерва нельзя исследовать ввиду его слишком малых размеров. Самый сильный ток в нерве получается тогда, если соединить какую-нибудь точку экватора с поперечным сечением. Максимальный ток в нерве несколько слабее соответствующего тока в мышце. Можно высчитать электровозбудительную силу в том и в другом случае (с помощью буссоли Видемана и капилляр-электрометра Липмана). Для мышцы лягушки и человека она равна 0,04—0,08 вольта, для нерва несколько менее. Собственные токи мышцы и нерва, находящихся в покое, получили особое название «токов покоя» мышцы или нерва.

Отрицательные колебания в мышце и в нерве

Дюбуа Реймон нашел и в других органах электрические токи; оказывается, токи наблюдаются не только на нерве, мышце, но и на железах, на коже (кожные токи) и даже на

нервных центрах, в их покойном состоянии. Эти токи имеют законосообразное направление, правильно повторяются на препаратах за немногими мелкими исключениями, о коих здесь не место распространяться. Одним словом, животный организм есть вместилище токов, и эти токи испытывают характерные изменения во время деятельного состояния данного органа или части его. С последним явлением встретился еще Маттеучи в своих исследованиях, но он не мог его строго показать, и лишь Дюбуа Реймон обнаружил с несомненностью это важное для физиологии явление.

Если нервно-мышечный препарат поместить на неполяризующиеся электроды, так, чтобы один из них касался продольной поверхности мышцы, а другой — поперечного сечения ее, и соединить с мультипликатором, то, как уже было сказано выше, стрелка его отклонится на некоторый угол, например, до 15-го деления шкалы зеркального гальванометра. Это «ток покоя». Если теперь подвести под нерв электроды от индукционной катушки и раздражать прерывистым током, то мышца начинает возбуждаться, и вместе с тем стрелка начинает возвращаться в сторону нуля и доходит, например, до 7-го деления. Это показывает, что во время деятельности мышцы происходит ослабление тока, наблюдаемого в покоящейся мышце. Эта убыль тока покоя при раздражении получила техническое название «отрицательного колебания» (Дюбуа Реймон).

Для того чтобы устранить возможность возражения, будто изменение тока происходит вследствие каких-нибудь механических влияний, мышца в этих опытах вытягивается на особом станке, чтобы она не могла сколько-нибудь заметно передвигаться при возбуждении.

Равным образом при возбуждении одной части нерва (не только электрическими токами, но и химическими и механическими раздражителями) ток покоя нерва испытывает уменьшение, причем здесь, как и в мышце, это уменьшение исчезает, как только прекратится возбуждение.

Итак, опыты Дюбуа Реймона, помимо электрических реакций мышцы и нерва в покое, обнаружили особые электрические явления, характеризующие их деятельное состояние, так как данное явление — отрицательное колебание — служит прямым выражением его деятельного состояния. Пока нерв цел физиологически, наблюдаются отрицательные колебания. Если же нерв перевязать ниткой, нарушится физиологическая целостность его, и отрицательных колебаний не будет.

Токи покоя и отрицательные колебания можно наблюдать и на сердце. Но замечательно: если пульсирующее сердце соединить с мультипликатором, то при возбуждениях сердца,

покоя оно не поранено, токов не будет; стоит лишь поранить сердце, как в мультимпликаторе появится ток покоя, и при этом наблюдаются отрицательные колебания при каждой пульсации. Этот опыт с сердцем представляет громадный интерес для теоретического спора Дюбуа Реймона с его противниками относительно происхождения токов покоя и отрицательного колебания. Об этом речь впереди.

*Электромолекулярная теория Дюбуа Реймона
и альтерационная теория Германа (или теория изменения)*

Выше была изложена в кратких чертах история учения об электричестве в животном организме. Эмиль Дюбуа Реймон является истинным основателем научного учения о животном

электричестве, так как он доказал существование животных токов, создав при этом безупречную методику благодаря применению усовершенствованных им электродов, гальванометра, ключей и т. п. В 1848 г. он опубликовал свое знаменитое исследование о животном электричестве, которое составило ему почетное имя в мире физиологов и физиков.

Соединяя мышцы или нервы, находящиеся в покоем состоянии, с гальванометром, Дюбуа Реймон обнаруживал так называемые токи покоя. Для объяснения их он создал гипотезу, известную под именем электромолекулярной гипотезы или теории Дюбуа Реймона, сущность которой сводится к следующему:

какой бы маленький кусочек мышцы или нерва ни взять, поперечное сечение их будет электроотрицательным, а продольное — электроположительным. Отсюда можно заключить, что мышцы и нервы построены из молекул, правильно расположенных, так что средний пояс каждой молекулы заряжен электроположительно, а крайние полюса ее заряжены отрицательно (рис. 31). Подобно тому, как магнит построен из бесчисленного количества элементарных магнитов с соответственным расположением полюсов у каждой магнитной молекулы и, как во всяком магните, расположение последних дает в результате два полюса — северный на одном конце и южный

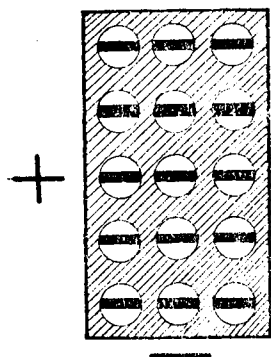


Рис. 31. Схема предсуществующих электрических зарядов молекул мышцы и нерва по теории Дюбуа Реймона.

на другом, — так и в каждом кусочке органа, мышцы или нерва, по Дюбуа Реймону, электроположительные пояса молекул суммируются на продольной поверхности, создавая здесь положительное напряжение, а электроотрицательные пояса, обращенные в каждой молекуле в стороны обоих поперечных сечений, дают в общем итоге на последних отрицательное напряжение.

Для подтверждения своей гипотезы Дюбуа Реймон брал целый ряд маленьких физических элементов, погружал их в ящик с жидкой полупроводящей средой (например, сильно разбавленной соляной кислотой) и, отводя провод от продольной и поперечной стенки ящика, получал все те токи, которые наблюдаются на нерве и на мышце.

Почему же во время деятельности мышцы или нерва токи покоя испытывают убыль в силе? Дюбуа Реймон объяснил это тем, что молекулы из правильного продольного расположения в покоем аппарате повертываются во время его деятельности. Как, чем и почему повертываются молекулы, — этого Дюбуа Реймон не объяснил. Он предположил только самый факт отклонения молекул от первоначального положения. Тогда, очевидно, относительное расположение электрических поясов изменится, и токи должны представить известное уменьшение в силе; и таким образом получаются в результате отрицательные колебания мышц или нервов.

По Дюбуа Реймону, следовательно, живые частички в организме являются носителями электричества и во время деятельности эти частички или молекулы вследствие повертывания своего должны ослаблять токи.

Дюбуа Реймон совершил великое дело, и его теория после опубликования явилась господствующей для объяснения этих явлений. Но прошло каких-нибудь десять лет, и горячим противником выступил его ученик Герман (тогда физиолог в Цюрихе, до сих пор еще занимающий кафедру в Кёнигсберге). Герман стал доказывать, что токи, наблюдаемые Дюбуа Реймоном в мышце или в нерве, искусственны, т. е. вызваны самим исследователем при эксперименте. На самом же деле, в неповрежденных покоем мышцах или нервах токов совсем нет. По Герману, на всякой поврежденной части мышцы или нерва развивается электроотрицательное напряжение, а нормальные, не поврежденные точки должны являться в отношении поврежденной электроположительными.

Итак, по Дюбуа Реймону, токи в организме предсуществуют, по Герману же, токи эти искусственно вызываются вследствие повреждения исследуемой части организма. Герман на опытах стал доказывать следующее положение: чем осто-

рожнее выпрепарировать мышцу, тем более слабые токи на ней наблюдаются, так что при надлежащей осторожности во время отпрепарирования мышцы в последней не получится никаких токов. Правда, и Дюбуа Реймон иногда замечал эти явления отсутствия токов, но объяснял их, в духе своей теории, особым случаем расположения электрических молекул.

В тонкости опытов Германа входить мы не будем, заметим лишь его основное положение, что чем осторожнее вести операцию на живом органе, тем меньше шансов получить ток в нем.

Для теории Германа в высшей степени важен опыт Энгельмана на сердце. Если сердце лягушки вынуть очень осторожно из околосердечной сумки — а это сделать не так уж трудно при известном навыке — и соединить желудочек с гальванометром, то неповрежденное сердце, действительно, не даст никакого тока и не происходит колебаний в связи с пульсацией сердца. Но стоит только сердце поранить, как появляется «ток покоя» и его «отрицательные колебания» соответственно каждой систоле сердца.

Данный опыт, повидимому, подтверждает взгляд Германа, что именно поранение сердца и вызывает ток. Герман назвал токи, появляющиеся при поранении, *альтерационными* или *демаркационными*. Говоря вообще, по его мнению, какими бы способами ни изменить часть мышцы или нерва (химическими, термическими, механическими и пр.), те части, где изменение или поранение нанесено, представляются электроотрицательными.

Положение Дюбуа Реймона становилось критическим. Весь его многолетний труд, повидимому, рухнул. Токов предсуществующих в мышце и в нерве оказывается, нет, электрических молекул нет, — словом, все выводы его покоятся на явлениях, искусственно вызванных им же самим при эксперименте.

Однако дело не так просто, как кажется на первый взгляд. Остались еще отрицательные колебания, которые характеризуют деятельное состояние мышцы или нерва или какого-нибудь органа. При поранении сердца на гальванометре обнаруживается не только ток покоя, но наблюдаются и отрицательные колебания, сопровождающие каждую пульсацию сердца.

Герман был бессилён объяснить, почему при деятельности мышц, нервов и пр. появляются отрицательные колебания. Этот вопрос мог быть решен лишь после того, как ближе изучили натуру отрицательного колебания.

Отрицательное колебание искусственно получается во время тетанизации, т. е. при возбуждениях, вызываемых целым рядом часто повторяющихся индукционных ударов.

Отрицательное колебание или убыль тока покоя, как уже раньше догадывался Дюбуа Реймон, на гальванометре кажется сплошным только благодаря косности магнитной стрелки, на самом же деле оно имеет колебательный характер. Получив импульс от одиночной волны возбуждения, вызванной отдельным индукционным ударом, стрелка гальванометра отклонится, и когда волна возбуждения перестанет уже действовать, стрелка все же по инерции продолжает отклоняться и лишь медленно приходит в прежнее положение. Если за первым индукционным ударом послать в препарат второй,

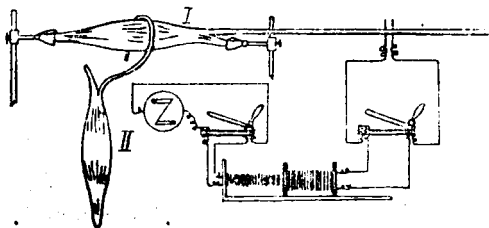


Рис. 32. Схема опыта с вторичным сокращением мышц.

При производстве опыта нерв препарата II набрасывается на мышцы препарата I не так, как указано для наглядности на рисунке, а вдоль мышцы.

третий, четвертый и т. д., то стрелка, не успевая возвращаться в прежнее положение, суммируя все импульсы от последовательного ряда волн возбуждения, дает сплошное отклонение.

Что действительно в нерве и мышце явление это имеет не сплошной, а колебательный характер, Дюбуа Реймон доказал с помощью так называемого *вторичного сокращения мышц*.

Заключается оно в следующем: положим, у нас имеется икроножная мышца лягушки в связи с седалищным нервом: на эту мышцу наброшен нерв такого же нервно-мышечного препарата (рис. 32). Первая мышца вытягивается на особом станке, чтобы она не ерзала при возбуждении и не производила таким путем механического раздражения второго препарата. Последний соединяется с миографом. При раздражении нерва первого препарата происходит возбуждение первой мышцы, а вслед за тем сокращается и мышца второго препарата — это и есть вторичное сокращение, т. е. сокращение под влиянием раздражения, действующего не прямо на данный препарат, а через посредство другого. Каждое отдельное вздрагивание первого препарата, например, при одиночных индукционных ударах, вызывает отдельное же вздрагивание

второго препарата. Точно так же при тетанизации первого препарата вызывается тетанус второго.

Можно нерв лягушечьего препарата набросить на пульсирующее сердце собаки или кролика, — и при этом с каждой пульсацией сердца лапка будет вздрагивать. Вздрагивание это каждый раз предшествует пульсации, так как электрическое колебание в сердечной мышце предшествует ее сокращению и вместе с тем период скрытого возбуждения в мышцах конечности меньше, чем в сердечной мышце.

Что возбуждение передается на второй препарат через посредничество первого, доказывается следующим образом: если перевязать нерв первого препарата и раздражать его выше места перевязки, то первый нерв не будет вызывать сокращения своей мышцы, и вместе с тем мышца второго препарата не будет сокращаться, хотя бы мы и очень усиливали токи. Физическая проводимость тока осталась той же, но так как физиологическая проводимость нарушена, то нет сокращения в первой мышце, несмотря на раздражение ее нерва, и нет поэтому сокращения и второй мышцы. Колеблющиеся токи, связанные с тетанусом в первой мышце, — вот что возбуждает нерв второго препарата. Это служит косвенным доказательством того, что во время тетануса мышцы в ней происходят колебательные электрические процессы; иначе говоря, отрицательное колебание, характеризующее тетанус мышцы или нерва, лишь благодаря косности гальванометра кажется сплошным, на самом же деле оно состоит из ряда колебаний. Опыт со вторичным сокращением еще раньше Дюбуа Реймона был известен Маттеучи, и последний назвал его «индуцированным сокращением», но придавал ему очень неопределенный смысл. В руках же Дюбуа Реймона данное явление получило, можно сказать, строгий и определенный смысл.

Исследование природы отрицательного колебания или тока действия

Явление отрицательного колебания давно интересовало физиологов. Они догадывались о ритмической природе этого явления, хотя бы на основании опыта со вторичным сокращением, но не видели способов, как уловить эти отдельные колебания, так как гальванометр суммирует явления и не может следить за быстрыми колебаниями.

Решение этого вопроса стало возможным лишь после того, когда Бернштейн в 70-х годах, как говорят, по совету Гельмгольца, придумал околный способ для анализа отрицательного колебания и построил с этой целью особый прибор, так называемый *дифференциальный реотом*.

Рассуждения Бернштейна сводились к следующему:

Положим, что к нерву или к мышце прикладываются периодические раздражения, например через $\frac{1}{20}$ секунды. Теоретически можно предположить, что после каждого импульса в мышце или нерве произойдет электрическое колебание и выразится известной волной соответственно каждой отдельной волне физиологического возбуждения. Эти колебания при обыкновенном способе наблюдения суммируются в одно сплошное отклонение стрелки гальванометра. Если же соединять препарат с гальванометром не непрерывно, но отдельными интервалами на очень короткое время после каждого раздражения, то из гипотетических отдельных электрических волн можно сделать, так сказать, вырезки и лишь эти вырезки

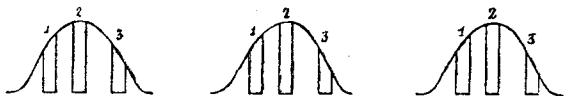


Рис. 33. Принцип регистрации коротких отрезков волны возбуждения.

отводить к гальванометру. Соединяя в одной серии раздражений 20 раз в секунду препарат с гальванометром на очень короткий промежуток времени непосредственно вслед за нанесением каждого отдельного раздражения, мы должны получить на гальванометре некоторое отклонение, соответствующее сумме электрических изменений, происходящих в соединенном с гальванометром участке ткани за определенный интервал времени; другими словами, мы получим соответствующую вырезку из гипотетических волн (рис. 33). В другой серии подобных же раздражений, соединяя препарат с гальванометром после каждого раздражения опять на очень короткое время, но в более поздний момент после раздражения, — получим вырезку уже из последующей части тех же гипотетических волн. Повторяя такие опыты достаточное число раз, можно по полученным вырезкам восстановить и построить всю волну целиком и изучить ее математически. Для осуществления поставленной задачи Бернштейн и построил свой знаменитый прибор, который дает возможность: 1) наносить нерву или мышце правильно периодические раздражения и 2) соединять физиологический препарат с гальванометром на очень короткое время и в желаемый момент после каждого раздражения.

Этот прибор состоит из махового колеса (рис. 34), вращающегося в горизонтальной плоскости. К этому колесу при-

деланы друг против друга два неподвижных рычага разной длины, и на их концах укреплены по две металлические щетки.

При каждом обороте щеточки длинного рычага (a), дойдя до ртутных чашек (rr'), замкнут ток от элемента (D) в первичной катушке (K), во вторичной катушке (R) образуется замыкательный индукционный удар; вслед за этим моментально щетки (a) выйдут из ртутных чашек (rr'), постоянный ток в первичной цепи разомкнется, и во вторичной катушке появится размыкательный индукционный удар. Так как оба индук-

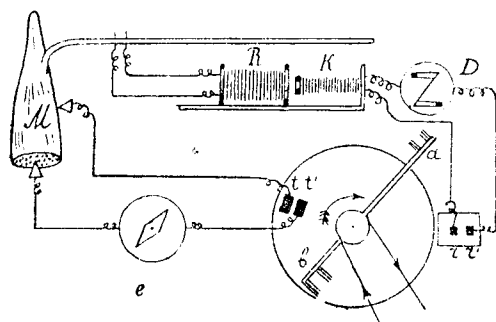


Рис. 34. Схема дифференциального реотома Берриштейна.

ционные удары следуют друг за другом чрезвычайно быстро, то их можно рассматривать, как одно слитное раздражение для физиологического препарата. При равномерном вращении колеса прохождение щеток (a) через ртутные чашки будет соответствовать моменту раздражения, наносимого через правильные промежутки времени, например, если колесо делает 20 оборотов в 1 секунду, то получится и 20 раздражений в 1 секунду.

Щетки другого рычага (b), проходя через более длинные ртутные чашки (tt'), замыкают вторую цепь, отводящую мышечный ток в гальванометр (e), и пока щетки скользят по ртути, только на этот момент препарат будет соединен с гальванометром, и он дает соответствующее отклонение. Чашки (tt') можно переставлять ближе в сторону надвигающихся щеток (b) или дальше в сторону их движения, и таким путем является возможность соединять препарат с гальванометром раньше или позже после нанесения раздражения.

Зная продолжительность полного оборота колеса, можно вычислить, через какие доли секунды после раздражения в каждой серии ток препарата отводится в гальванометр и сколько времени действует на него.

С помощью этого прибора Бернштейну и удалось построить по вырезкам длину волны.

Оказалось, что и в мышце и в нерве после каждого одиночного раздражения пробегает действительно электрическая волна, имеющая известную продолжительность, длину и распространяющаяся с известной скоростью. В мышце продолжительность волны больше, чем в нерве: именно, в мышце — около 0,00025 сек., а в нерве — около 0,0001 сек. Скорость распространения электрической волны по нерву оказалась такой же, как и скорость распространения возбуждения (27—30 м в 1 секунду, а для мышцы соответственная скорость значительно меньше). Зная скорость распространения и продолжительность волны в одной точке, можно вычислить и длину волны — Бернштейн нашел таким путем для нерва около 20 мм.

На том основании, что скорость распространения электрической волны в нерве совпадает со скоростью распространения возбуждения, Бернштейн даже отождествлял электрическую волну с самим возбуждением. Во всяком случае, если волна эта и не есть само возбуждение, то она представляет коррелят, аналог или спутник возбуждения; электрическая волна всегда сопутствует возбуждению.

Дифференциальный реотом открыл новые пути к изучению электрических явлений в тканях. Стало возможно уловить отдельные волны возбуждений в мышце или в нерве. Возьмем нерв, соединим с гальванометром его продольное и поперечное сечение и будем наблюдать ток покоя — пусть это будет демаркационный или альтерационный ток, т. е. ток, вызванный искусственно при поранении препарата, как говорит Герман. Если данный нерв возбуждать, то после каждого отдельного индукционного удара или механического толчка появляется электрическая волна с отрицательным знаком, которая бежит по нерву с известной скоростью. Возбужденная точка нерва становится электроотрицательной, в то время как все покоящиеся и неизменные точки являются в отношении ее электроположительными.

Если соединить с гальванометром две достаточно удаленные друг от друга точки продольной поверхности нерва и тетанизировать нерв в точке *A* (рис. 35), то здесь появляется электрическая волна, соответствующая волне физиологического возбуждения, которая бежит по нерву, достигает точки *B* и изменяет ее положительное напряжение в отрицательное; так как все остальные точки в этот момент, а стало быть и точка *C*, в которой приложен второй электрод, идущий к гальванометру, имеют знак плюс, то ток, отведенный в гальванометр, будет иметь направление от точки *C* к *B*. Это — первая фаза.

Затем электрическая волна пробежит дальше и, дойдя до точки *C*, изменит ее напряжение из положительного в отрицательное, тогда как в точке *B* вновь будет уже положительное напряжение, и ток получит направление обратное от *B* к *C*. Это—вторая фаза. Только при помощи дифференциального реостата, по вырезкам из волн, можно было в свое время судить о фазовых токах, соответствующих отдельным волнам возбуждения, так как при обыкновенном отведении тока в гальванометр стрелка его, получая быстро следующие один за другим импульсы от токов противоположного направления, не успевала бы отклоняться и оставалась бы неподвижной.

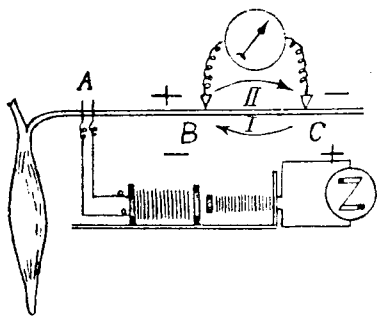


Рис. 35. Схема регистрации волны возбуждения нерва.

Этим токам, появляющимся в нерве при возбуждении, Герман дал название «*токов действия*» в противоположность «*токам покоя*» Дюбуа Реймона, наблюдаемым на мышце или нерве в их покоем состоянии. Со стороны некоторых физиков были сделаны возражения, что странно говорить о каких-то токах действия, так как всякий ток является неминуемо признаком деятельного состояния. Но не следует смущаться этим обстоятельством, потому что название «ток действия» есть условный термин с совершенно определенным смыслом, указывающий именно на то, что данные токи наблюдаются на неповрежденном физиологическом препарате во время его возбужденного деятельного состояния.

Когда Бернштейн с помощью своего остроумного метода анализировал отрицательные колебания, Герман воспользовался его исследованиями и развил учение дальше. Он окончательно подвел все законы электрических явлений на мышце и нерве под общую формулу, хотя, в сущности, вся громадная работа была совершена Бернштейном, а Герман лишь точнее сформулировал и перефразировал полученные выводы.

Теперь Герман мог объяснить и появление отрицательных колебаний при поранении сердца. Пока сердце не поранено, то естественно, по Герману, что токов покоя нет, но нет и отрицательного колебания в пульсирующем сердце, в силу того, что фазовые токи, действуя на стрелку гальванометра в прямо противоположные стороны, заставляют ее оставаться неподвижной. Если же поранить одну сторону сердца и соеди-

нить посредством неполяризующихся электродов поперечное сечение его мышечных волокон и продольную поверхность их с гальванометром, то получается ток покоя, вызванный искусственно, а также обнаруживается отрицательное колебание, ибо при каждом возбуждении сердечной мышцы волна бежит со знаком минус по продольной поверхности мышечных волокон, где имеется положительное напряжение, и несколько понижает его; а дойдя до поперечного сечения, она прекращается, не усиливая заметным образом местного отрицательного заряда, так как здесь все точки имеют уже и без того значительное отрицательное напряжение и, кроме того, отми-рающие элементы ткани в месте поранения не могут дать нормального возбуждения. Если таких волн с отрицательным знаком пробежит несколько, то они более или менее заметно понизят электроположительное напряжение продольной поверхности, а в то же время эти волны, достигая до поперечной поверхности, ничего изменить здесь не могут. Поэтому на гальванометре действие этих волн, суммируясь, выражается лишь убылью тока покоя, т. е. отрицательным колебанием.

Это объяснение относится в полной мере к электрическим явлениям не только на сердечной мышце, но и на мышцах вообще и на нервах. При этом заметим еще раз, что на сердце, осторожно вынутом из околосердечной сумки, нужно для появления тока покоя произвести поранение, а на вынутых из тела мышцах и нервах это поранение неизбежно при какой бы то ни было препаровке.

Из вышеизложенного видно, какой громадный труд был затрачен на установление учения об электрических явлениях в мышце и нерве.

В настоящее время электромолекулярная теория Дюбуа Реймона оставлена и в физиологии принята теория Германа: как при поранении известной части органа, мышцы или нерва, она становится электроотрицательной, так и при нормальном возбуждении всякая точка, пока она возбуждается, становится электроотрицательной.

Проф. Введенский применил для изучения токов и вообще электрических явлений на мышце и нерве телефон, прибор крайне подвижный, чувствительный по отношению к ритмическим процессам, способный воспроизводить очень частые колебания. С помощью телефона можно сделать ясными для уха токи действия мышцы или нерва, ибо вибрации, происходящие в тетанизируемом препарате, производят в телефоне соответственный звук. О мышечном тоне у нас уже была речь: в мышце при возбуждении происходят ритмические процессы, дающие тот или другой звук, в зависимости от числа импуль-

сов, получаемых мышцей с нерва. В то время как для изучения процессов возбуждения в мышце существуют, помимо электрических явлений, и другие показатели, на нерве это единственный непосредственный индикатор для обнаружения его деятельного состояния, и потому телефон является весьма ценным прибором для изучения ритмики возбуждения нерва. Если в нерв посылать 100 индукционных ударов в 1 секунду и отводить токи нерва в телефон, то слышен звук определенной высоты; нерв лягушки производит 200—300 и даже до 500 колебаний в 1 секунду, мышца же неспособна воспроизводить и 200 колебаний.

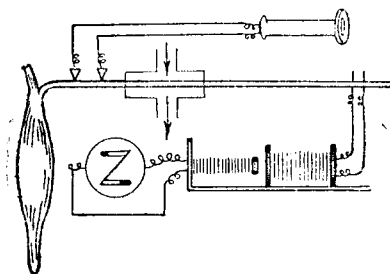


Рис. 36. Выслушивание токов действия нерва с помощью телефона.

Телефон приобретает особое значение в опытах с нервом еще и потому, что при нем устраняется необходимость делать поперечное сечение нерва. Для отведения нервного тока в телефон достаточно соединить с ним две точки на протяжении нерва с расстоянием не менее 8 мм друг от друга (т. е. на расстоянии около половины длины волны возбуждения).

На нерве необходимо производить при телефонических работах контрольные опыты, чтобы отличить ритмику собственно токов действия нерва от каких-либо посторонних явлений, например, от случайных посторонних токов, могущих влиять на телефон — прибор крайне чувствительный. Один из контрольных опытов заключается в следующем: часть нерва, находящегося в связи с мышцей, прикасается к стеклянной трубке, через которую пропускается горячая вода, вследствие чего в данном согреваемом месте нерва развивается непроводимость (тепловой парабиоз нерва) (рис. 36). Если теперь приложить тетаническое раздражение к нерву, выше нагреваемого участка его, а ниже этого места приложить электроды от телефона, то нет сокращения в мышце, и, вместе с тем, не слышно и звука в телефоне. Если этот опыт производить недолго, то местный наркоз, вызванный высокой температурой, можно снять, охлаждая нерв: нерв постепенно оправляется и начинает проводить возбуждение — лапка сокращается, и в телефоне опять слышится тон. Сначала, правда, слышится шум, ибо наркоз проходит не сразу, а потом появляется чистый звук и соответственно в лапке тоже слабые вздрагивания мало-помалу переходят в более сильное сокращение.

Параллельно упадку проводимости физиологических возбуждений падает проводимость и токов действия к телефону. Здесь открывается возможность отличить токи действия и их ритмику от ритмических токов постороннего происхождения, которые продолжали бы действовать на телефон и тогда, когда тепловой парабиоз участка нерва прекратил проведение возбуждений и токов действия.

Можно контролировать опыт, пользуясь аммиаком. Если часть нерва смочить аммиаком, то нерв также становится временно непроводником. Легко при этом убедиться, что, перестав быть проводником для физиологического возбуждения, нерв перестает реагировать и на телефон, т. е. перестает быть проводником и для электрических токов действия.

Если бы, несмотря на действие аммиака и на падение проводимости возбуждений к мышце, в телефоне продолжали бы слышаться ритмические колебания, это указывало бы, что эти колебания не имеют связи с истинными токами действия и происходят из постороннего источника.

С помощью подобных контрольных опытов можно точно отличить ритм токов действия нерва от других явлений и определить высоту этого ритма. Для более точного определения процессов, происходящих в возбужденном нерве, необходимо сопоставлять показания физиологического реоскопа (лапки, оставленной в связи с нервом), гальванометра и телефона.

В 1903 году лейденский физиолог Эйнтховен построил чувствительнейший прибор, так называемый струнный гальванометр. Изобрел его, собственно говоря, Адер для технических целей, именно — для проверки колебаний трансатлантического кабеля, но усовершенствования и приспособления к физиологическим целям принадлежат всецело Эйнтховену. Чувствительность прибора может быть доведена до того, что на шкале его один миллиметр будет равняться 1.10^{-12} вольта. При помощи подзорных труб можно увеличить миллиметр в 1000 раз и во столько же раз повысить чувствительность гальванометра. Этот гальванометр очень быстро реагирует на малейшие импульсы и, стало быть, прекрасно может воспроизводить очень высокий ритм электрических токов.

Устройство его следующее: два продырявленных электромагнита поставлены таким образом, чтобы отверстие одного электромагнита находилось против отверстия другого; через эти отверстия может быть пущен сильный луч света. Между электромагнитами, когда через последние проходит ток, имеется очень сильное электромагнитное поле. Здесь натянута вертикально платиновая или кварцевая посеребренная нить, очень

тонкая — 0,002 мм толщины и 87 мм длины. Через нить пропускается измеряемый ток, и когда он появляется в ней, то нить из первоначального положения отклоняется и может совершать при этом очень быстрые колебания.

Чем более натянута струна, тем она подвижнее, т. е. тем более высокие ритмы колебаний она может воспроизвести; зато отдельные размахи ее тем больше, чем менее она натянута. Подвижность струны и величина отдельных колебаний ее и регулируется, смотря по надобностям, большим или меньшим натягиванием струны. Луч света, проходящий сквозь дыры электромагнитов, отбрасывает тень струны на особый экран, и здесь можно видеть все отклонения нити. Эти отклонения тени струны фотографируются, так как глазом невозможно уловить быстрые колебания. Судить о чувствительности этого прибора можно следующим образом: опускают обе руки в стаканы, наполненные слабым раствором поваренной соли; стаканы соединяются со струнным гальванометром при помощи амальгамированного цинка и проводников. Каждая пульсация сердца дает видимое отклонение нити, потому что благодаря деятельности сердечной мышцы у нас в организме появляются электрические токи, правда, очень слабые, и через руки отводятся в прибор. По фотограмме струнного гальванометра можно более детально изучать токи действия и их ритмику. В сущности, этот способ подтвердил то, что было уже раньше найдено при помощи телефона.

На этом мы заканчиваем учение о животном электричестве. Существование последнего доказано теперь с несомненностью.

Если двигательный нерв или мышцу соединить со струнным гальванометром, то, фотографируя показания его, можно увидеть, что из нервных центров в двигательном нерве и мышце возбуждаются электрические волны. С другой стороны, как мы уже знаем, эти же электрические колебания в мышце и в нерве можно выслушивать в телефон.

В чувствующих нервах происходит подобное же. Если, например, возбуждается сетчатка глаза, то в ней берут начало электрические волны, которые бегут по зрительному нерву сначала в субкортикальные, потом в кортикальные нервные центры, и здесь вызывают электрические волны другой длины и продолжительности, бегущие по двигательным нервам к тому или другому аппарату.

Одним словом, всякое возбуждение, искусственное или под влиянием нормальных импульсов с чувствующих нервов, сопровождается электрическими колебаниями, несущимися по чувствующим и двигательным нервам, и электрические колебания принимают участие во всех физиологических явлениях.

Некоторые исследователи полагали, что само нервное возбуждение и есть электрическая волна с отрицательным знаком. Другие же утверждают, что волна эта является только спутником нервного возбуждения, а что такое, собственно, нервное возбуждение — неизвестно. Были попытки доказать, что в некоторых случаях электрические явления на нерве наблюдаются в то время, как физиологических явлений не происходит. Точные наблюдения устанавливают, во всяком случае, что всякая деятельность мышц или нервов сопровождается электрическими явлениями («токами действия»). На экранеструнного гальванометра легко улавливаются пульсации сердца, т. е. при деятельности сердца возникают электрические колебания. Можно сказать наверное, что при сокращении мышцы электрические токи бегут по двигательному нерву; в мышце появляются свои токи, они также сопровождаются появлением токов действия. То же самое и в нервных центрах: их деятельность сопровождается также электрическими явлениями. В железах, когда они начинают работать, тоже появляется электрический ток. Всякая деятельность двигательных и чувствующих нервов сопровождается появлением электрических колебаний.

Если мы слышим речь, то, наверное, можно сказать, что у нас в окончании слухового нерва появляются электрические колебания, которые несутся к центрам в коре больших полушарий. Представляют ли эти электрические колебания самую сущность возбуждения или только сопутствуют последнему, — но всегда электрические колебания сопровождают возбуждение. И в нервах эти электрические колебания служат наиболее непосредственным показателем деятельного их состояния.

Электрические явления всюду и постоянно участвуют во всех физиологических процессах. Этому обстоятельству давно пытались приписать некоторое общее значение. Еще в половине XVIII столетия Гаузен и де Соваж ставили вопрос, нельзя ли жизненные процессы свести на электрические явления. Но смущало то обстоятельство, что в организме нет замкнутых цепей. В настоящее время подобное возражение не имело бы места, так как, по современному учению, нет необходимости в присутствии замкнутых цепей для распространения электрической волны (волны Герца).

НЕУТОМЛЯЕМОСТЬ НЕРВА

Если более или менее продолжительное время подвергать повторным раздражениям двигательный нерв, то мышца, иннервируемая последним, перестает сокращаться — утомляется. Однако Бернштейн нашел, что при этом прямая возбудимость

мышцы может еще оставаться. По его наблюдениям, полное утомление мышцы развивается после 2—3 минут прямого раздражения. При раздражении с нерва утомление мышцы наступает быстрее не потому, что в нерве развивается утомление и он перестает проводить возбуждение в мышцу, но это зависит от функционального изменения его концевых пластинок. Через известный промежуток отдыха и прямая и непрямая раздражительность мышцы восстанавливается. Во всяком случае мышцы при раздражении с нерва через известное время утомляются. И так как о деятельности нерва, о способности его

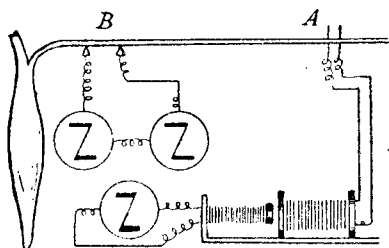


Рис. 37. Схема опыта по неустойчивости нерва по Бернштейну.

проводить возбуждение возможно судить в обыкновенном опыте только по его влиянию на мышцы, т. е. на аппараты сами по себе более или менее быстро утомляющиеся, то и является вопрос, как возможно было бы по мышечным эффектам судить об утомляемости и собственно нерва.

Бернштейн придумал очень остроумный способ: он устроил дело так, что

нерв подвергался непрерывному раздражению, и в то же время возбуждения не доходили до мышцы. С этой целью он воспользовался тем положением, что постоянный ток, более или менее сильный, действуя на нерв, вызывает в нем известные уже нам изменения, т. е. в нерве развивается сильный анэлектротон, и в силу этого небольшая часть нерва около электродов постоянного тока будет как бы парализована, и нерв становится в месте анэлектротона непроводником. К нервно-мышечному препарату Бернштейн прикладывал ближе к мышце, т. е. в нижнем участке отпрепарованного нерва (рис. 37 в точке В), постоянный ток безразлично какого направления, а сверху нерва (в точке А) — другую пару электродов от индукционной катушки, с помощью которых нерв подвергался непрерывному раздражению. Замыкая постоянный ток, он изолировал мышцу от возбуждений, идущих с нерва; иначе говоря, ставил по пути проведения возбуждения своеобразную «запорку» и тем самым предохранял мышцу от утомления. Если нерв за известное время непрерывного раздражения утомился, то по снятии запорки, т. е. по размыкании постоянного тока, нерв не будет проводить возбуждения и мышца будет оставаться в покое; наоборот, если утомление в нер-

ве не развилось, то по снятии запорки он проведет возбуждение в мышцу и вызовет сокращение.

Бернштейн таким путем нашел, что нерв утомляется медленнее чем мышца раз в пять, т. е. через 10—15 минут. Однако этот вывод оказался еще неправильным: нерв не утомляется не только через 10—15 минут, но и после многих часов непрерывной работы.

Исследуя при помощи телефона на нерве электрические явления, характеризующие его деятельное состояние, проф. Введенский был поражен тем, что нерв не обнаруживает никакого утомления, хотя бы его подвергали раздражению в течение нескольких часов сряду. Пришлось поставить два вопроса: или нерв не утомляется, или по телефоническим показаниям нельзя судить о физиологических явлениях в нерве. Однако проверенные показания телефона и гальванометра говорили о том, что в данном случае, действительно, играет роль действительность самого нерва. Чтобы этот вывод не вызывал сомнений, надо было произвести контрольный опыт, в котором состояние нерва обнаруживалось бы прямой физиологической реакцией. С этой целью проф. Введенский (в 1884 г.) применил опыт Бернштейна в следующей модификации.

Заметив, что сильный постоянный ток при продолжительном действии на нерв оставляет в нем непроводимость, сохраняющуюся довольно долго после того, как ток будет разомкнут, Введенский заменил сильный ток слабым, другими словами, запорку Бернштейна, действие которой оставляет в нерве след еще долго после ее удаления, он заменил усовершенствованной запоркой, возвращающей нерву проводимость сразу же, как только запорка будет снята. Именно, когда под влиянием непродолжительного сильного постоянного тока¹ в нерве развилась непроводимость, ее можно поддерживать далее с помощью относительно очень слабого тока. В нерв постоянный ток ответвляется посредством линейки со шкалой (рис. 38). Как только сильный ток вызывал непроводимость в нерве, подвижный контакт передвигался в сторону более слабых токов. При достаточном ослаблении запирающего тока возбуждения начинают снова проскакивать в мышцу, — это значит, что действие запорки сделалось слишком слабым и недостаточным; тогда передвижениями контакта разыскивается ток несколько посильнее, который только что окажется способным поддерживать непроводимость. Таким образом можно было запорку держать все время на минимуме силы, и непре-

¹ Для этого опыта надо употреблять элементы, дающие наиболее постоянный ток. В этом отношении можно считать образцовыми элементы Даниеля.

рывное раздражение нерва в течение девяти часов и более в опытах Введенского не вызывало утомления нерва. Как только снималась запорка, возбуждение нерва индукционными токами передавалось в мышцу, и ее сокращения обнаруживали отсутствие нарушения физиологической деятельности нерва.

Когда этот факт неустойчивости нерва был найден Введенским впервые, то учитель его, проф. Сеченов, и другие физиологи встретили это с недоверием. Дело в том, что преж-

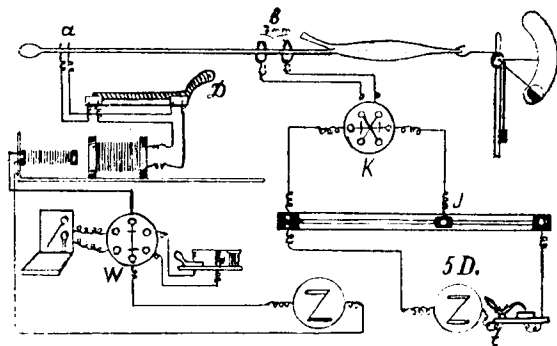


Рис. 38. Схема опыта по неустойчивости нерва по Введенскому.

а — место приложения раздражающего индукционного тока; б — место приложения к нерву постоянного тока (запорка); М — подвижной контакт на реохорде, через который в нерв ответвляется ток от 5 даниелей (5 D); К — коммутатор для изменения направления постоянного тока; W — виппа для введения прерывателя той или другой частоты. Д — ключ.

де нерв представляли построенным из взрывчатого вещества, как бы из кучек пороха, так что возбуждение передается последовательными взрывами от одной кучки к другой. Как же в таком случае при продолжительном раздражении нерва в нем не развивается утомление? Ведь необходимо известное время на восстановление израсходованного при возбуждении вещества! Однако положение, высказанное Введенским, было проверено и вполне подтверждено в других лабораториях и другими методами.

Запорки можно модифицировать весьма разнообразно. Так, например, небольшой участок нерва внизу, т. е. ближе к мышце, заключают в стеклянную трубку, замазав ее концы, не повреждая нерва, и, устроив такую газовую камеру, пропускают через нее какой-нибудь газ, наркотизирующий нерв: пары хлороформа, эфира, аммиака или CO_2 . Под влиянием их в данном участке нерва развивается непроводимость. Если затем устранить наркоз промыванием, то нерву возвращается проводи-

мость. Пользуясь такой запоркой, Машек (в лаборатории Геринга в Вене, теперь в Лейпциге) повторил опыт с утомлением нерва, и оказалось точно так же, что нерв не теряет своей функциональной деятельности в течение целых часов непрерывного возбуждения.

Третий способ был предложен Введенским для опытов на теплокровном животном и разработан в деталях американцем Боудичем (в 1885 г.). Боудич впрыскивал кошке яд кураре, который, действуя на концевые пластинки двигательного нерва, парализовал все мышцы животного. Двигательный нерв, например п. *ischiadicus*, не вырезанный, а только отпрепарованный настолько, чтобы подвести к нему электроды от индукционной катушки, Боудич подвергал непрерывному раздражению. Возбуждения с нерва не могли, благодаря влиянию кураре, распространиться на соответствующую мышцу. Через 1—2 часа, при поддержке искусственного дыхания, влияние кураре падает, так как яд этот постепенно выделяется через почки, и возбуждения с нерва начинают уже передаваться в соответствующую мышцу — она начинает подергиваться и явно сокращаться. Тогда Боудич впрыскивает кошке новую порцию кураре, опять наступает паралич мышц. Затем опять отравление постепенно проходит и концевые пластинки перестают задерживать возбуждение. Таким образом при постоянном раздражении нерва и при повторном отравлении ядом можно вести опыт в течение нескольких часов: яд будет на некоторое время предохранять мышцу от влияния индукционных токов, а нерв будет непрерывно раздражаться ими. Способ, примененный Боудичем, имеет тот недостаток, что влияние кураре проходит очень медленно. Этот недостаток был устранен в сравнительно недавнее время, лет 7—8 тому назад, Дюригом в Вене. Именно он нашел, что действие кураре снимается сразу другим ядом — физостигмином. Часа через 1½—2 после повторного впрыскивания кураре для изолирования мышцы от нервного возбуждения Дюриг вводил животному физостигмин, и мышца снова сокращалась под влиянием нерва, который подвергался все время непрерывному раздражению.

Некоторые исследователи производили подобные опыты и на других нервах; например, Ламбер, пользуясь временным наркозом части секреторного нерва парами эфира, контролировал неутомляемость этого нерва отделением слюны. Результаты получились те же: нерв вообще не утомляется.

Вопрос о неутомляемости нерва, однако, еще до сих пор представляет предмет спора. Некоторые исследователи утверждают, что нерв, как физиологический препарат, должен утом-

дяться. Иные говорят, что признаков утомления нет вовсе. Даже у теплокровных животных нерв, вырезанный и подвергнутый непрерывному раздражению, повидимому, не утомляется. Сказать, что нерв совсем не утомляется, трудно. Но в то же время необходимо сказать, что попытки новых авторов (например, из лаборатории Ферворна) установить точные признаки утомления нерва мало убедительны. Они берут, например, слишком сильные раздражающие токи, которыми, конечно, можно «доканать» нерв или, иначе говоря, парализовать его функциональную деятельность. Но этот паралич нельзя, конечно, отождествлять с истинным утомлением, т. е. подобное перераздражение нерва нельзя ставить в параллель с тем, что происходит в нерве при нормальном возбуждении его.

Если раздражать нерв умеренным током, то, несомненно, нерв не утомляется в течение многих часов.

С другой стороны, если один нерв непрерывно раздражать в атмосфере азота, а другой нерв подвергать такому же непрерывному раздражению в естественной среде, то функциональная деятельность обоих нервов, оказывается, прекращается одновременно.

На основании электрических явлений, характеризующих деятельное состояние нерва, можно сказать, что в двух вырезанных из тела нервах, из которых один остается в покое, а другой подвергается непрерывному раздражению, отмирание совершается вполне параллельно. Отсюда следует заключить, что сколько-нибудь видимого влияния на функциональную деятельность нерва непрерывное, длительное возбуждение не имеет (Введенский, Тур).

Но надо сделать оговорку, что способность нерва воспроизводить приходящие ритмы возбуждений ограничена, как и подобная же способность мышцы. Мышца лягушки воспроизводит хорошо только 50 колебаний в 1 секунду, 100 колебаний — плохо; а нерв воспроизводит 100—400 колебаний, иногда даже 500 колебаний, как это при слабом токе можно уловить в опыте с телефоном (Введенский и Таубе). Но и у нерва способность вибрировать изохронически с ритмикой раздражений ограничена, иными словами, функциональная подвижность нерва не безгранична и определяется известными пределами.

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОТОНА

Если нерв не утомляем или утомляем чрезвычайно медленно, то возникает вопрос, как смотреть на его функциональную деятельность. Прежний взгляд на нерв, как на образование нежное, построенное из взрывчатого вещества, оказался не-

состоятельным. К ответу на этот вопрос подошли с другой стороны, со стороны явления, которое можно воспроизвести на физической схеме.

Дюбуа Реймон, исследуя действие постоянного тока на нерв, заметил следующее: если к нерву (рис. 39) приложен постоянный ток известного направления — положим в точке a будет анод (+), в точке a' катод (—), то наблюдается ток не только в интраполярном участке нерва (aa'), но и вне его, в экстраполярных участках его (bb' и cc') появляются электрические напряжения: прикладывая в этих участках нерва неполяризующиеся электроды, один к поперечному сечению нерва, а другой к продольной его поверхности, можно отвести

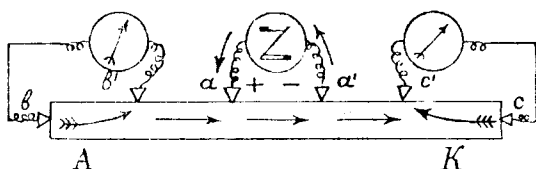


Рис. 39. Схема электротонических токов нерва.

в гальванометр ток как от одного участка, так и от другого, причем эти токи в участках bb' и cc' имеют то же направление, что и приложенный к нерву постоянный ток в aa' (на рисунке направление тока указано стрелками). Токи, появляющиеся в экстраполярных участках нерва получили название *электротонических*. Электрическим изменениям, которые обнаруживаются в нерве под влиянием прохождения постоянного тока, дано название *физического электротона*, в отличие от *физиологического электротона*, который заключается в изменении раздражимости нерва при прохождении через него постоянного тока. (Постоянный ток, пока он проходит через нерв, не изменяясь в силе, не вызывает возбуждения, но производит при этом изменения физиологических свойств нерва, именно: около катода развивается повышенная раздражимость и проводимость, а около анода — пониженная).

Электротонические токи складываются с альтерационными токами, с собственными токами нерва. В экстраполярном участке bb' , расположенном близ положительного полюса постоянного тока, направление электротонического тока совпадает с собственным током нерва, идущим внутри нерва от поперечного сечения к продольной поверхности, и потому здесь наблюдается усиление собственного тока нерва (*анэлектротон*). В другом экстраполярном участке cc' , расположенном

вблизи отрицательного полюса, электротонический ток, сохраняя направление постоянного тока, будет идти в сторону обратную собственному току нерва, так как последний направлен от поперечного сечения к продольной поверхности. Поэтому в данном случае будет наблюдаться ослабление собственного тока нерва (*катэлектротон*) или даже извращение его, если постоянный ток взять достаточно интенсивный.

Особенно значительны электротонические токи непосредственно около электродов, приводящих постоянный ток. При замыкании постоянной цепи они быстро возникают, а при размыкании ее они, прежде чем исчезнуть, моментально извращают свое направление.

Исследованием вышеприведенных явлений мы обязаны Маттеучи и Дюбуа Реймону, которые подробно изучали эти

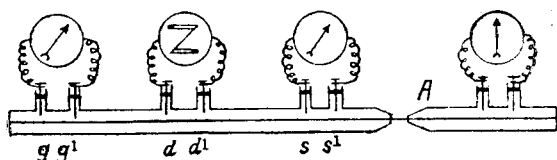


Рис. 40. Модель явлений электротона.

явления на всевозможных животных. Почему этот вопрос так интересовал физиологов, станет понятным, если мы заметим, что электротонические изменения в нерве связаны с его прижизненными свойствами. Если нерв перевязать, то за местом перевязки не будет электротонических токов. Если нерв убить, то точно так же не наблюдается явлений электротона. Это имеет сходство с явлениями передачи возбуждения в нерве. Поэтому в электротоне хотели найти разгадку для самого процесса возбуждения нерва.

Явления электротона можно воспроизвести на физической схеме (рис. 40), как это сделал Маттеучи и разработал детальнее Герман. Через стеклянную трубку, заполненную влажным проводником, например, раствором сернокислого цинка, протянут поляризующий металлический стержень, например, платиновая проволока (цинковая проволока не годится, так как она не давала бы поляризации; вместо платины можно взять медь). Образуется поляризующая система, в которой развиваются поляризационные токи при приложении постоянного электрического тока.

Через две отводные трубки (gg') на одном конце и такие же трубки (ss') на другом погружены электроды, соединен-

ные с гальванометрами; через трубки-борны (dd^1) приводится постоянный ток от элементов. Если пропустить здесь постоянный ток известного направления, то гальванометры обнаруживают появление токов, совершенно сходных с электротоническими токами на нерве, т. е. токи того же направления, что и постоянный ток. Как и на нерве, чем дальше от места приложения тока, тем слабее электротонические токи. Мало того, на этой схеме можно воспроизвести и нарушение физиологической целостности нерва от перевязки, причем за местом перевязки исчезают электротонические токи (Герман). На схеме «перевязка» достигается тем, что в известном месте трубки металлический стержень продолжается, тогда как жидкий проводник прерван. Если пропустить через эту схему постоянный ток, то за местом перерыва жидкости (А) не будет электротонических токов, тогда как до этой своего рода перетяжки они наблюдаются. Там, где жидкий проводник (раствор $ZnSO_4$) соприкасается с платиновой проволокой, образуются поляризационные токи, заходят ветви раздражающего постоянного тока, и ветвями этими заполняется все пространство в экстраполярных участках; чем дальше от места приложения постоянного тока, тем слабее будут ветвящиеся токи. Где жидкого проводника нет, прерывается проведение электротонических токов. Одним словом, на данной схеме можно воспроизвести все явления электротона, и это обстоятельство повело к заключению, что электротон в нерве имеет чисто физическое происхождение: в поляризующей системе от поляризующего ядра, если можно так выразиться, ответвляются токи и дают явления, совершенно аналогичные подобным явлениям в нерве.

Для физиологии схема эта имеет глубокий интерес, так как на ней, на чисто физическом приборе, можно воспроизвести и отрицательное колебание или токи действия. Если пропускать через этот прибор индукционные токи, то «из места раздражения» на этой физической схеме распространяются электрические волны вроде токов действия; именно: электрическая волна с отрицательным знаком из места приложения индукционного тока распространяется в окружающей стержень жидкой среде со скоростью приблизительно того же порядка, что и в нерве волна возбуждения.

В атмосфере электрического распространения с неимоверной быстротой (300 000 километров в секунду), а здесь, в схеме, 150—200 метров в секунду. Таким образом мы имеем искусственное воспроизведение на физическом приборе электрических явлений, характеризующих деятельное состояние нерва, и это может оказать большую услугу в деле выясне-

ния процессов, совершающихся при нервном возбуждении и проведении.

Быть может, нерв представляет из себя, только гораздо более совершенно построенную, чем этот схематический физический прибор, поляризующую систему, развивающую при своей деятельности электричество! Под влиянием раздражения в нерве происходят колебания, и, может быть, нерв при этом совершенно не тратит своего вещества, в нем происходят только молекулярные движения! В мышце при ее сокращении тратится вещество, происходит окисление, образуются продукты распада, а в нерве электрическая волна производит пертурбацию, но как только волна прошла и распространилась дальше, вся система в нерве сейчас же возвращается к старому состоянию. Это так называемая *Kernleitertheorie*, теория проведения с помощью стержня поляризующей системы. Осовой цилиндр нерва представляет собой эквивалент платиновой проволоки — стержня схемы; между осевым цилиндром и шванновской оболочкой лежит в мягкотных волокнах мягкотное вещество (миелиновая оболочка), и это все вместе образует поляризующую систему. Как только на нерв упало раздражение, получают поляризационные токи, берущие начало у катода, и отсюда распространяется волна, причем, по мере того как волна пробегает далее, молекулярная структура нерва, подвергаясь временным пертурбациям, возвращается к стационарному состоянию: токи действия есть нарушение равновесного состояния системы под влиянием возбуждения. С этой точки зрения становится понятна неустойчивость нерва. В самом деле, в нерве во время его деятельности нет сколько-нибудь ясных химических изменений. В то время как в работающей мышце развивается кислая реакция, в возбужденном нерве таковой не находят. Продукция CO_2 в нем не возрастает сравнительно с нервом покоящимся.¹ В атмосфере индифферентного газа нерв довольно долго не теряет своей проводимости. Многие посторонние воздействия, как например, высокая температура, продолжительный ток индифферентного газа, извлечение натронных солей и пр. могут, конечно, более или менее глубоко изменять функции нерва, но это еще ничего не говорит о химических реакциях в нерве при его нормальной деятельности: о потреблении им определенных веществ при работе. При работе нерва нельзя заметить, что в нем потребляется кислород или развивается теплота; даже

¹ В настоящее время показано более тонкими методиками, чем применяемыми во времена Н. Е. Введенского, незначительное повышение газообмена и теплопродукции нерва при его возбуждении. (Прим. ред. — П. М.).

при сильной тетанизации нерва самые чувствительные приборы не обнаруживают в нем развития теплоты, между тем как в мышце теплота развивается уже при одиночных сокращениях.

Нерв в своей деятельности не связан с окончательным процессом распада вещества, он представляет из себя, вероятнее всего, физическую поляризующую систему, возвращающуюся к прежнему состоянию тотчас по прохождении электрической волны.¹

Такое устройство нерва весьма целесообразно с точки зрения его роли в организме как проводника. Если бы нерв был построен, например, из взрывчатого вещества, вообще, если бы его деятельность была связана с химическим превращением, то неизбежно нерв вносил бы в процесс возбуждения со своей стороны значительную переработку, и точной передачи приходящего ритма возбуждений к центрам не происходило бы.

УСЛОВИЯ ЖИЗНЕННОСТИ НЕРВОВ

Влияние кровообращения

Нерв в своих функциональных свойствах представляется весьма мало зависимым от кровообращения. В самом деле, в организме нервы очень скупо снабжаются кровью: у лягушки, например, нервы совсем не имеют кровеносных сосудов; в нервах теплокровных имеются сосуды, но они очень слабо развиты. В опытах очень часто приходится нервы — не только лягушечьи, но и теплокровных — держать на электродах целыми часами изолированными от окружающих тканей и, следовательно, лишенными кровообращения, и, тем не менее, нервы долго сохраняют возбудимость и проводимость, надо только устранить возможность их подсыхания, для чего время от времени смачивать физиологическим раствором поваренной соли. В опытах двух итальянских исследователей, Стеффани и Каваццани, нерв кролика, лишенный кровообращения, продолжал функционировать в продолжение 8—10 часов. В то же время мышца, лишенная кровообращения, через некоторое, довольно непродолжительное, время теряет возбудимость не только с нерва, но и прямую. Нам уже известно, что нерв нормальный и нерв, подвергавшийся долгому возбуждению, не обнаруживают никакой разницы в своем составе и единственной реакцией, обнаруживающей его деятельное состояние,

¹ В 1920—1921 гг. Н. Е. Введенский описал явления периелектро-тона — изменения возбудимости вдали от приложения электродов, противоположные по знаку электротоническим. (Прим. ред. — П. М.).

является отрицательное колебание. И вот, отпрепарованный нерв, лишенный кровообращения, совершенно изолированный от прочих живых тканей, предохраняемый только от подсыхания, обнаруживает посредством отрицательного колебания свою жизненность после того, как уже прекратились все жизненные свойства связанной с ним мышцы. Отрицательное колебание обнаруживается в нерве, вырезанном из тела, в течение 9—10 часов, при условии достаточной влажности и надлежащей температуры в окружающей среде.

Столь замечательная выносливость и жизненность свойственна только нервным волокнам. В нервных центрах дело обстоит совершенно иначе. Нервные центры — серое вещество мозга — очень обильно снабжены кровеносными сосудами. Деятельность центральной нервной системы связана с энергичным питательным обменом. У теплокровных прекращение кровообращения в сером веществе на несколько секунд вызывает уже расстройство или даже уничтожение функций центральной нервной системы.

Итак, с прекращением кровообращения прежде всего останавливаются чувствительные и двигательные функции центральной нервной системы, в периферических же органах, нервах и мышцах, раздражительность сохраняется гораздо дольше. При этом первыми парализуются в своих функциональных отправлениях двигательные концевые пластинки: когда раздражения с нерва уже не передаются мышце, последняя еще сравнительно долго обладает собственной прямой возбудимостью. Наконец, когда и прямая раздражительность мышцы исчезнет, нервный ствол (посредством отрицательного колебания и действия на телефон) обнаруживает еще довольно долго возбудимость и проводимость. Отпрепарованные лягушечьи нервы не теряют своих функций в течение нескольких дней, если только они предохраняются от подсыхания и держатся при невысокой температуре. О нервах теплокровных сказано выше.

Перерождение нервов

Если нерв, перерезанный, т. е. отделенный от нервных центров, остается в теле, то через несколько дней периферический конец его испытывает особые изменения, дегенерирует, или перерождается. Процесс этот совершается не быстро, он растягивается на неделю—другую. Если раздражать периферический конец двигательного нерва дня через 3—4 после перерезки, то он еще дает эффект в мышце; при раздражениях позднее эффекта уже не будет. Происходит это благодаря разобщению нерва с соответствующей нервной клеткой. Рас-

смотря под микроскопом перерождающийся нерв, мы увидим следующую картину: миэлин, мягкотное вещество, окружающее осевой цилиндр, очень богатое жиром и жироподобными веществами, начинает распадаться на комки, и эта стадия изменения носит название уоллеровского перерождения.

В это время нерв еще обладает проводимостью, хотя и значительно пониженной. Через некоторое время комки миэлина исчезают, остается только осевой цилиндр и шванновская оболочка. Пока осевой цилиндр не подвергнется изменению, в нерве еще возможна проводимость, правда, очень затрудненная. Наконец, и осевой цилиндр начинает распадаться и всасываться, и от всего нервного волокна остается одна шванновская оболочка. Тогда, конечно, нерв становится непроводником. На тепловых весь этот процесс тянется около 7—10 дней, на лягушках — до нескольких недель.

В части нерва, оставшейся в сообщении с нервной клеткой, происходит другой процесс, растягивающийся на месяц и более (постепенная атрофия остатка нерва вслед за тигроидным перерождением тела клетки).

Самый процесс распада миэлина и уничтожения осевого цилиндра до сих пор еще не вполне выяснен. Одни исследователи предполагают, что в данном процессе перерождения большую роль играют фагоциты (Мечников), поедающие миэлин; другие объясняют это явление цитолизом, т. е. распадением и растворением миэлина, наподобие того, как растворяются в организме те или другие клетки (например, гемолиз красных кровяных шариков). Более подробно явление фагоцитоза и цитолиза будет рассмотрено в учении о крови.

Регенерация нервов

Периферический конец перерезанного нерва, оставшегося в теле и испытывающего перерождение, может через некоторое время возродиться и вновь приобрести способность функциональных отправлений. Этот процесс называется регенерацией нерва. Прежде думали, что он заключается просто в сращении центрального, т. е. сообщающегося с клеткой участка нерва с периферическим концом его. Опыт с перерезкой седалищного нерва и других как будто подтверждал такой взгляд. Мало того, наблюдается еще более сложное явление, именно — возобновление чувствующих и двигательных функций нерва после замены вырезанной части его куском нерва от другого животного. Флейшль страдал невралгией; у него произвели резекцию нерва и вставили кусок кроличьего нерва, после

чего через некоторое время к оперированному нерву вернулась способность нормальных отправлений. Хирурги из практики своей знали, что происходит возрождение нервов даже в том случае, когда концы перерезанного нерва не очень тщательно сближались. Это явление заинтересовало физиологов, так как с теоретической стороны могли бы иметь большое значение опыты сращения периферического конца какого-нибудь нерва с центральным концом другого, например, периферического конца зрительного нерва с центральным слухового или обонятельного и т. п., и таким путем передавать возбуждение с сетчатки глаза на слуховой или обонятельный центры и т. п. Одно время на сращение нервов возлагали большие надежды. Между прочим, Поль Бэр обнажал конец хвоста у крысы и вшивал его под кожу спины. Когда хвост прирастал на спине, производилась перерезка его у корня, и он продолжал жить в необычном месте и сохранял способность движения.

Процесс регенерации оказался не простым сращением концов перерезанного нерва. Периферическая часть его неизбежно подвергается уоллеровскому перерождению и умирает. При регенерации же образуются новые нервные волокна, берущие начало в центральном конце нерва, и постепенно отрастают до соответственного концевого аппарата органа, иннервируемого данным нервом, пользуясь лишь старыми путями шванновской оболочки.

Одним словом, при перерезке нерва обыкновенно конец его, остающийся в связи с нервной клеткой, способен к регенерации, а конец, разобщенный с клеткой, непременно умирает. Отсюда делают предположение о трофическом влиянии нервной клетки на нервное волокно, хотя ближе по этому поводу ничего не установлено.

Итак, мы видели, что нерв является образованием с очень простой ролью, — именно: он представляет собой в нормальных условиях проводник, готовый к проведению возбуждений, оригинально построенный и сам со своей стороны ничего не вносящий в процесс передачи. Роль его чисто пассивная, такая же, как у телеграфной проволоки, хотя, если и возможна, вообще говоря, какая-нибудь физическая схема нерва, то это поляризующая система, о коей упомянуто выше.

ПРИБАВЛЕНИЕ

Об электрических рыбах

Те электрические явления, о которых шла речь до сих пор, имеют характер молекулярных, скрытых или микроскопических явлений. Существуют, однако, интенсивные электрические явления, необычайно развивающиеся в животном организме, представляющие громадный интерес для физиологов. Мы имеем в виду электрических рыб.

Давно было известно о существовании рыб, подобных электрическому скату, при прикосновении к которым получается сильное сотрясение, род ожога, оглушительное впечатление. О таких рыбах знали, когда еще ничего не было известно об электричестве. Теперь выяснено, что эти неприятные ощущения зависят от способности тех или других рыб производить сильный электрический разряд благодаря особым органам, получившим название «электрических».

Есть три рода сильных электрических рыб:

- 1) Электрический угорь (*Gymnotus electricus*). Водится в пресных водах Южной Америки, в р. Амазонке. У этой рыбы, достигающей в длину до одной сажени, под кожей по обеим сторонам тела тянется электрический орган, начиная с середины тела и до конца хвоста. Этот орган состоит из продольно расположенных столбов, по строению своему напоминающих столб Вольта. Столбы разделены на ящички, которые представляют собой как бы отдельные элементы вольтова столба, расположенные последовательно; столбы же можно рассматривать, как расположенные параллельно. Таким образом этот орган представляет комбинацию последовательного и параллельного соединения элементов. К каждому ящичку или элементу подходит нервное волокно, заканчивающееся особыми пластинками с сильными древовидностями. При покое животного это самый невинный орган, ящички которого заполнены студенистой массой. Но как только приходит импульс в концевые пластинки, так одна часть ящичка становится электроотрицательной, а другая — электроположительной. И так как действие всех элементов суммируется, то один конец столба получает знак плюс, а другой — знак минус. Во всех столбах происходит одно и то же, так что головная часть органа становится электроположительной, а хвостовая электроотрицательной, и через воду происходит настолько сильный электрический разряд, что мелкие рыбешки, попавшие в сферу действия его, оглушаются и всплывают животом вверх. Поэтому соседства с электрическими рыбами избегают другие животные. Сущест-

вуют рассказы, будто в такую реку, где водятся электрические рыбы, для ловли их вгоняют лошадей; лошади, будто бы, оглушаются разрядами электрических рыб, а последние утомляются и их вылавливают. Но это — легенды; лошади, правда, приходят в неистовство от ударов рыб, но не оглушаются.

Что здесь действительно имеет место электрический разряд, можно доказать с помощью гальванометра, телефона и проч. Фарадей сравнил по силе разряд этой рыбы с разрядом лейденской банки, имеющей в поперечнике 24 фута.

2) Электрический сом (*Malapterurus electricus*). Он водится в Ниле. Все тело его под кожей одето электрической мантией, состоящей из столбов, разделенных на ящички. Но здесь расположение их несколько иное; они входят из одного столба в другой. Преобладает последовательное соединение. В то время как у угря много нервов, иннервирующих электрический орган, у сома имеется одна макроскопическая нервная клетка, от которой отходит один осевой цилиндр, состоящий из фибрилл, и которая снабжает отдельными волокнами все ящички. Бабухин воспользовался этим обстоятельством для доказательства обоюдостороннего проведения в нерве. Электрический разряд этой рыбы очень сильный, но слабее, чем у угря.

3) Электрический скат (*Torpedo marmorata*). Водится в Средиземном море. Эта рыба достигает длиной $1\frac{1}{2}$ фута, толщина ее, самое большее, как две руки, сложенные ладонями. Тело ската имеет своеобразную форму: голова сплюснута в дорзо-вентральном направлении; электрический орган расположен по сторонам головы.

От спинной поверхности к брюшной идут столбики, точно так же разделенные на ящички, но гораздо меньшей величины; столбиков очень много, и здесь преобладает параллельное соединение.

Вообще говоря, электрические органы представляют как бы измененные мышцы, в которых развитие электрической энергии достигло значительной величины за счет упадка производства тепловой и механической энергии.

Интересно отметить ту целесообразность, которая наблюдается в устройстве электрических органов различных рыб. Хорошо известно, что когда требуется преодолеть во внешней цепи большое сопротивление, то элементы располагают последовательно, а при малом сопротивлении во внешней цепи — параллельно. И здесь у рыб природа соблюдает этот же принцип. В соленой воде проводимость в 138—140 раз лучше, чем в пресной, и, наряду с этим, у ската, живущего в соленой воде, преобладает параллельное расположение элементов, а у

угря и сома, живущих в пресных водах, преобладает последовательное расположение. Как будто природа высчитала сопротивление, которое нужно преодолевать при разряде той или другой рыбы.

Следует отметить еще одно обстоятельство: в то время, как электрические рыбы своими разрядами оглушают других животных, сами они нисколько не страдают от этих разрядов. В литературе есть указания, что только при более сильных разрядах, производимых этими рыбами, у них вздрагивают и собственные мышцы. Установлено, что электрические рыбы вообще обладают иммунитетом по отношению к электрическим токам. В Берлине производили следующие опыты: в бассейн с электрическими рыбами ставили цинковые листы и при посредстве их соединяли бассейн с физической батареей. Когда через воду пропускали сильные токи, то электрические рыбы преспокойно продолжали плавать в бассейне, тогда как лягушки и мелкие рыбешки всплывали животом вверх. И только при очень больших разрядах, пропущенных через бассейн, наблюдались небольшие сокращения мышц у электрических рыб.

Несомненно эти рыбы пользуются разрядом для защиты и нападения и производят их волевым образом или рефлекторно. Каждый разряд состоит из ряда колебаний, которые можно записать с помощью более чувствительных приборов (гальванометр, капилляр-электрометр, электромагнитный сигнал и т. п. — приборы сравнительно косные, и для них колебания разряда кажутся слитыми). Телефон обнаруживает с несомненностью колебательный характер разряда данных рыб. На Неаполитанской станции Марей и Н. Е. Введенский производили опыты с электрическим скатом. Разряд ската пулся в телефон, и при сильных разрядах слышался писк, приблизительно «ми» второй октавы, соответствующий 80 колебаниям в 1 секунду; при более слабом разряде в телефоне слышен был рокот или шум.

Вот в кратких словах то, что следовало сказать о курьезных феноменах природы, об этих «древнейших батареях мира», по выражению Дюбуа Реймона.

Явления статического электричества в животном организме

Врачи и физиологи интересовались явлениями статического электричества, не играет ли оно какой-нибудь роли в жизненных явлениях? Впервые стали заниматься этим вопросом в 70-х годах XVIII столетия в лаборатории Пфаффа; искали, нет ли зарядов статического электричества у человека. Для

этого человека соединяли с электроскопом, прямо заставляя его коснуться прибора рукой или ногой, и находили, что заряд есть (листочки расходились), и заряд этот при возбуждении или движении человека усиливается, а при других условиях — уменьшается. Искали также, нет ли противоположного заряда у мужчин и женщин, и нашли, что мужчины заряжены положительно, а женщины — отрицательно. Эти заряды находили также и на трупах. Оказывается, однако, что эти явления чисто случайные и объясняются, например, трением платья (в особенности шелкового) о поверхность кожи. Противоположность зарядов мужчины и женщины также не подтвердилась.

Поразительные явления статического электричества описал один врач. В 1837 году в Северной Америке среди лиц, наблюдавших северное сияние, находилась одна дама. Она поднесла случайно свою руку к лицу брата, и вдруг в его щеку проскочила искра. Врач, заметивший это, пожелал исследовать загадочное явление. По его просьбе, дама поднесла палец к его носу, и он получил искру. Затем он наблюдал эту даму продолжительное время. Иногда явления усиливались, разряды были настолько значительны, что искры достигали $\frac{1}{2}$ вершка. Понятно, разряд был больше, когда дама была одета в шелковое платье, — это способствовало развитию электричества при трении шелка об эпидермис. Но дама и стоя на ковре, так сказать, на изолированной подкладке, давала довольно чувствительную искру каждую минуту. Однажды эта дама, сидя у камина и положив ноги на решетку, преспокойно читала книгу, не делая никаких движений и только изредка перелистывая страницы, и тем не менее через ботинки в решетку проскакивали искры. Эти явления наблюдались у дамы с февраля месяца, весной начали ослабевать, и, наконец, в мае совсем исчезли.

Явления статического электричества наблюдались еще в Сибири, у Михаила Пушкина, жившего в Томске. Он давал довольно чувствительные искры, т. е. носил в себе значительные электрические заряды. У жены его наблюдались тоже подобные явления.

Некоторые дамы претендуют на электричность на том основании, что при расчесывании волос гребенкой в темной комнате видны бывают искры. Иногда также при надевании на детей рубашек проскакивают искры. Но это все происходит лишь в определенных условиях, именно при сухости кожи и при сухости воздуха. Вполне естественно, что трением каучуковой гребенки о волосы или рубашки об эпидермис тела вызывается электричество. Сильному же накоплению электриче-

ских зарядов у дамы, описанной американским врачом, и у М. Пушкина способствовала сухость воздуха тех мест, где они жили (Сев. Америка и Томск); и как раз во влажное время года эти заряды, как в том, так и в другом случае, исчезали.

В новейшее время явления накопления статического электричества на поверхности тела у людей исследовал французский физиолог и отчасти физик д'Арсонваль. Он применял более совершенный метод. В его опытах испытуемый субъект помещался на стеклянный столик под сетчатый металлический колпак, для изоляции от внешнего электричества. Иногда даже опыты производились на голых субъектах, чтобы исключить возможность появления электричества благодаря трению платья о поверхность тела. Заряды получались, но очень слабые. Д'Арсонваль отнес их к случайным явлениям. Он объяснял их тем, что наше тело даже при полном видимом покое находится в постоянном движении. Кровь постоянно выталкивается в кожу, периодически происходят дыхательные движения, — благодаря этому сухие клетки эпидермиса испытывают постоянно трение друг о друга. И этого трения совершенно достаточно, чтобы получились те слабые заряды, которые наблюдались в опытах автора.

Точные опыты Д'Арсонваля устанавливают, что к жизненным процессам явления статического электричества не имеют никакого отношения.

Животный свет

Животный организм может служить как источником электричества, так и источником другой формы энергии — именно света. Светящихся животных, оказывается, существует больше, чем предполагают, так как свет дня мешает заметить, в большинстве случаев, свет животных. Явление свечения встречается на всех ступенях царства жизни, начиная с бесхлорофильных растений (свечение гнилушек обуславливается свечением бактерий). У простейших нет специальных органов для развития световой энергии; у многоклеточных же животных выработались для этой функции специальные органы. И эти органы свечения гораздо более распространены в животном царстве, чем «электрические органы». Ниже приведены наиболее распространенные формы светящихся животных.

1) *Noctiluca miliaris*. Одноклеточный, микроскопический организм, из класса флагеллат, очень распространенный в поверхностных слоях морских вод. Шаровидное животное, снабженное жгутиком и достигающее величины 1 мм. При малейшем движении волн ночью море, благодаря появлению гро-

мадного количества ноктилюк, начинает искриться. Свечение обуславливается, вероятно, окислительными процессами в протоплазме их.

2) *Pennatulina phosphorea* (из *Octocorallia*). Светящиеся кораллы громадных морских глубин. Интересно, между прочим, следующее явление: если к светящемуся кораллу приложить раздражение, то возбуждение распространяется все дальше и дальше и по световым искрам можно определить скорость распространения возбуждения на полипниках.

3) *Pyrosoma*, из туникат (*Tunicata*), водится в Средиземном море, обладает способностью свечения, что и послужило поводом к родовому названию.

4) *Pholas dactylus* — светящийся моллюск, принадлежит к пластинчатожаберным. У этих моллюсков свет появляется в совершенно определенных частях тела, именно — в выделениях мантии и ноги.

5) *Phyllirhoë bicephalum*. У этого брюхоногого голожаберного моллюска светятся отдельные точки мантии. Последнюю можно содрать и исследовать светящееся вещество, сделав вытяжку.

6) *Lampyrus splendidula*, «Иванов червячок» — светлячок. Это насекомое получило название «червячок» благодаря тому, что самка его бескрыла и имеет вид червя; самцы имеют хорошо развитые крылья. Светящиеся органы находятся на последних двух сегментах *abdomini* и представляют видоизмененные жировые тела, снабженные обильными разветвленными трахеями и нервами. Свечение происходит благодаря окислительным процессам; если раздавить брюшной сегмент, то он все-таки продолжает светиться; если же прекратить приток кислорода даже к нормальному организму, то он перестает светиться. Главным органом, испускающим свет, служит собственно брюшной отдел светящихся органов, состоящий из очень мелких клеток, заполненных нежным мелкозернистым содержимым. В спинном отделе органа находятся крупнозернистые клетки, заполненные кристаллами мочевокислых солей, например, мочевокислого аммония, которые рассматриваются как рефлектор, рассеивающий и отражающий свет, развиваемый светящимися клетками. Несомненно, свечение совершается под влиянием нервной системы светлячка. Если обезглавить самку, то у нее происходит шок, потрясение нервной системы, и «фонарь» на некоторое время тухнет или меркнет, а потом свечение восстанавливается. Если раздражать нерв, идущий к светящемуся органу, то это вызывает свечение. Значит, это нерв специфический, так сказать, светоотделительный, подобно нерву, например, вызывающему отде-

ление слюны. Если самку напугать, то свечение прекращается, а потом опять появляется.

Несомненно, свечение находится под влиянием центральной нервной системы животного. В данном случае светящийся орган, повидимому, имеет значение в половой жизни насекомого: нелетающие самки светятся сильнее, чем самцы, и привлекают к себе последних.

7) Среди светящихся насекомых самый сильный свет издает жук *Rugophorus*, живущий в Южной Америке. Светящиеся органы у него расположены на *prothorax* и заметны снаружи в виде двух выпуклых пятен. Если взять этого жука в комнату, то он может заменить слабый ночничок. Говорят, что туземцы пользуются этими жуками в виде фонарей, помещая их на шапку; жуки при этом волнуются и еще сильнее светятся. Света от 2—3 жуков достаточно даже для чтения книги.

8) *Photoblepha* — светящаяся рыба. В то время как у жуков орган светится непостоянно, у рыб (например, у *Photoblepha*) имеется под глазом орган свечения постоянного. Зато рыбы обладают способностью приподнимать и опускать нижнее веко. Светящихся рыб очень много. Существуют разные виды их, преимущественно на глубинах моря.

Следует отличать истинное свечение от заимствованного. Например, в Красном и Черном морях часто встречаются рыбы, как будто светящиеся полосами. Оказывается, свет испускают не сами рыбы, а микроскопические организмы, которые начинают светиться там, где вода приходит в движение, например, около плавников. В лесу и других местах часто попадаются светящиеся пни, гнилушки — это тоже явление заимствованного свечения, — светятся бактерии.

В Вене одно время наблюдалось странное явление: во всех колбасных светились все товары. Между тем, как на свежем разрезе колбаса не светилась, через некоторое время свечение появлялось и здесь. Это доказывало, что свечение зависит от громадного развития особых бактерий. В северных полярных странах также наблюдается в некоторых случаях свечение и, вероятно, оно заимствовано не от бактерий, а от особых грибов.

Природа вещества, развивающего в животных организмах свет, еще не вполне изучена. Рафаил Дюбуа исследовал в этом отношении *Pholas dactylus* и *Phyllirhoe bucefalus*. Он пытался извлечь светящееся вещество, измельчая светящийся орган и приготовляя из него вытяжки. Дюбуа пришел к заключению, что свечение обуславливается присутствием двух веществ — «люциферазы», нестойкого протеинового вещества,

разрушаемого при более или менее высокой температуре, и «люциферина», не подвергающегося разрушению при температуре кипения.

Если содрать мантию у этих моллюсков и поместить ее в алкоголь, то она не светится; если же затем ее вынуть через неделю из алкоголя и положить в воду, то она вновь начинает светиться. Это же светящееся вещество, высушенное и, благодаря этому, потерявшее способность свечения, будучи погружено в воду, опять начинает светиться. Повидимому, светящееся вещество очень устойчиво.

Замечательно то, что когда начинают светиться «Иванов червячок» или *Rugophagus*, то появляются сначала наиболее преломляемые лучи. В наших же источниках света, наоборот, сперва появляются красные лучи, обладающие свойством слабого преломления. И так как в животном свете мало лучей красных и вся энергия светящегося органа сосредоточена на произведении лучей, обладающих наибольшим действием на глаз, именно лучей желтых, зеленых и синих, поэтому-то и наблюдается фосфорический характер свечения. Кроме того, по исследованиям Р. Дюбуа, при свечении животных нет тепловых лучей, так что даже с помощью термоэлектрических столбиков не обнаруживается теплоты. Вместе с тем в животном свете очень мало и ультрафиолетовых лучей, так что при свете животных можно фотографировать хоть целые часы, и на светочувствительной пластинке ничего не получится.

Одним словом, здесь вся энергия, вырабатывающая свет, сосредоточена на том, чтобы возможно меньше дать тепловых и химических лучей и направлена на произведение лучей, наиболее сильно действующих на зрительный орган. Животный свет служит ярким примером того, как природа, направив энергию в известную сторону, по возможности исключает драту на прочие формы деятельности.

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ

С изучением физиологии нервных центров мы вступаем в совершенно новую область, где явления протекают далеко не так просто, как те, о которых шла речь в общей нервно-мышечной физиологии, разработанной трудами таких ученых, как Гельмгольц, Дюбуа Реймон и др.

Общее значение и роль нервной системы в организме была уже указана выше (стр. 30—31) и теперь является вопрос, как изучить функции отдельных частей центральной нервной системы. В последней существенным элементом являются микроскопические образования — нервные клетки, и все явления центральной нервной системы представляют из себя результат совместной деятельности этих клеток. Последние настолько тесно сближены и перепутаны своими отростками, что это давно уже дало повод к характерному сравнению комплекса их с войлоком. В самом деле, здесь приходится иметь дело с множеством микроскопических элементарных клеток, отделить которые одну от другой, как обособленный физиологический аппарат, нет в настоящее время никаких средств, и в то же время надо предположить, что каждая нервная единица имеет свое специальное назначение, свою определенную функцию. При изучении деятельности мышцы и нерва приходилось оперировать с комплексом очень близких друг к другу по своим отправлениям единиц — волокон, а в физиологии нервных клеток представляются громадные затруднения вследствие того, что мы имеем здесь дело с комплексом единиц весьма разнообразного функционального значения. Чтобы ближе подойти к изучению отдельных частей центральной нервной системы, необходимо иметь ясное представление о связи между элементами ее и о том, что, со своей стороны, вносит нервная клетка в функциональные отправления нервной системы, отличая таким образом деятельность центральных аппаратов от изученного до сих пор нервного проводника — нервного ствола.

Нервная система представляется построенной из отдельных нервных единиц, получивших название нейронов (Вальдейер).

Главную часть нейрона составляет собственно тело нервной клетки. Тело нервной клетки содержит ядро, ядрышко и прочие существенные элементы клетки. Внешняя форма нервной клетки более или менее неправильна, многоугольна. Из тела большинства нервных клеток исходят двоякого рода отростки: одни из них представляют как бы продолжение протоплазмы самого клеточного тела, почему и носят название *протоплазматических отростков*; сравнительно короткие и толстые, они делятся на ветви и образуют более или менее густую сеть около самой клетки, напоминая разветвления дерева (дендриты); другие отростки, обыкновенно по одному, редко по два или более у каждой клетки, тянутся на более или менее большие протяжения и представляются маловетвящимися, гладкими и равномерно тонкими: это — так называемые *осевоцилиндрические отростки или аксоны*, которые и образуют собственно нервные волокна. Иногда такой аксон на больших протяжениях не имеет боковых ветвей и только в дистальных участках дает по длине ветви, так называемые коллатерали. Пройдя более или менее длинный путь, аксоны заканчиваются концевыми разветвлениями в месте своего назначения, т. е. в тех или других органах, например, в мышцах, железах, или около другой нервной клетки, находящейся в спинном или головном мозгу. Не следует думать, что в центральной нервной системе, составленной из отдельных единиц, вступающих при помощи их двоякого рода отростков в более или менее тесные соприкосновения и взаимодействия между собою, каждая клетка общается этим путем только с ближайшими к ней соседними клетками. Путь осевоцилиндрического отростка иногда бывает очень длинен (рис. 41). Например, в так называемом пирамидальном нервном пути нервная клетка лежит в головном мозгу, в коре больших полушарий, а соответствующий осевой цилиндр с боковыми веточками простирается к клеткам серого вещества спинного мозга, около которых дает концевые разветвления; нервная клетка спинного мозга, в свою очередь, посылает осевоцилиндрический отросток, который заканчивается, например, в мышечном волокне пальца ноги. Стало быть, нервное сообщение через всю длину тела может быть осуществлено при помощи всего двух нейронов.

Взаимоотношение одного нейрона с другим с морфологической стороны не является, по господствующему гистологическому представлению, непрерывным соединением вещества одного с веществом другого путем внедрения или слияния отростков, а сводится к тому, что концевые разветвления одного нейрона только прикасаются к дендритам другого нейрона или же оплетают непосредственно клетку последнего; выра-

жаясь иначе, нейроны приходят в контактное сообщение друг с другом. Такое положение с виду как бы противоречит установленному в общей нервной физиологии закону,¹ который требует физиологической непрерывности нервного субстрата, чтобы возможна была передача возбуждения от одних точек нервного проводника к другим. Но этот закон имел в виду грубые нарушения целостности раздражительного вещества в нервном волокне, например, при перерезке, перевязке, раздавливании, отравлении и т. п., а не такие тонкие, как те, которые имеют место в соотношении элементов одного нейрона с элементами другого. С этой точки зрения и нервное волокно можно ведь представлять себе состоящим из отдельных примыкающих друг к другу элементов, с той лишь разницей, что это примыкание в волокне является, по всей вероятности, более постоянным или однородным, между тем как степень примыкания элементов отдельных нейронов между собою может, повидимому, изменяться. С этим взглядом на взаимоотношения между нейронами мы встретимся при объяснении особых состояний нервной системы, например, сна, наркоза и т. п.

Итак, мы видим, с каким сложным и по внешности запутанным анатомическим материалом приходится иметь дело при изучении физиологии центральной нервной системы. Между тем метод изучения, можно сказать, существует здесь только один, и главную роль в нем играет анатомический

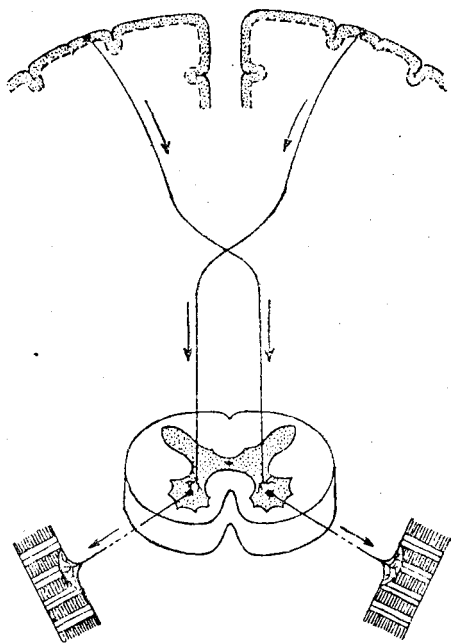


Рис. 41. Схема путей произвольной двигательной иннервации.

Из коры полушария большого мозга непосредственный кортико-спинальный (пирамидальный) путь нисходит к двигательному центру спинного мозга в передний рог противоположной стороны. Двигательный нейрон спинного мозга иннервирует непосредственно мышцу (по Тестю).

¹ См. стр. 95.

нож. Это метод дифференциального определения функций отдельных, разобщенных друг от друга, частей нервной массы. В нормальном организме мы имеем постоянное взаимоотношение и взаимодействие между отдельными частями его, связанными через нервный аппарат; для изучения деятельности последнего пробуют отделять одни части нервной массы от других и смотрят, как это отразится на нормальном взаимодействии органов тела. Стараются изолировать отдельные части нервного вещества и изучить в отдельности функции их. Например, перерезая спинной мозг на высоте поясничного утолщения, разрушают весь головной и спинной мозг выше перерезки и смотрят, какие функции сохранились на долю оставшегося комплекса нервных клеток. Иногда вместо ножа прибегают к другим способам изолирования отдельных частей нервной системы, именно — пользуются для этой цели термокаутером¹ и гальванокаутером,² т. е. особыми «ножами», которые одновременно и «режут» и прижигают, вследствие чего ограничивается кровотечение из прилежащих частей нервного вещества и функции их сохраняются надежнее. Пользуются для определения функций отдельных частей центральной нервной системы и электрическим током, но здесь его применение далеко не так просто, как на мышце или нерве. Какие бы миниатюрные электроды ни приложить к мозгу, под ними все-таки могут оказаться тысячи нервных клеток, и тогда останется неразрешенным вопрос, к каким же собственно клеткам отнести полученный эффект. Кроме того, ток может действовать не на один пункт, к которому приложены электроды, а он может легко ветвиться и в известной степени влиять на близлежащие части нервного вещества и тем самым осложнять значение эффекта. Исследователи нервных центров пользуются электрическим раздражением в качестве вспомогательного средства, главным же их инструментом остается все-таки хирургический нож.³

Изучение физиологии нервных центров начинают обыкновенно со спинного мозга, который является наиболее простым как со стороны анатомического строения, так и со стороны

¹ Термокаутер — хирургический инструмент Пакелена: платиновая пластинка, накаливающаяся в сжигаемых парах керосина, бензина, спирта и т. п. и долго остающаяся накаленной. При температуре красного каления она с успехом употребляется в качестве хирургического ножа, так как не требует дезинфекции и устраняет кровотечение.

² Гальванокаутер — платиновая пластинка, накаливаемая гальваническим током и употребляемая как термокаутер.

³ В настоящее время применяют и ряд др. методик исследования нервных центров, например, исследование биотоков, обмена веществ и др. центров. (Прим. ред. — П. М.).

физиологических отправлений. На функциях спинного мозга мы ознакомимся с элементарными рефлекторными актами, где наглядно выступают начальный и конечный моменты реакции, т. е. момент раздражения и момент ответного при посредстве нервных центров движения. Затем мы приступим к изучению продолговатого мозга и средних частей головного мозга, где встретимся с более обширными и значительно осложненными рефлекторными актами. Наконец, рассмотрим функции больших полушарий, т. е. наиболее сложные нервные процессы, связанные с деятельностью высших частей центральной нервной системы и с психической деятельностью организма.

СПИННОЙ МОЗГ АНАТОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Спинной мозг на всем своем протяжении построен по одному типу. Он лежит в позвоночном канале и окружен своими оболочками: твердой, сосудистой и мягкой. Пространство между двумя последними заполнено лимфой, так называемой цереброспинальной жидкостью. По длине спинного мозга замечаются два утолщения: шейное, из которого выходят нервы передних конечностей, и поясничное, лежащее на высоте отхождения нервов к задним конечностям.

Распределение серого и белого вещества в спинном мозгу представляет свои особенности. На поперечном разрезе вокруг центрального канала, который представляет непосредственное продолжение полости четвертого желудочка головного мозга, оказывается расположенным серое вещество, в виде латинской буквы Н (рис. 42). Снаружи серое вещество окружено белым веществом. Серое вещество есть по преимуществу собрание нервных клеток, именно их протоплазматических тел, т. е. элементов, характерных для центральной нервной системы, которые имеют различную форму и распределены по всему серому веществу; белое же вещество представляет из себя по преимуществу собрание проводников, т. е. нервных волокон, состоящих из мягкотных осевоцилиндрических отростков.

На поверхности спинного мозга проходят две продольные борозды: передняя, вдающаяся внутрь мозга в виде щели и образующая на поперечном разрезе вырезку, и задняя, заполненная более тесно белым веществом. Этими бороздами спинной мозг делится на две симметричные половины. Спереди последние соединяются посредством спайки из белого вещества, а сзади — при помощи спайки из серого вещества. Серое вещество образует выступы в обеих половинах кпереди и кзади, получившие название *передних и задних рогов*; кроме этих

крупных выступов есть еще менее выраженные боковые выступы серого вещества, так называемые *боковые рога*. Белое вещество, лежащее между передними рогами, образует так называемые *передние столбы*, лежащее между задними рогами образует *задние столбы*, и, наконец, белое вещество меж-

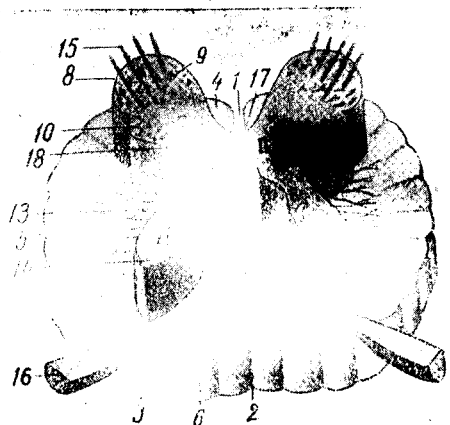


Рис. 42. Схема расположения серого и белого вещества в спинном мозгу.

1 — fissura mediana anterior; 2 — sulcus medianus posterior; 3 — sulcus lateralis posterior; 4 — передние столбы белого вещества; 5 — боковые столбы белого вещества; 6 — задние столбы белого вещества; 7 — передние рога серого вещества; 8 и 9 — двигательные ядра передних рогов; 10 — боковые рога серого вещества; 11 — задние рога серого вещества; 12 — столб Кларка; 13 — продольный пучок заднего рога; 14 — substantia gelatinosa Rolandi; 15 — передние корешки; 16 — задние корешки; 17 — canalis centralis; 18 — вены серой комиссуры (По Тестю).

ду передними и задними рогами составляет *боковые столбы*. По длине спинного мозга проходит центральный спинномозговой канал, наполненный лимфой, тождественной по составу с цереброспинальной жидкостью оболочек мозга. Эта жидкость находится не только в спинном мозгу, но проходит через продолговатый мозг до передних частей головного мозга и имеет, повидимому, значение исключительно лимфы.

РЕФЛЕКТОРНАЯ И АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СПИННОГО МОЗГА

Изучение вопроса, как функционирует спинной мозг, упрощается тем, что функции его, как вверху, так и внизу, на всем протяжении в принципе довольно однообразны. Если

будем раздражать какой-нибудь чувствующий нерв, находящийся, положим, в коже, то по этому нерву возбуждающие импульсы пойдут от периферии по направлению к центру, т. е. в центростремительном направлении, к серому веществу спинного мозга. Затем импульсы будут переходить на двигательные клетки в спинном мозгу (впоследствии мы остановимся подробнее на этом переходе импульсов внутри спинного мозга) и передадут возбуждение этим клеткам, а эти последние отсылают возбуждение из нервных центров в центрифугальном направлении к периферии, к той или другой мышце, железе и т. п. Весь этот нервный путь, по которому передаются импульсы, т. е. чувствующий нерв с его клеткой, нервная клетка в спинном мозгу и, наконец, двигательный нерв, носит название *рефлекторной дуги*. И весь спинной мозг оказывается построенным из таких рефлекторных дуг. Импульс, приходящий с периферии в спинной мозг, может без участия воли вызывать то или другое ответное движение, которое и называется *рефлекторным движением* или *рефлексом*. Примеры подобных движений мы без труда увидим на лягушке. Возьмем нормальную лягушку и произведем перерезку спинного мозга под продолговатым, разрушив затем весь головной мозг (рис. 43). Лягушка будет с одним спинным мозгом или, как говорят, — «спинномозговая лягушка». В первый момент после операции лягушка кажется мертвой, но на самом деле произошло только *потрясение* или *шок* нервной системы. Это явление крайне характерно для нервных центров и сопровождает всякое повреждение существенных частей нервной массы: оно состоит в том, что даже незатронутые непосредственно операцией части центральной нервной системы теряют на некоторое, более или менее продолжительное, время свои функциональные свойства и лишь постепенно восстанавливают их. У нашей лягушки после

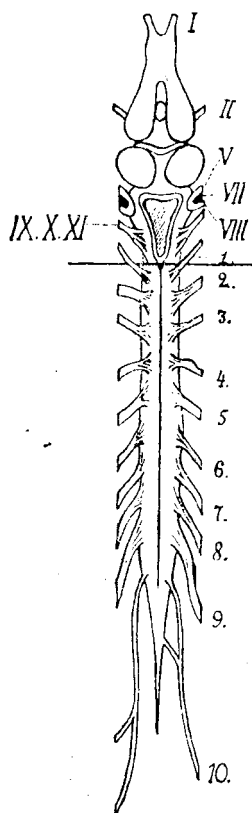


Рис. 43. Схема центральной нервной системы лягушки со спинной стороны.

Прямая линия, проведенная над первым спинальным нервом на уровне calami scriptorii, отмечает место перерезки мозга у спинномозгового препарата.

операции оставшиеся целыми нервные центры в спинном мозгу потрясены — лягушка не отвечает движением ни на какие внешние раздражения. Но через некоторое время (минут через 15) шок постепенно проходит и мало-помалу восстанавливаются функции спинного мозга.

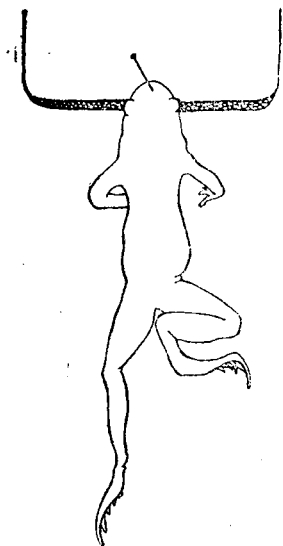


Рис. 44. Рефлекторное сгибание лапки на спинномозговой лягушке.

Лягушка подвешена вертикально, приколота мордой к пробковой пластинке. Прикосновение к пальцам правой задней лапки вызывает в последней сгибание всех сочленений.

В самом деле, мы здесь имеем дело с нервными аппаратами, действующими наиболее просто (рис. 44). Если слабо надавить или ущипнуть палец лягушки, то она реагирует сокращением только этого пальца; если ущипнуть несколько посильнее, то реагирует вся стопа; по мере усиления раздражения реагировать будет и голень, затем и бедро, а если раздражение будет приложено сильное, то возбуждение распространится и на другую лапку. Смотря по силе раздражения будет тот или иной достаточно определенный эффект.¹

¹ При производстве опыта следует иметь в виду, что лягушке после каждого рефлекторного раздражения надо дать достаточное время покоя, пока в ее центрах вполне изгладится впечатление от предыдущего воз-

Конечности, сначала парализованные, вялые, подтягиваются затем к туловищу, как будто лягушка стремится принять естественную позу, при которой, надо думать, требуется наименьшая степень иннервации чувствующей и двигательной сферы. Всякий раз, как та или другая лапка будет теперь выведена из ее нормального, покоящегося положения, возникает механическое раздражение центrostремительных нервов кожи, мышц и т. д., и животное, как бы для устранения родившихся таким образом центrostремительных импульсов, изменяет положение лапки, вновь подтягивая ее. Этот акт выполняется в отсутствие головного мозга, — что и обнаруживает его рефлекторный характер.

Спинномозговая лягушка характеризуется вообще тем, что она не проявляет никаких произвольных движений, но в то же время она на каждое определенное раздражение дает определенную реакцию, которую мы можем предсказать вперед.

В ответ на раздражение чувствующей поверхности получается отраженное или рефлекторное движение. Характер рефлекторной реакции стоит в зависимости от *силы, характера¹ и места приложения* раздражения. Рефлекс, очевидно, зависит от той области, в которой приложено раздражение; это видно уже из того, что слабое местное раздражение дает местный же рефлекс и, в зависимости от раздражения другой части тела, рефлекс принимает и другой характер. Если, например, мы приложим раздражение к задней лапке лягушки, то лапка произведет рефлекторное сгибание, как будто спинномозговая лягушка будет стараться отнять лапку от раздражителя; а если мы будем раздражать симметричные точки тела, находящиеся около анального отверстия, то лягушка сделает другое ответное движение, именно, будет одновременно двигать обеими задними лапками, т. е. рефлекс будет иметь такой характер, как будто лягушка стремится устранить раздражитель или удалиться от него.

Поведение спинномозговой лягушки определяется целым рядом простых ответных рефлекторных движений, совершающихся при посредстве центральной нервной системы. Рефлекторные акты имеют определенный смысл, определенное биологическое значение, заставляющее говорить как бы о целесообразности, обдуманности движений. Если мы будем раздражать спинномозговую лягушку химическими раздражителями, то получим ответное рефлекторное движение особого характера, опять имеющее смысл удалить раздражитель. Берем бумажку, смоченную слабым раствором уксусной кислоты, и приложим ее лягушке на боку, повыше бедра. Вперед можно предсказать, что лягушка подтянет лапку и будет стараться сбросить бумажку или растереть раздраженное место. Это — типическая рефлекторная или отраженная реакция, и притом из наиболее простых, но и она уже имеет по-своему осмысленный, целесообразный и как бы обдуманный характер, так что некоторые физиологи поднимали речь о «спинномозговой душе».

Кроме рефлекторной деятельности спинному мозгу присуща и другая, которая не нуждается в действии раздражителя на чувствующую поверхность; подобная деятельность носит

буждения, и только после этого приступать с новым раздражением. Если это правило не соблюдается, результаты последовательных раздражений будут происходить не при равных условиях и их нельзя будет сравнивать.

¹ В широкое понятие характера раздражения входит прежде всего *ритм* раздражения — большая или меньшая частота раздражающих импульсов; затем сюда же относятся такие определения раздражений, как *безболезненно-тактильное, болевое, химическое, электрическое* и т. п. Все эти особенности раздражений имеют определяющее значение для вызываемых рефлекторных реакций.

название *автоматической* и заключается в том, что без участия стимулирующих влияний со стороны центростремительных нервов в спинном мозгу непрерывно поддерживается деятельное состояние известных двигательных центров. Примером такого «автоматизма» может служить иннервация так называемых лимфатических сердец у лягушки. У лягушки имеется четыре лимфатических пульсирующих сердца; задняя пара их помещается около конца копчиковой кости, непосредственно под кожей, и потому легко доступна изучению, передняя пара — находится под лопатками. Назначение сердец — переливать лимфу. Стенки этих органов построены из попеременнополосатых мышц, которые по своему строению ближе подходят к скелетным, чем к сердечным. Если перерезать чувствующие корешки спинного мозга, то спинномозговые центры лишатся периферических импульсов, и тем не менее лимфатические сердца будут продолжать пульсировать. Следовательно, рефлекторных импульсов для их деятельности не надо.¹ Если же разрушить нижнюю часть спинного мозга, то они перестают пульсировать. Отсюда ясно, что функциональные отправления сердец стоят все-таки в зависимости от деятельности спинного мозга, но деятельности не рефлекторной, а автоматической.

ЗАКОН ЧАРЛЬЗА БЕЛЛА

Существенную роль в спинном мозгу играют выходящие из него нервы. Число их соответствует числу позвонков. Они делятся по месту происхождения на шейные, спинные, поясничные и крестцовые и начинаются с каждой стороны спинномозгового ствола так называемыми корешками, которые выходят из передних и задних боковых борозд, почему и носят название «*передних и задних корешков спинного мозга*». Вскоре по выходе из спинного мозга соответствующий передний и задний корешок одной стороны соединяются в один общий ствол. Выше было упомянуто, что всякий рефлекс начинается раздражением чувствующих нервов в чувствующей поверхности, и импульсы несутся к спинному мозгу в центростремительном направлении. Путь, по которому они попадают в спинной мозг, впервые с точностью был установлен Чарльзом Беллом (1811). Этот знаменитый английский автор, нашел, что импульсы приходят в спинной мозг через задние корешки, выходят же из спинного мозга через передние корешки. Другими словами, чувствующие волокна, т. е. несущие

¹ Существуют некоторые указания на то, что ритмика этих органов отчасти зависит от периферического двигательного нервного центра, заложенного в них самих.

импульсы в центростремительном направлении, вступают в спинномозговую ось через задние корешки; напротив, двигательные волокна, несущие импульсы в центробежном направлении, выходят из спинного мозга через передние корешки. Это в высшей степени важное положение Ч. Белл доказал следующим образом. Общие нервные стволы, идущие к спинному мозгу, перед вступлением в этот последний, делятся на два корешка. Белл перерезал с одной стороны спинного мозга передний корешок, а с другой стороны — задний корешок соответственного нерва и смотрел, как это отражается на рефлексорных движениях. Если у лягушки перерезать задние корешки, соответствующие нервам левой нижней конечности, то последняя теряет чувствительность, но двигательная иннервация в ней не нарушена. Если приложить к этой лапке кислотное или какое-нибудь механическое раздражение, то это не вызовет на лягушке никакого эффекта. Если же раздражение упадет на другую часть тела, не лишенную чувствительности, то окажется, что наша лапка может совершать рефлексорные движения: значит, двигательные волокна, идущие от спинного мозга к этой лапке, остались неповрежденными. Наоборот, если на другой стороне тела перерезать передние корешки, соответствующие правой нижней конечности, то она теряет двигательную способность, сохраняя в то же время чувствительность. Теперь эту лапку можно щипать, прижигать, раздражать кислотой, и она будет висеть, как плоть, но зато на раздражение этой лапки будет реагировать левая лапка и прочие части тела лягушки, в которых сохранены двигательные волокна. Это показывает, что возбуждающие импульсы с правой лапки передаются по чувствующим волокнам неповрежденных задних корешков в спинной мозг, и отсюда рефлекс распространяется по оставшимся целыми двигательным волокнам передних корешков.

К задней конечности лягушки идут спинномозговые нервы 8-й, 9-й и 10-й пары. Если перерезать с правой стороны задние корешки этих нервов, то лапка теряет чувствительность; если же с другой стороны перерезать передние корешки, то соответствующая (левая) лапка лишается двигательной способности (опыт И. Мюллера). При этом можно наблюдать интересное явление, о котором нам еще придется говорить, именно: левая лапка, лишенная движения, висит, как плоть, а правая остается в слегка согнутом состоянии (рис. 45). Так как двигательные корешки в левой лапке перерезаны, то центральные импульсы по двигательным волокнам сюда не доходят и потому эта лапка висит совершенно расслабленной, вялой. Правая же лапка орудует удовлетворительно, хотя и

лишена чувствительности; здесь двигательные волокна сохранены, и импульсы из центральной нервной системы при-



Рис. 45. Выпадение тонуса в мышцах, потерявших двигательную иннервацию из спинного мозга.

Спинномозговая лягушка повешена вертикально. Слева перерезаны передние (двигательные) корешки 8-й, 9-й и 10-й пары спинномозговых нервов; вследствие этого мышцы левой задней лапки во время покоя животного оказываются расслабленными ниже нормального, и эта лапка, под действием силы тяжести, опущена значительно ниже, чем правая лапка, мышцы которой сохраняют нормальный тонус под влиянием импульсов из спинного мозга.

ходят в мышцы. И тогда, когда лягушка не совершает видимых движений, остается в покое, все-таки правая лапка находится в известной степени сокращения. Обуславливается это тем, что слабые раздражения, непрерывно притекающие от периферии к нервным центрам и во время покоя животного, рефлекторно отражаются на двигательной половине нервной системы, между прочим и на двигательных центрах правой лапки, все мышцы которой вследствие этого поддерживаются в слабой степени сокращения или так называемого *мышечного тонуса*. Если щипать правую лапку, находящуюся в тонусе, но лишенную чувствительности, или прикладывать к ней кислотное раздражение, она не будет сокращаться. Если же раздражать левую лапку, которая не может сокращаться, но сохранила чувствительность, тогда правая движется, и при сильном рефлексе возбуждение распространяется и на мышцы туловища.

Чарльз Белл формулировал свой закон так: *передние корешки суть двигательные, а задние — чувствительные.*

Закон Белла был впоследствии проверен и на теплокровных животных и оказалось, что он имеет всеобщее значение. Правда, в свое время указывали на одно как бы исключение, но оно оказалось впоследствии мнимым. Дело заключается в следующем. Если щипать, положим, у кролика передний корешок, то животное чувствует боль и кричит. Отсюда можно было бы заключить, что через передний корешок, вопреки закону, выходят из спинного мозга чувствующие волокна. При ближайшем же исследовании (Мажанди) оказалось, что чувствую-

шие волокна, оставляя спинной мозг через задние корешки, заворачивают затем вперед, заходят также и в передние корешки, снабжая их чувствительностью. Доказать это очень просто. Если у кролика перерезать передний корешок и щипать центральный конец его, то животное не чувствует боли, если же щипать периферическую часть корешка, то кролик пищит, значит он чувствует боль. Следовательно, чувствующие волокна, выйдя, по правилу Белла, из заднего корешка, заходят в передний; возбуждение идет из переднего корешка, заходит в общий ствол и через задний корешок вступает затем в спинной мозг в центrostремительном направлении. Это явление получило название *возвратной чувствительности* (*sensibilité recourrente*). Двигательные корешки, несомненно, должны, обладать чувствительностью, но она зависит от примеси к ним чувствительных волокон, вступающих в спинной мозг все-таки через задние корешки.

В новейшее время нашли, впрочем, *действительное исключение* из закона Белла: нервы, идущие к сосудам в центробежном направлении, именно — сосудодвигательные нервы, расширяющие кровеносные сосуды задних конечностей, выходят из задних корешков поясничной части спинного мозга. Это было найдено на теплокровном, именно — на собаке, около двадцати лет тому назад (Штрикер). Впоследствии был установлен подобный же факт (Штейнах) для некоторых волокон, иннервирующих мускулатуру кишечника и желудка; это двигательные волокна, и, тем не менее, они оставляют спинной мозг через задние корешки. Однако чувствующих волокон, идущих через передние корешки, до сих пор все же не найдено. И по отношению к скелетной мускулатуре закон Белла остается незыблемо установленным; двигательные и другие центробежные волокна (как, например, потоотделительные, пиломоторные) выходят из спинного мозга, как правило, через передний корешок. Поэтому закону Белла следует придать более общую формулу: *передние корешки спинномозговых нервов служат для центробежной иннервации, а задние — для центrostремительной.*

ЦЕНТРЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ И ЧУВСТВУЮЩИХ ВОЛОКОН

Как происходит передача возбуждения с задних корешков на передние, чтобы совершился рефлекторный акт? Какова судьба импульсов в спинном мозгу? Какие элементы участвуют в передаче импульсов? Установлено, что двигательные импульсы начинаются из больших клеток, лежащих в передних рогах серого вещества спинного мозга. Здесь имеются боль-

чие нервные клетки угловатой формы, которые, несомненно, следует принять за начало двигательных волокон. Они были найдены еще в 60-х годах XIX столетия Дейтерсом, который установил, что от такой клетки отходит осевоцилиндрический отросток и направляется в передние корешки («дейтерсовский отросток»). Эти-то клетки и служат, очевидно, центром для двигательных импульсов.

По аналогии с этим искали в задних рогах центры для чувствующих волокон, но такие поиски не давали положительных результатов. Иногда в задних рогах находили нервные клетки, якобы соответствующие центрам чувствующих волокон, но при строгом исследовании это не подтвердилось. Где же находятся чувствующие центры? Вероятно, имеются свои определенные клетки и для чувствующих волокон. Вопрос разрешился довольно оригинальным образом. Оказалось, что для чувствующих волокон ближайший центр находится не в спинном мозгу, а лежит вне его, в спинномозговом ганглии. Близ места слияния передних корешков с задними, вне спинного мозга, на задних корешках имеются вздутия (ганглии), они-то и состоят из клеток чувствующих нервов. Чувствующие волокна идут в общем нервном стволе, заходят в ганглиозные клетки, имеющие более или менее округлую форму, и затем уже вступают в спинной мозг. Что действительно эти ганглии должны рассматриваться как ближайшие центры для чувствующих волокон, доказывается уолмеровским перерождением нервного волокна. Если перерезать нервное волокно, то тот отрезок нерва, который будет разобщен с нервной клеткой, перерождается; перерождение это наступает довольно скоро; участок же нервного волокна, оставшегося в связи с клеткой, не подвергается перерождению.¹ Перерезая чувствующий корешок (рис. 46) на пути к спинному мозгу, до спинномозгового ганглия, и исследуя ствол спустя некоторое время под микроскопом, найдем, что в периферическом конце волокна происходит распад миелина, а в центральном конце этого не наблюдается. Если же перерезать тот же корешок между ганглием и спинным мозгом, то оказывается, перерождение (особенно характерное скопление комков миелина) в чувствующем волокне происходит в той его части, которая примыкает непосредственно к спинному мозгу, а в другой части волокна, оставшейся в связи с ганглием, не наблюдается подобного перерождения. Отсюда следует сделать заключение, что клетки для чувствующих волокон находятся в ганглии, и пока волокна остаются в связи с

¹ См. стр. 148.

ганглием, нет в них уоллеровского перерождения, а перерождается та часть волокна, которая отделена от нервной клетки. Значит, несомненно, ближайшие центры для чувствующих волокон лежат вне спинного мозга, в спинномозговых ганглиях. Но не все чувствующие волокна заходят в ганглии. Иногда

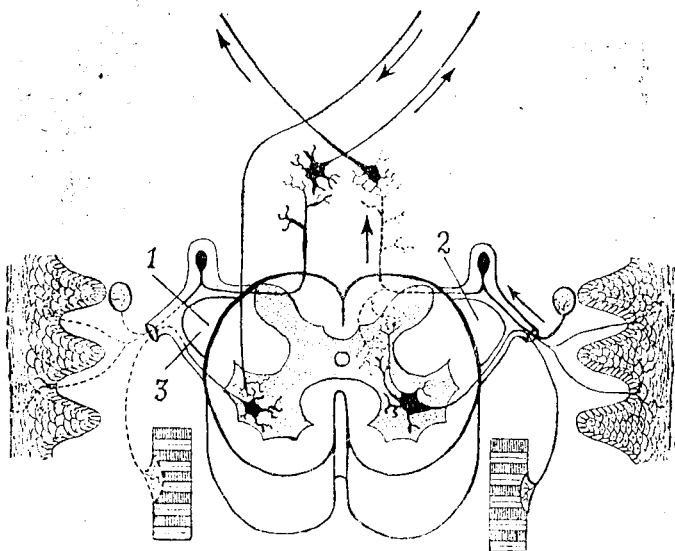


Рис. 46. Перерождение нервных проводников вследствие перерезок спинномозговых корешков.

1 — нисходящее перерождение чувствующего нерва после перерезки заднего корешка к периферии от спинномозгового ганглия; 2 — восходящее перерождение чувствующего нерва после перерезки того же корешка центральное спинномозгового ганглия; 3 — нисходящее перерождение двигательного нерва после перерезки переднего корешка.

они проходят мимо ганглия и вступают прямо в спинной мозг, но это уже дело деталей, для большинства же нервов верно вышеприведенное положение (опыты Рамон Кахалья и др.) Тем же методом подтверждается, что ближайшие центры для двигательных волокон лежат в передних рогах, именно — при перерезке переднего корешка, центральный конец, оставшийся в связи с дейтерсовской клеткой, не перерождается, а периферический, направляющийся к мышце, подвергается перерождению.

ПЕРЕДАЧА ИМПУЛЬСОВ В СПИННОМ МОЗГУ

Импульс, падающий на чувствующую поверхность, несет возбуждение по чувствующему волокну в спинномозговую

ганглий, затем вступает через задние корешки в спинной мозг и здесь должен попасть на двигательную клетку. В настоящее время имеется два ответа на вопрос, как именно совершается

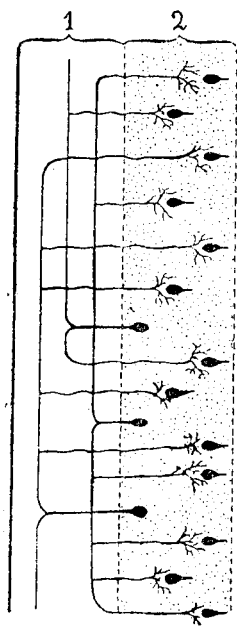


Рис. 47. Схема коллатеральных путей спинного мозга.

1 — белое вещество; 2 — серое вещество. Некоторые клетки серого вещества отдают в белое вещество аксоны с восходящими и нисходящими ветвями; от той и другой ветви многочисленные коллатерали возвращаются в серое вещество к клеткам различных уровней (по Тестю).

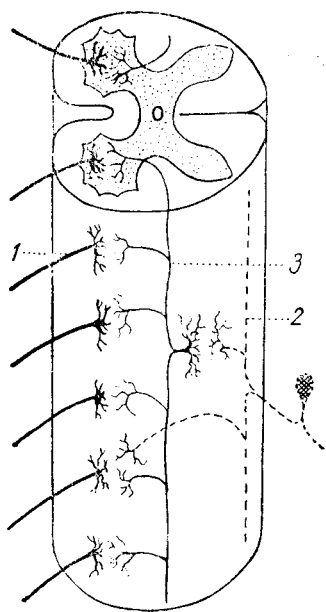


Рис. 48. Схема рефлекторного аппарата в спинном мозгу (по Генле и Меркелю).

1 — центробежный или эфферентный (двигательный) нейрон; 2 — центро-стремительный или афферентный (чувствующий) нейрон; 3 — центральный или вставочный нейрон. (См. стр. 173—174 и рис. 72, сегмент 7 и элементы его: 10, 16 и 18).

эта передача импульсов, и, повидимому, как тот, так и другой имеют свое значение. Во-первых, некоторые чувствующие волокна через задние рога серого вещества прямо проникают к двигательным клеткам; во-вторых, другие чувствующие волокна подходят к маленьким веретенообразным клеткам, находящимся в задних и боковых рогах, — это так называемые чувствующие клетки задних рогов и вставочные клетки спинного

мозга,¹ и уже отсюда импульс попадает на двигательную клетку, которая должна дать начало двигательной реакции (рис. 48).

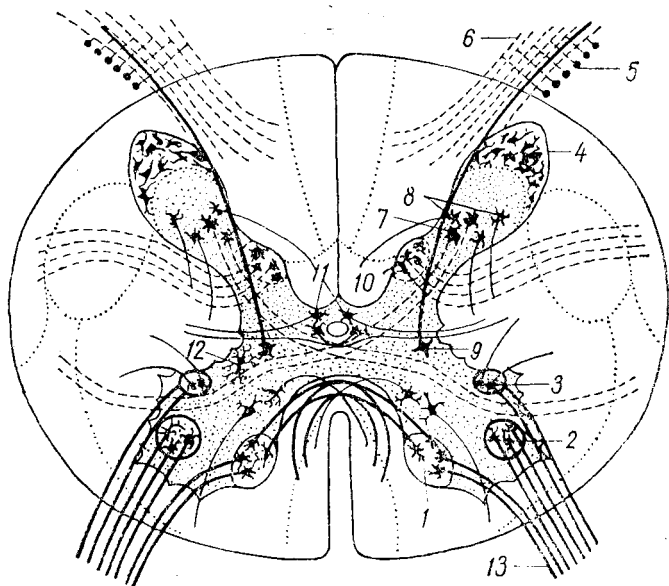


Рис. 49. Поперечное сечение спинного мозга (по Тестю).

1 и 2 — двигательные ядра передних рогов; 3 — двигательное ядро бокового рога; 4 — так наз. substantia gelatinosa задних рогов; 5 — клетки спинномозгового ганглия; 6 — задние чувствующие корешки, приносящие волокна частью в задние рога серого вещества, частью в белое вещество задних столбов; 7 — клетки, отдающие перекрестные волокна в столбы Говерса и в tractus spino-thalamicus; 8 — клетки основных и глубоко лежащих пучков; 9 — отдельные сосудодвигательные клетки, отдающие волокна через задние корешки; 10 — клетки столбов Кларка, отдающие волокна в прямой мозжечковый пучок Флексига; 11 — клеточные скопления вокруг центрального канала; 12 — клетки Гольджи; 13 — передние двигательные корешки.

Белое вещество разбито на отдельные пучки (рис. 49) в передних столбах, по краю fissurae medianae ant., — передний пирамидальный столб, т. е. двигательный кортикоспинальный путь, не перекрещивающийся в продолговатом мозгу. В боковых столбах ближе к периферии и кзади — мозжечковый пучок Флексига, кпереди — мозжечковый пучок Говерса. Рядом с пуч-

¹ На основании новейших исследований надо признать, что и в задних рогах спинного мозга есть чувствующие клетки второго порядка; они были найдены недавно, так как они, в силу своих слишком незначительных размеров, были недоступны прежним гистологическим методам.

ком Флексига и ближе к заднему рогу — боковой пирамидальный столб, т. е. двигательный кортико-спинальный путь, переkreшивающийся в продолговатом мозгу. В задних столбах, ближе к *sulcus median post.*, — чувствующий пучок Голля; латеральнее его — чувствующий пучок Бурдаха.

Таким образом, есть два способа передачи импульсов: или прямо с чувствующего волокна в спинном мозгу импульс переходит на двигательную клетку, или он передается последней через посредство добавочных нейронов задних и боковых рогов спинного мозга. Надо при этом заметить, что чувствующие волокна, вступив в белое вещество спинного мозга, сейчас же дихотомически ветвятся, образуя восходящую и нисходящую ветви, которые, в свою очередь, дают коллатерали, вступающие в серое вещество на различных уровнях спинно-мозговой оси (рис. 47). Одни из коллатералей, распадаясь на концевые разветвления, заканчиваются такими древовидностями около двигательных клеток в передних рогах; другие коллатерали подходят к промежуточным клеткам в боковых рогах и образуют около них древовидные разветвления; промежуточные клетки, в свою очередь, посылают дихотомически ветвящиеся коллатерали к двигательным клеткам, и импульс в таком случае попадает на двигательные клетки уже через посредство промежуточных нейронов. Некоторые из волокон, кроме того, проходят через вышеупомянутые чувствующие клетки в задних рогах.

Итак, способов проведения в спинном мозгу существует несколько, и все пути, наверное, имеют свой определенный смысл, так как есть рефлексы очень простые и в высшей степени сложные. Если, например, слабо ущипнуть палец лягушки, то в ответ на это раздражение получим короткое, слабое сокращение в пальце, и это совершается, вероятно, при помощи относительно простой рефлекторной дуги — получается местный ограниченный рефлекс. При более сильном раздражении получают более обширные движения, так как при посредстве коллатералей и промежуточных клеток могут привлекаться к делу и другие нейроны.

Вот в каком виде представляется судьба импульсов, бегущих по рефлекторным путям: 1) одни чувствующие волокна несут их прямо к двигательным клеткам в спинном мозгу, 2) другие чувствующие волокна приводят к двигательным клеткам через посредство мелких чувствующих клеток в задних рогах и 3) некоторые чувствующие волокна ведут к промежуточным клеткам, находящимся в боковых рогах спинного мозга, и уже при посредстве их импульсы передаются до двигательных клеток.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕФЛЕКСОВ В СПИННОМ МОЗГУ
И ИХ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Импульс, вступив в спинной мозг, может разрешиться или простым рефлексом или более сложным. Сравнительно слабое раздражение вызывает местный рефлекс, сильное же раздражение дает более значительную ответную реакцию, т. е. рефлекс при этом захватывает более обширную область. Впервые Пфлюгер пытался выяснить, по каким законам распространяется возбуждение в спинном мозгу. Он раздражал у спинномозговой лягушки умеренным, но достаточно действительным щипком, положим, правую заднюю лапку, и рефлекс получался прежде всего на этой же лапке; при более сильном раздражении рефлекс, как мы знаем, распространяется и на другую заднюю лапку; дальнейшее усиление раздражения вызывает рефлекс, распространяющийся уже и на передние конечности, сначала на правую, затем на левую, и, наконец, рефлекс может захватить в свою сферу и мышцы туловища. Возбуждение постепенно распространяется и как бы разливается в известной последовательности по спинномозговой оси.

Оказывается, что порядок распространения рефлекса, намеченный Пфлюгером, имеет значение не для всех животных, а применим только к прыгающим животным, как лягушка, кролик и др. Что касается лошади, собаки, ящерицы, тритона и т. п., т. е. животных, пользующихся при передвижении попеременно конечностями той и другой стороны, другими словами, у животных, выполняющих локомоцию по типу ходильного акта, распространение рефлексов носит иной характер, типичный именно для их способа локомоции. Опыты производились на ящерицах и собаках. По мере усиления раздражения импульсы нарастают в силе, и рефлекс разливается у этих животных в следующей последовательности: при раздражении, например, правой задней конечности возбуждение всего скорее захватывает левую переднюю конечность, т. е. передается по диагонали, — и это имеет определенный смысл. Так как эти животные пользуются в ходильном акте попеременно передними и задними конечностями, то у них, очевидно, правая задняя сочетана с левой передней, и левая задняя должна быть сочетана с правой передней. Отсюда видно, что дело распространения возбуждения в спинном мозгу не так просто, как это представлялось прежним авторам, по которым распространение возбуждения от центра к центру определяется близостью центров между собою. Как оказывается, распространение импульсов с одних рефлекторных центров на другие происходит по некоторым наиболее проторенным в обычной

жизни данного животного путем, и центры, ведающие этими путями, находятся у данного вида животного в более тесных взаимоотношениях между собой. У животных ходящих существует более интимное сочетание между левой задней и правой передней конечностями, а у прыгающих — более интимное сочетание между обеими задними конечностями и между двумя передними. Таким образом, возбуждение не просто разливается в сером веществе спинного мозга, но для него существуют между определенными центрами в спинном мозгу более интимные сообщения, соответственно которым и совершается распространение рефлексов.

Изучая рефлекторную деятельность спинномозговой лягушки, Пфлюгер поражался тем, что рядом с механическим характером нарастания рефлекса в силе, наблюдается большая целесообразность реакций, и он поднимал вопрос, не имеют ли рефлексы характера волевых движений и не придется ли поставить их в ряд психических явлений. На этом основании он выдвинул вопрос о существовании «спинномозговой души». В самом деле, на первый взгляд, целесообразность рефлексов прямо поразительная. Если слегка ущипнуть пинцетом кожу спинномозговой лягушки, то она дотрагивается до раздраженного места лапками, а при более сильном щипке отталкивает лапками пинцет. Если приложить бумажку, смоченную уксусной кислотой, к бедру спинномозговой лягушки, то последняя приподнимает соответствующую лапку и сбрасывает бумажку, выполняя при этом очень тонкие, как бы осмысленные, рассчитанные движения. Если такую же бумажку приложить к другой части тела лягушки, она пытается вновь скинуть ее или растереть раздраженное место, пользуясь лапкой той стороны, где приложено раздражение; если одну лапку отрезать выше колена и приложить теперь бумажку с кислотой сбоку, со стороны отрезанной лапки, то лягушка делает сначала попытки сокращать мышцы обрезанной лапки, как бы пробуя сбросить раздражитель этой лапкой, но затем, точно убедившись, что обрезанной лапкой ей цели не достичь, она сбрасывает бумажку уже лапкой противоположной стороны. Между моментом успокоения обрезанной лапки и началом движений в лапке противоположной проходит некоторая пауза, как будто спинномозговое животное постепенно приходит к новому решению действовать непораненной лапкой; создается впечатление, как будто при этом совершается психический акт обдумывания и выбора реакций.

Однако Пфлюгеру делались веские возражения. Приводили, между прочим, такие факты: если к нормальному ужу или ящерице прикоснуться палкой, то они окружают ее хво-

стом, если же прикоснуться раскаленным железным прутом, то уж или ящерица убежит. Эти же животные будучи обезглавлены, при прикосновении к ним даже раскаленным телом, роковым образом обвиваются вокруг последнего. В данном случае движение уже нельзя назвать целесообразным. Притом внешняя целесообразность рефлексов еще не может служить доказательством обдуманности. Животное под наркозом или человек во время сна делает очень целесообразные движения, но это не значит, что сознание и воля участвуют в них. Кажущаяся обдуманность движений есть результат наследственности и целесообразного устройства организма: рефлекторный аппарат уже так устроен от рождения, что известное раздражение непременно должно повести к определенной реакции, т. е. то или другое раздражение вызывает рефлекс, распространяющийся на определенную группу мышц. По мере нарастания импульса привлекаются к действию новые и новые целесообразные аппараты. Итак, целесообразность движений лежит в основе самого строения рефлекторного аппарата, в его механизме, в тех соотношениях, которые существуют между отдельными центрами; целесообразность достигается роковым образом. Поэтому надо быть осторожным в психологическом толковании целесообразности рефлексов.

Можно в качестве иллюстрации привести такой случай: в Петербурге Общество покровительства животным возбудило вопрос, не является ли убой скота по еврейскому способу обескровливания слишком зверским. Была образована специальная комиссия, в которую вошли также физиологи, ветеринары и врачи; комиссия отправилась на бойню и, при сравнении еврейского способа с обычным, противники убоя через удар в продолговатый мозг поставили, между прочим, такой опыт: во время шока, происшедшего от поражения продолговатого мозга, быку приложили к губам посоленный хлеб, бык при этом облизнулся. По первому взгляду могло показаться, что бык сознавал, что ему дают пищу. Но в этом акте не могло участвовать сознание, так как при таком сильном потрясении не мог же бык думать о пище. Здесь дело не в целесообразности, а акт облизывания произошел чисто рефлекторным путем, благодаря раздражению солью соответствующих чувствующих поверхностей.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЦЕНТРОВ В СПИННОМ МОЗГУ

Спинной мозг рассматривается, как собрание рефлекторных центров, расположенных, повидимому, по простому плану. Однако возник вопрос о локализации этих центров, т. е. как именно эти рефлекторные центры распределяются в спинном мозгу; например, где расположены ближайшие центры, ведающие движениями пальцев правой лапки лягушки или движением голени, бедра и т. п. Пытались, прежде всего, разрешить этот вопрос по обыкновенному методу физиологов, — ножом перерезали спинной мозг на разной высоте и смотрели, какие центры при

этом перестают действовать и какие еще сохраняют свою функциональную деятельность, и отсюда заключали, что перестают действовать центры, лежащие выше перерезки, а центры, сохранившие свою функцию, должны лежать ниже перерезки. Постепенно перерезая спинной мозг между вторым и третьим, четвертым и пятым корешками и продолжая подобные перерезки ниже, определяют, когда передние конечности перестают действовать, а отсюда заключают, где расположены центры этих конечностей. Однако этот метод представляет некоторые трудности, так как здесь легко можно впасть в ошибку. Некоторые исследователи находили, что если довести перерезку до 7-й—8-й пары корешков, то, несмотря на то, что ниже остается участок спинного мозга совершенно нетронутый, рефлексов в этом случае никаких не получается. Это кажется странным, так как в оставшемся участке спинного мозга присутствует серое вещество и отходят еще 9-я и 10-я пары корешков. Впоследствии оказалось, что центры находятся и ниже 8-й пары, но их не замечали, потому что после операции оставалось влияние шока на спинной мозг, и центры временно парализовались. Обыкновенно перерезки производились после вскрытия спинного мозга, что сопряжено с большим кровоизлиянием, и этим обстоятельством объясняется, что оставшиеся ниже перерезки центры не проявляли своей деятельности, — они оставались в состоянии подавленности или шока, который у лягушки длится недолго, а у теплокровных продолжается до семи дней и более. В самом деле, когда стали делать перерезки более осторожно, не вскрывая спинного мозга, а просто перерезая его через окружающие ткани под восьмым позвонком, то в области 9-й и 10-й пары корешков оставшийся спинной мозг легко обнаруживал рефлекс. Таким образом, если центры перестают действовать вслед за перерезкой, то это не значит, что они непременно удалены или разрушены, а они могут быть лишь временно парализованы.

Для более точного определения локализации центров в спинном мозгу прибегают к раздражению электрическими токами. Кстати сказать, некоторые старые физиологи утверждали, что спинной мозг не обладает раздражимостью. В доказательство они приводили следующий опыт. Если на кролике перерезать спинной мозг и воткнуть гвоздь в периферический отрезок, то не наблюдается никакой заметной реакции. Тем не менее, такое положение казалось странным, так как в спинном мозгу есть белое вещество, т. е. скопление проводников, и если предположить даже, что клетки серого вещества не обладают раздражимостью, то волокна белого вещества должны, во всяком случае, обладать ею. Отсутствие реакций объясняется

тем, что при раздражении в спинном мозгу могут появиться не только явления возбуждения, но обнаруживаются также и явления торможения (об этом речь впереди). В настоящее время вопрос о раздражимости спинного мозга решен в положительном смысле. Раздражимость центральной нервной системы впервые обнаружилась со всей осязательностью при раздражении коры больших полушарий мозга. Когда там получили эффекты, то сумели потом и в спинном мозгу вызвать возбуждение с помощью электрического тока. Надо, как оказалось, при электрическом раздражении прикладывать осторожно, в одной точке, слабый ток, а при механическом раздражении спинного мозга надо делать тончайший укол, и тогда получают характерные реакции.

Ввиду затруднительности изучения локализации центров в спинном мозгу путем перерезок и раздражения электрическим током, был применен обходный способ для выяснения вопроса. В лаборатории Людвига в Лейпциге американец Бирч предпринял, можно сказать, египетскую работу — именно, он разложил спинной мозг на ряд гистологических разрезов и сосчитал, сколько на той или другой высоте лежит двигательных клеток в передних рогах, и вместе с тем высчитал, сколько двигательных волокон выходит на этой высоте спинного мозга. Путем приведения в соотношение числа волокон с числом клеток можно установить, на какой высоте берут начало двигательные волокна. Если бы оказалось, что на известной высоте спинного мозга лежит столько же двигательных клеток, сколько вступает и двигательных волокон, то можно было бы предположить, что двигательные центры лежат на этой же высоте. Нужно было для поставленной задачи пересчитать все клетки и все волокна на срезах всех высот спинномозговой оси.

В результате исследований оказалось, что на известной высоте отходит столько же двигательных волокон, сколько на этой высоте лежит больших двигательных клеток. Путем этой необычайной работы установлено было, что двигательные центры лежат близко к месту отхождения соответственных нисходящих двигательных корешков. По отношению к чувствующим волокнам этот вопрос решить труднее, так как их центры лежат вне спинного мозга, а характерные для чувствующих волокон клетки в сером веществе слишком мелки. По исследованиям Бирча весь спинной мозг составлен из целого ряда рефлекторных центров, расположенных поэтажно.

В новейшее время пользуются новым методом. Именно производят локальное отравление стрихнином тех или других частей спинного мозга. Стрихнин по преимуществу специфич-

ческий яд для центральной нервной системы. Если животное отравить стрихнином, т. е. впрыснуть яд в кровь, то раздражительность страшно повышается, и уже при слабом прикосновении к отравленному животному наступает быстрое, энергичное и судорожное сокращение мышц. Этим ядом пользуются для определения локализации центров в спинном мозгу. Соответствующий метод носит название «метода локального отравления», с ним начали работать только 4—5 лет тому назад. Вскрывают известную часть спинного мозга у лягушки и накладывают на этот участок очень маленький, с булавочную головку, кусочек бумажки, смоченной стрихнином. Происходит локальное отравление, и оно позволяет определить, какие чувствующие волокна заканчиваются в этой области. Когда коснемся известного участка кожи, стоящего в непосредственной нервной связи с отравленными центрами, или будем раздражать чувствующий корешок, соответствующий отравленному центру, то обнаруживается повышенная чувствительность. Отравляя стрихнином известный участок спинного мозга, стоящий в нервной связи с чувствующими поверхностями кожи на бедре, можно вызвать у лягушки реакцию, вполне напоминающую вышеописанный рефлекс сбрасывания лапкой бумажки с бедра. Прикладывая стрихнин к мозгу, выше или ниже, уже не получим подобной реакции, — картина возбуждения будет носить другой характер. Этим очень поучительным методом можно определить, на какой высоте для каких рефлексов расположены центры.

Дюссэ-де-Баренн, молодой физиолог в Амстердаме, делал опыты по описанному методу на собаке. Он вскрывал известный участок спинного мозга, перерезал задние корешки, идущие сюда, и таким образом соответственная часть кожи лишалась чувствительности; можно было прикладывать сюда класлоту, колоть, раздражать электричеством, и собака не чувствовала. Если теперь отравить в спинном мозгу стрихнином центры, соответствующие перерезанным корешкам, то собака начинает поворачивать голову и направлять лапу к анестезированному участку кожи, т. е. обнаруживает как бы чувствительность в том участке, где потеряна была чувствительность вследствие операции. Как объяснить это явление? Очевидно, этот участок кожи имеет соответствующий чувствующий центр в спинном мозгу, и в нормальных условиях импульсы с данной чувствующей поверхности идут в нервную систему именно через этот центр. Всякий раз, как этот центр возбужден и об этом оповещена кора большого мозга, кора будет относить это возбуждение на счет периферического раздражения соответствующей чувствующей поверхности. И хотя в соответствующей

щем участке кожи после операции чувствительности и нет, возбуждение сопряженного спинномозгового центра попрежнему приписывается корою местному раздражению кожи, и у собаки наблюдается такая реакция, как будто раздражен именно этот участок кожи, хотя на самом деле раздражения отсюда последовать и не может.

Совокупностью всех этих методов выяснилось, что центры в спинном мозгу расположены поэтажно. В самом верху спинного мозга лягушки расположены чувствующие и двигательные центры 1-й, 2-й и 3-й пары спинномозговых нервов. Они иннервируют главным образом кожную чувствительность, и здесь же находятся центры для движений передних конечностей. Центры для задних конечностей расположены у лягушки в области 8-й, 9-й и 10-й пары корешков. Функции этих корешков можно расчленить еще тоньше. Например, рефлекс почесывания и потирания идут с области 8-го корешка, а с 9-го и 10-го не вызываются эти движения, но только лишь оттягивание лапки и прыгание. В средних частях спинного мозга лежат центры для иннервации туловища. У теплокровных животных по длине спинной мозг представляет неодинаковую толщину. Вверху спинного мозга есть сильно развитое шейное утолщение, здесь увеличивается масса серого и белого вещества, так как отсюда отходят нервы для верхних конечностей. Во втором утолщении, так называемом крестцово-подвздошном, находятся центры для нижних конечностей. В промежуточных местах передние рога развиты менее, зато здесь изобилуют другие нервы, образующие боковые рога и столбы Кларка. Здесь же залегают рефлекторные центры, имеющие отношение к растительной жизни, ближайшие местные центры, относящиеся к иннервации ограниченных провиций тела, т. е. для мускулатуры пищеварительного канала, желудка, сосудов, диафрагмы, межреберных мышц, мочевого пузыря, матки, влагалища, центры для поддержания в тонусе сфинктеров: pylorus, cardia, anus, шейки мочевого пузыря и пр. Насколько эти органы находятся в зависимости от центральной нервной системы, мы впоследствии увидим из опытов Гольца.

Изложенную схему можно принять и по отношению к человеку, на основании, главным образом, анатомо-патологических данных. Наблюдаемые на людях параличи иногда не связаны с поражением коры больших полушарий. Если паралич определяется заболеванием центров коры, то тогда в парализованных мышцах еще могут совершаться рефлекторные движения, отсутствуют же только движения произвольные. Но в основе паралича может лежать поражение двигательных

центров собственно в спинном мозгу. Заболевший при этом уже не может совершать не только произвольных, но и рефлекторных движений, хотя он и не лишен чувствительности. При посмертном вскрытии такого больного находят изменения двигательных клеток в передних рогах; двигательные клетки и часть волокон обнаруживают перерождение. Расстройства в спинном мозгу бывают разнообразны, и о них судят по тем или другим изменениям клеток или волокон. Подобный патолого-анатомический материал собирается в большом количестве клиниками и систематизируется; в частности встречаются противоречия — это не мудрено при существующем разнообразии расстройств. Обобщенный и систематизированный клинический материал дает много важных указаний не только в отношении локализации центров в спинном мозгу, но и в отношении деятельности корковых центров. Этим путем установлено, что и у человека центры в спинном мозгу расположены поэтажно и связаны друг с другом.

ВЛИЯНИЕ СТРИХНИНА НА ИРРАДИАЦИЮ РЕФЛЕКСОВ

Как выше было уже сказано, импульсы могут распространяться с одних центров на другие. Классическое представление об этом явлении таково, что чем сильнее импульс, тем на более отдаленные центры он распространяется: слабый импульс доходит лишь до ближайших центров. Такое различие в действии импульсов объясняется тем обстоятельством, что для распространения их в центральной нервной системе существуют какие-то препятствия, которые возбуждению приходится преодолевать. Мы видели, что существует разница в соединении центральных путей проведения в локомоторной иннервации лягушки и ящерицы, собаки и зайца; в центральной нервной системе есть как бы более и менее проторенные пути для распространения возбуждений, и пути наиболее проторенные различны у различных животных, родов и видов. В зависимости от различной деятельности периферических аппаратов и нервная связь между соответственными центральными аппаратами оказывается различной. Для учения об иррадиации особенно поучительны опыты с отравлением животного стрихнином. Стрихнин имеет какое-то особенное средство к нервной системе, и притом он не в одинаковой степени влияет на ее отдельные части: в особенности его средство сказывается в отношении чувствительной половины центрального аппарата. Этот яд как бы снимает сопротивление, существующие в нервной системе для распространения рефлексов. Если

произвести общее отравление, а не локальное, возбуждения распространяются на всю нервную систему, и тогда стоит только слегка прикоснуться к одной лапке, как все мышцы лягушки придут в общее судорожное сокращение.

Возьмем лягушку без больших полушарий (всасывание яда тогда идет медленнее) и впрыснем ей под кожу на спине 3—4 капли 4% раствора стрихнина. Минут через 6—7 разовьется отравление: яд постепенно всасывается через лимфатический мешок. По мере всасывания яда у лягушки повышается раздражимость нервной системы. Пока отравление слабо, лягушка прыгает под влиянием раздражения, как и нормальная, но при этом можно заметить, что пальцы у нее остаются растопыренными, — это первые признаки начавшегося отравления. Если в это время прикоснуться к пальцам лягушки, она только отдернет лапку, но затем отравление захватит большую область, и возбуждение от легкого щипка будет быстро распространяться на все более и более широкий район; в конце концов лягушка потеряет способность координации движений — не в состоянии будет прыгать, а от прикосновения к какой-нибудь точке кожи или от одного только дуновения у нее будут появляться общие судороги, и сама лягушка при малейшем внутреннем раздражении будет совершать обширные рефлексы, которые неподготовленному наблюдателю будут казаться сильными спонтанными возбуждениями. После сильного приступа, судороги на некоторое время прекращаются, но затем получается как бы надбавка в энергии сокращений, и мышцы задних лапок впадают в сильный тетанус. В первых стадиях отравления в задних конечностях лягушки наблюдаются и сгибательные и разгибательные иннервации; позднее остаются только разгибательные иннервации, т. е. начинают преобладать мышцы-разгибатели, и лапки оказываются вытянутыми, как при трупном окоченении. Некоторое время длится прострация, возбуждение проходит вследствие как бы истощения аппаратов или утомления центров, но через известный промежуток снова возобновляется сокращение разгибателей.

После судорог передние конечности животного сведены, что в особенности хорошо бывает выражено у самца. Здесь тоже сперва наблюдаются судороги, потом расслабление и затем снова судорожные сведения лапок. Квакательный и дыхательный аппараты тоже возбуждаются, дыхательный мешок приходит в судорожные движения и в момент прострации представляется вдавленным. При сильно развитом отравлении лягушка остается в состоянии прострации, и если стукнуть по тарелке, на которой она лежит, то лягушка вздрогнет, но на короткий момент, так как ее аппараты исто-

щены. Если впрыснута была небольшая доза стрихнина, то лягушка иногда выживает, но у нее остается дня два-три повышенная чувствительность.

И на человеке картина отравления стрихнином в общем та же самая. Страшно повышается чувствительность в слуховой и зрительной сфере: малейший шум или свет болезненно отражается на отравленном субъекте. Очень сильно повышается чувствительность и других частей тела, весьма легко появляются рефлекторные судороги, которые вторичным образом распространяются по всему телу, и, благодаря сильному сокращению мышц, получается громадная продукция CO_2 ; мышцы дыхательного аппарата тоже впадают в судорожные сокращения, имеющие характер длительных тетанусов, и потому они не могут ритмически обновлять воздух в легких. В конце концов грудная клетка перестает делать движения, и хотя она остается в фазе вдыхания, это не ведет к достаточному газовому обмену; вследствие чрезмерной венозности крови смерть наступает от удушья. Противоядием от стрихнина служит другой яд — кураре; при этом делают трахеотомию и поддерживают искусственное дыхание. Стрихнин одинаково ядовит для громадного большинства животных; исключений мало (например, куры и ежи почти иммунны в отношении стрихнина). Для лягушки он столь же ядовит, как и для человека. Поэтому лягушка служит пробой на суде. Химическая структура этого яда сложна, он не представляет достаточно характерных реакций, и вследствие этого для его обнаружения приходится прибегать к физиологическому индикатору. Вытяжку из тканей отравленного человека впрыскивают лягушке в вену и ищут признаков стрихнинного отравления.

В свое время явления, наблюдаемые при стрихнинном отравлении, объясняли так, как будто данный яд снимает тормозящие влияния и препятствия, существующие в нервных центрах для распространения возбуждения, и тогда оно при малейшем импульсе распространяется на всю нервную систему. На основании новейших опытов надо толковать эти явления несколько иначе, именно в том смысле, что при отравлении повышается специально чувствительность нервной системы. Раздражается, положим, одна маленькая веточка чувствующего нерва, и это вызывает двигательный рефлекс; движение это само по себе раздражает ряд чувствительных точек и поверхностей; благодаря повышенной чувствительности спинного мозга этих слабых раздражений будет достаточно, чтобы возбудить ряд новых рефлекторных дуг, и мы получим значительно более обширную двигательную реакцию; таким же путем скоро разовьется и общее рефлекторное возбужде-

ние животного. Двигательная реакция вторичным образом механически раздражает ряды нервов, и через это возбуждение постепенно распространяется на всю центральную нервную систему. Именно в таком смысле надо понимать отравление стрихнином, потому что если перерезать в той или другой области чувствующие корешки, то распространение возбуждения пойдет гораздо медленнее. При общем и сильном отравлении возбуждение может, впрочем, распространиться в спинном мозгу и внутри него самого, помимо добавочных рефлекторных влияний.

Очевидно, что нервные центры находятся в известных взаимоотношениях. В нормальном организме импульсы распространяются по определенному плану, а в отравленном этот план и целесообразность теряются и получаются мало координированные общие судороги. По изложенному воззрению стрихнин только повышает общую чувствительность нервной системы, на двигательные же центры он не оказывает никакого влияния. Последнее утверждение еще нельзя считать окончательно установленным, и, во всяком случае, имеются исключения для известных двигательных центров.

ВЛИЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА РЕФЛЕКСЫ

Чтобы лучше наблюдать на животном рефлексы, принято отделять спинной мозг от головного путем перерезки его непосредственно под продолговатым или на той или другой высоте ниже продолговатого мозга. Делается это потому, что при целостности головного мозга последний постоянно вмешивается в рефлекторную деятельность и вносит путаницу в рефлексы, изменяя их в том или ином направлении. Если наблюдать рефлекторные акты на животном или человеке при целостности головного мозга, то надо производить раздражения неожиданно для субъекта или во время сна, так как в противном случае и человек и животное могут дать ответный рефлекс значительно более сложный или же могут и не дать его. Если, например, неожиданно прикоснуться к веку человека, то он мигнет, т. е. сделает определенное рефлекторное движение, если же человек знает наперед, что вы дотронетесь до его века, то он может или совсем не мигнуть, или ответить на это каким-нибудь иным рефлексом. Если человека гусиным пером пощекотать около ноздри, то он может ответить на это самым разнообразным способом, а если эту же операцию произвести у спящего, то произойдет местное движение ноздри, и человек сделает гримасу. Если неожиданно в темной комнате появляется свет, то человек рефлекторно, бессознательным путем

поворачивает голову по направлению к появившемуся свету, а если вы заранее предупреждены, что свет появится, вы можете не произвести при его появлении никакой видимой реакции или отвернуться от него. Можно рефлекторное движение наблюдать и на самом себе: если, например, вы идете по Дворцовой набережной около 12 часов дня, не думая о том, что скоро должна быть пушка, то в момент, когда раздается выстрел, в силу неожиданности его, не сознательно, а лишь благодаря тому, что внезапный звук и потрясение воздуха действуют возбуждающим образом на нервы уха и кожной чувствительности, вы вздрагиваете, поворачиваете голову, изменяете ритм шага, делаете произвольное движение в сторону — и этот рефлекс сознание ваше констатирует, так сказать, лишь задним числом. Если вы заранее будете ожидать выстрела, то можете подобного рефлекса и не сделать. На нормальном человеке, следовательно, можно наблюдать рефлекс только при полной неожиданности раздражающего момента. Иначе головной мозг, вмешиваясь в деятельность спинного мозга, может весьма значительно осложнить и изменить рефлекс, и тогда их характера и течения нельзя предвидеть; головной мозг способен понизить деятельность спинного и затормозить рефлекс. Например, кашель можно по произволу подавить временно, а иногда и совсем. Что, действительно сознательно-волевым образом можно затормозить или подавить рефлекс, это явление давно известно человечеству. Муций Сцевола с видимым спокойствием и большим самообладанием держал руку на раскаленной жаровне. Несомненно, первое бессознательное его движение вело к тому, чтобы вытащить руку из огня, но Сцевола сознательно, усилием воли затормозил и остановил этот спинномозговой рефлекс.

Вопрос о том, каким образом головной мозг развивает свое влияние на спинномозговые рефлекс, был поставлен экспериментально впервые профессором Сеченовым (1863). До Сеченова этот вопрос был лишь вскользь формулирован Вебером, который открыл тормозящее влияние блуждающего нерва на сердце и высказал предположение, что усиление спинномозговых рефлекс, вследствие отделения головного мозга, определяется тем, что головной мозг в нормальных условиях посылает к спинномозговым центрам тормозящие влияния. Однако и сам Вебер, и исследователи после него, вплоть до Сеченова, установили тормозящие аппараты лишь в периферической иннервации. Вебер показал, что при раздражении блуждающего нерва останавливается деятельность сердца; Пфлюгер нашел симпатический нерв, иннервирующий брюшные внутренности, который производит тормозящее влияние на

перистальтику кишок. Факты, следовательно, говорили, что при известных условиях некоторые нервы дают тормозящий эффект. Сеченов же ближайшим образом задался вопросом, какую роль играют центры головного мозга в торможении рефлекторного аппарата.

Он стал изучать рефлексы, с одной стороны, при целости всех головных центров, а с другой стороны, их же после разрушения тех или других частей головного мозга, воспользовавшись при этом методом Тюрка. Последний предложил для измерения рефлекторной возбудимости следующий метод: чтобы определить раздражительность спинно-мозговой лягушки, ее привешивают к пробковой пластинке или, лучше, кладут на особый пробковый столик и погружают одну или обе задние лапки в слабый раствор серной кислоты (2 на 1000);¹ затем считают, через сколько ударов метронома с момента погружения в кислоту лягушка вытягивает из нее лапки. После этого лапки промывают водой и через 2—3 минуты вновь погружают в кислоту, следя опять по метроному за ответной реакцией. Первая цифра обыкновенно несколько больше, а затем устанавливается более или менее постоянная цифра, надо только делать достаточный промежуток (2—3 минуты) между последовательными раздражениями и всякий раз хорошо промывать лапки водой. Метод сводится к вычислению времени, которое протекает между погружением лапок в раствор и началом ответной реакции. Хотя это время и не является истинным показателем скрытого периода возбуждения нервных центров, так как необходимо некоторое время для того, чтобы чувствующие нервы кожи возбуждись кислотой, все-таки таким путем можно судить об относительных изменениях в рефлекторной деятельности. Например, с изменением концентрации кислоты изменяется и время реакции: при более слабой кислоте лягушка вытаскивает лапку через большее число ударов метронома, при более сильной кислоте, наоборот, лягушка реагирует скорее.

Сеченов применил этот метод к своей задаче и установил, что при целости головного мозга рефлекторная возбудимость вообще мала и крайне неоднобразна — лягушка как бы капризничает: она то очень скоро, то медленно вытягивает лапки из одного и того же раздражителя, цифры получаются

¹ В других случаях надо кислоту брать еще слабее. Только такой раствор кислоты пригоден для опыта, из которого лягушка вытягивает лапки самое короткое через 10 ударов метронома (около 10 секунд). Если брать более сильный раздражитель, то рефлексы протекают слишком бурно и их трудно сравнивать, а, с другой стороны, химические воздействия вскоре притупляют у лягушки кожную чувствительность, и опыт придется рано прекратить.

очень непостоянные и, чтобы сделать обобщение, приходится брать среднюю. Положим, получилась таким образом цифра 12. Затем автор сносил самую переднюю часть головного мозга и, дав успокоиться лягушке после операции, попрежнему определял рефлекторную возбудимость; затем он продолжал делать послышные срезы частей мозга дальше, и пока он производил их в области больших полушарий, никаких определенных изменений рефлекторной раздражительности не сказывалось — время реакции колебалось в тех же пределах, что и при целостности всего головного мозга. Но когда разрез приходился по границе средних частей головного мозга, раздражительность становилась более *постоянной* и, вместе с тем, *пониженной*. Теперь прежняя лягушка реагировала, примерно, только через 20—25 ударов (в средних цифрах). На основании этого Сеченов сделал вывод, что в средних частях головного мозга находятся центры, которые действительно понижают рефлекторную возбудимость спинного мозга. Задерживающее влияние средних частей (*lobi optici*) головного мозга на рефлекторные движения автор усиливал экспериментально тем, что по удалении больших полушарий на сечение средних частей мозга он накладывал кристалл поваренной соли; при этом рефлекторная раздражительность страшно понижалась, рефлексы при прочих равных условиях получались, примерно, через 60 ударов метронома или же их и совсем не происходило. Что тормозящее влияние развивается при этом именно из средних частей мозга, доказывается тем, что по снесении их рефлекторная возбудимость спинного мозга вновь резко повышается. Сеченов производил дальше перерезку под продолговатым мозгом и по исчезновении шока прикладывал кислотное раздражение. Оказывалось, что теперь рефлекторная реакция у лягушки наступала, примерно, через 7—8 ударов метронома, — иными словами, рефлекторная возбудимость спинного мозга, отделенного от головного и предоставленного самому себе, относительно очень высока; в то же время она относительно и очень постоянна.¹

¹ Всякая перерезка мозгового ствола может вносить в раздражительность его остающихся центров сложные изменения, имеющие колеблющийся и длительный характер. Поэтому тот факт, что с удалением средних частей и продолговатого мозга рефлекторная раздражительность спинного мозга резко повышается, может быть истолкован и так, что это — влияние раздражения от перерезки мозговой оси; во всяком случае, приведенное толкование Сеченова не единственно возможное, и факт повышенной возбудимости спинного мозга после отделения продолговатого требует сам по себе специального исследования. Интересно отметить, кстати, что перерезка выше зрительных бугров может повести тоже к повышению рефлекторной возбудимости.

Сеченов сделал вывод, что в средних частях головного мозга находятся *тормозящие центры* (*centres modérateurs*, *Hemmungszentra*), при посредстве которых в нормальных условиях животное производит торможение в своих аппаратах. Если устранить средний отдел мозга и оставить спинной мозг в связи с продолговатым, то некоторое торможение еще наблюдается, но оно гораздо слабее, чем при целостности средних частей. Сеченов принял, что главный специфический тормозящий центр находится в головном мозгу, в средних частях его, а в продолговатом — побочные тормозящие центры.

Факт, установленный Сеченовым, в свое время произвел большую сенсацию. Был указан центр, который имеет специальную задачу тормозить деятельность других аппаратов; он получил название «Сеченовского центра». Однако через некоторое время появились возражения, главным образом из лаборатории Шиффа и в особенности со стороны его ученика Герцена (физиолога в Лозанне, сына известного писателя Герцена-Искандера). Герцен, повторив опыты Сеченова, подтвердил, что есть тормозящие центры, но начал доказывать, что нет основания признавать существование специального тормозящего центра в среднем отделе головного мозга, а что центры эти имеются во всей спинномозговой оси, так как во всех частях мозга можно вызвать угнетение рефлексов. Это положение доказывается, между прочим, опытом на спинномозговой лягушке. Определив предварительно скорость реагирования одной лапки на кислотное раздражение, промывают ее водой, дают успокоиться, и затем через некоторое время другую лапку зажимают пинцетом; на первых порах эта лапка будет сокращаться; когда же лягушка успокоится от этого второго воздействия, опять приступают к определению раздражительности первой лапки, погружая ее в раствор кислоты прежней концентрации и при прочих равных условиях. Оказывается, продолжающееся механическое раздражение второй лапки от пинцета задерживает рефлекс первой лапки. Электрический ток, приложенный к нервным центрам спинного мозга, тоже может тормозить рефлексы. Сеченов вместе с Пашутиным повторил опыты Герцена и нашел, что действительно можно вызвать тормозящие влияния на всем протяжении спинного мозга, но указывал, что здесь торможение гораздо слабее и продолжал утверждать, что средние части головного мозга производят по преимуществу могучее тормозящее действие на рефлекторный аппарат.

Тормозящее влияние среднего отдела головного мозга (*lobi optici*) составляет лишь частный случай общего явления угнетения рефлексов. Сеченов опубликовал опыты с раздра-

жением седалищного нерва лягушки, показывающие, что при сильном раздражении центрального его отрезка при помощи химического деятеля (NaCl) развивается глубокое торможение в центральной нервной системе, угнетение или даже полная задержка рефлексов. При этом стоит только быстро отрезать участок нерва, подвергшийся действию соли, и рефлекторная возбудимость лягушки сразу восстанавливается.

Аналогичные явления Сеченов наблюдал и при тетаническом раздражении седалищного нерва электрическим током. Сеченов, сказали мы, принимал один главный тормозящий центр, находящийся в средних частях, Герцен же и другие исследователи принимают, что тормозящие центры находятся во всех частях мозга. Разница тут, конечно, только в толковании явлений. Но и против опытов Сеченова, на которые описывается его воззрение, можно возразить. Он помещал на обнаженные части среднего отдела головного мозга кристаллы поваренной соли; является вопрос, на что именно действовал этот химический раздражитель — на клетки ли, т. е. специфические элементы нервных центров, как думал Сеченов, или только на проводники, которые в большом количестве проходят через средние части головного мозга и спускаются к нижележащим центрам. Это возражение естественно, так как довольно сомнительно, чтобы такой раздражитель, как кристалл поваренной соли, мог продолжительное время действовать раздражающим образом на нервные клетки; при таком длительном опыте, как это имеет место в обстановке Сеченова, кристалл соли может скорее убить, парализовать нервные центры, и, если еще через час и более сказывается влияние соли на мозг, тут вероятнее всего, происходит раздражение нервных проводников, а не центров, так как известно, с одной стороны,¹ что для нервного волокна требуется химический раздражитель в концентрированном растворе и, с другой стороны, приложенная к нервному стволу поваренная соль способна вызвать мышечные сокращения через прямое раздражение двигательных волокон нерва, но не вызывает рефлекторных реакций, потому что химическое раздражение, приложенное к чувствующему волокну, по опытам Сеченова же, вызывает сильное торможение в нервных центрах (при приложении к двигательному волокну нервно-мышечного препарата оно, правда, тоже может вызвать эффекты торможения, но, сравнительно, с большим трудом).

Итак, торможение рефлексов при химическом раздражении средних частей мозга можно объяснить скорее влиянием

¹ См. стр. 108.

возбужденных проводников, чем центров. Во всяком случае, остается фактом, что торможение продолжительнее и интенсивнее при целости средних частей головного мозга, хотя существование специфического тормозящего центра, влияющего на все части центральной нервной системы, представляется маловероятным. Скорее следует допустить, что явления торможения развиваются в организме рядом с явлениями возбуждения, в их интересах и в интересах общей иннервации.

Обе половины спинного мозга находятся как бы в антагонистическом отношении друг к другу. Это доказывается на спинномозговой лягушке следующим образом: берут лягушку и помещают ее к дневному диффузному свету так, чтобы одна лапка была освещена, а другая затемнена. Определяя изменения раздражительности по методу Тюрка и записывая быстроту реагирования, можно видеть, что в освещенной лапке раздражительность повышается, а в затемненной понижается. Если теперь повернуть лягушку на 180° , то лапка, которая была затемнена и теперь освещается, получает повышенную раздражительность; в другой лапке наблюдается как раз обратное. Эти опыты производили Введенский (1879) и Тюрк. Вот примерная таблица (см. табл. 1).

Отсюда видно, что даже такой слабый раздражитель, как диффузный свет от окна, влияет на раздражительность: насколько повышается раздражительность в одной лапке, настолько в другой она понижается, как будто под влиянием возбуждения нервов одной лапки понижается раздражительность другой.

Таблица 1

Левая лапка	Удары метронома	Правая лапка	Удары метронома
Освещенная . {	10	Затемненная . {	12
	9		12
	10		13
Затемненная . {	12	Освещенная . {	10
	13		10
	12		9

И на людях были произведены аналогичные наблюдения; в особенно характерной форме эти явления можно видеть у истеричных, у которых происходят очень резкие колебания раздражительности под влиянием крайне незначительных воздействий или даже внушенных идей. В Париже, в клинике Шарко находилась на излечении истеричная особа, у которой была парализована и вместе с тем лишена чувствительности правая половина тела, другая же половина обладала несколько

повышенной против нормы чувствительностью к раздражениям. Можно было у этой больной колоть правую руку булавкой, царапать ее — кожа мало кровоточила, и больная не чувствовала никакой боли. Другая рука обладала вполне нормальной мышечной силой и чувствительностью и при уколах кровоточила. Заметили следующее: при наложении металлической пластинки на парализованную руку в последней восстанавливалась и даже повышалась более обыкновенного чувствительность, кожа начинала при уколах кровоточить, происходили мышечные сокращения, мышечная сила повышалась и т. д. На другой же руке в это время мышечная сила и чувствительность падали или даже развивалась полная анестезия. Эти опыты показали, что происходит как бы перенос чувствительности с одной руки на другую, почему и явление самое получило название «перенос» или «*transfert*». Этим вопросом в особенности заинтересовались врачи в 70—80 гг. прошлого столетия и начали лечить больных наложением металлов. Этот способ лечения, основанный на какой-то особой чувствительности к металлам, «металлоскопия», был одно время в большой моде. Некоторые доктора утверждали, что разным лицам помогают различные металлы: на одних оказывает целебное действие олово, на других серебро, свинец, железо и т. д. Но затем оказалось, что металлы здесь не при чем. Можно накладывать простые костяшки, и эффект получится тот же самый. Здесь прежде всего наложение металлов или костяшек действует как очень слабый, но длительный раздражитель нервной системы. Теперь, когда врачу приходится иметь дело с человеком, у которого наблюдается анестезия той или другой части тела, он прикладывает слабые электрические токи — и в результате получаются подобные же явления.

Установлен, таким образом, в известных случаях как бы антагонизм между той и другой половиной тела.¹ Из только что описанного наблюдения над истеричными видно, что очень слабое раздражение, но действующее на нервную систему продолжительное время, может произвести в центрах весьма значительный и обширный эффект. Если раздражать центры животного очень слабыми токами, которые сами по себе еще далеко не способны вызвать рефлекс, то при повторительных приложениях все одного и того же слабого раздражителя может получиться усиленный и обширный рефлекс. Стало быть, происходит как бы накопление и суммирование возбуждения в центральной нервной системе. Экснер (1883) дал этому характерному явлению особое название, в противоположение торможению, «*Bahnung*», — как будто дело идет о прокладывании путей — одно раздражение проторяет и подготавливает путь для другого. Но такое обозначение односторонне, так как здесь надо обращать внимание не только на подготовку проводников к проведению возбуждения, но еще, и главным образом, на состояние нервных клеток, как активных агентов

¹ Иногда в симметричных частях тела наблюдается одинаковый эффект: при погружении одной конечности в холодную воду сужение сосудов происходит в обеих.

центральной нервной системы: вероятно под влиянием длительно протекающего раздражения в них повышается возбудимость, рождается большая молекулярная подвижность и готовность отвечать собственной реакцией. Итак, в спинном мозгу встречаются очень сложные явления: возбуждение одних рефлекторных центров производит то торможение, то усиление эффекта раздражения в других центрах. По всей вероятности, такие влияния в нормальных условиях комбинируются известным целесообразным образом.

ТЕОРИИ ТОРМОЖЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЕ

Первая теория (Н. М. Сеченова). Впервые теория торможения в центральной нервной системе дана была И. М. Сеченовым. В сущности, мы с ней уже познакомились вполне: именно, по мнению И. М. Сеченова, тормозящее действие вызывают средние части головного мозга, где и помещается специфический «тормозящий центр». Впоследствии Сеченов, соглашаясь с фактами, обнаруженными Герценом и др., принял, что, помимо этого главного центра, существуют еще и ниже в спинном мозгу побочные «тормозящие центры». В свое время и Вебер тоже принимал в нервной системе существование специальных тормозящих аппаратов. В отношении периферической нервной системы большинство физиологов принимали, что есть 1) нервы возбуждающие и 2) особые нервы, дающие тормозящий эффект.

Став на эту точку зрения, некоторые исследователи развили дело еще дальше. Появилась теория Геринга (1872), подержанная Гаскеллом, — так называемая «теория ассимиляции и дезассимиляции». По этой теории, всякое возбуждение сопровождается всегда распадом (дезассимиляцией), а торможение — синтезом (ассимиляцией), и нервы, служащие специально для проведения возбуждения, производят в тканях процесс дезассимиляции, а нервы, дающие специально тормозящий эффект, совершают в них синтетический процесс. Когда раздражается блуждающий нерв, то сердце останавливается. В это время гальванометр констатирует в сердечной мышце не отрицательное колебание, характеризующее распад, и не простое возвращение к покою, а колебание положительное. И Гаскелл думал, что это указание на процесс, обратный возбуждению и распаду вещества, — процесс ассимиляции. Но здесь был недосмотр: дело в том, что при тормозящем влиянии блуждающего нерва сердце останавливает свою деятельность и расслабляется, и стрелка гальванометра показывает положительное колебание, но это характеризует не какое-либо

особое состояние деятельности сердца *sui generis*, а только силу тормозящего влияния, когда не только выпадает систола и отрицательное колебание, но выпадает и мышечный тонус обыкновенной диастолы. А если тонус выпал, то, естественно, стрелка гальванометра не остановится на уровне обыкновенного диастолического тока покоя, но даст отклонение уже в сторону положительного колебания. В отделе об иннервации сердца с этим явлением мы познакомимся подробнее. Вывод Геринга покоится, вероятно, на неправильных заключениях из опыта. Особенных экспериментальных доказательств в пользу этого взгляда не приведено, но он близко подходит к взглядам Вебера и Сеченова.

Вторая теория (Циона) или «теория интерференции». По мнению бывшего петербургского профессора Циона (1865), торможение обуславливается тем, что в нервных центрах происходит интерференция приходящих сюда двух волнообразных возбуждений. Представим себе нервную клетку, к которой по чувствующему волокну идет возбуждающий импульс в определенном направлении; с другой стороны к этой же клетке по другому волокну идет новое возбуждение; оба эти возбуждения будут интерферировать, как звуковые или световые волны, и может происходить как бы «затухание» их, т. е. в результате — отсутствие рефлекса. Не принимая специально «тормозящего центра», как Сеченов, Цион допускал, что затухание рефлексов происходит по типу интерференции двух колебательных процессов, идущих из разных источников. Эта теория, хотя она и очень остроумна, не может удовлетворительно объяснить явления торможения рефлексов. В самом деле, из физики известно, что для получения интерференции надо, чтобы волны (например, звуковые или световые) были прямо противоположны по направлению колебаний и равны друг другу по амплитуде и длине периода, иначе не произойдет затухания, а будут периодические ослабления и усиления звуковых или световых волн. Чтобы применить эту теорию для объяснения явлений торможения рефлексов, нужно допустить, что возбуждения, имеющие затормозить друг друга, всегда удовлетворяют указанным точным условиям: они равны по частоте и по силе колебаний, но отстают одно от другого на полволны. Трудно сделать такого рода допущение, ибо при раздражении чувствующих нервов в разных областях с одной стороны идут слабые возбуждения, с другой — сильные, ритм возбуждений отнюдь не одинаков. При встрече этих возбуждений в нервном центре в результате никоим образом не получилось бы нуля, т. е. «затухания» рефлекса, а могло бы произойти, наоборот, стимулирование его.

Третья теория. Можно указать еще на третье теоретическое объяснение данных явлений, которое предложил профессор Введенский. По его взгляду, торможение рассматривается, как особый случай возбуждения. Было выяснено на нервно-мышечном препарате, что если двигательный нерв раздражать частыми и вместе с тем довольно сильными индукционными токами, то мышца сначала впадает в тетанус, а потом более или менее скоро расслабляется. Последнее обстоятельство получается независимо от утомления или истощения нервно-мышечного препарата, так как стоит только в таком опыте ослабить раздражающие токи или уменьшить их частоту, и мышца снова отвечает на них сокращением; если усилить опять или участить раздражение, мышца вновь расслабляется. Дело сводится, стало быть, к манере раздражения, и описанное явление объясняется так: если частые и очень сильные импульсы приходят в концевой аппарат нерва, т. е. в двигательные пластинки, то здесь слагается как бы временное обмирание, нечто аналогичное наркозу возбудимых элементов: концевые пластинки под влиянием таких раздражений впадают в стойкое и неколеблущееся состояние своеобразного возбуждения, причем колебаний, сопровождающих обыкновенный процесс возбуждения, в них не происходит. Пока длится раздражение, получается временный паралич нервных окончаний и проведение возбуждений через них прекращается. Но стоит ослабить раздражения или сделать их более редкими, и возбуждение снова будет передаваться через концевые пластинки нервно-мышечному препарату.

По мнению Введенского, можно предположить, что торможение слагается подобным же образом и в центральной нервной системе. Когда более или менее сильные и частые возбуждения действуют на нервные клетки, то последние впадают в состояние паралича; если же ослабить или сделать более редкими раздражения, то получают явления положительного возбуждения центров. Это положение Введенский подтвердил в опыте на лягушке, отравленной стрихнином: если посылать сильные и частые раздражения по чувствующему волокну, то происходит торможение рефлекторного аппарата, в то же время раздражения более слабые и редкие вызывают те или другие положительные рефлекторные реакции. Одним словом, данные явления в центральной нервной системе подобны тому, что наблюдается на нервно-мышечном препарате. Возбудимые аппараты, ведущие к стимулированию или торможению рефлексов, являются не принципиально различными, но одни и те же центральные аппараты при сильных и частых раздражениях делаются невозбудимыми; наступает как бы

паралич их — они перестают проводить возбуждения, и мы получаем картину задержки или торможения. тогда как более слабые и редкие раздражения ведут к стимулированию тех же аппаратов. Итак, одни исследователи (как Вебер, Сеченов, Геринг, Гаскелл и др.) рассматривают аппараты возбуждения и торможения как принципиально различные, другие (Введенский, Цион, Шифф и др.) принимают, что при возбуждении и торможении имеется только относительная разница в состоянии одних и тех же аппаратов, в зависимости от степени и способа возбуждения.

Согласно Введенскому, торможение центров можно рассматривать, как особый случай временного их паралича под влиянием частых и сильных возбуждений, падающих на нервную клетку. С этой точки зрения для торможения не надо специальных волокон, как и специальных центров: те же самые нервы могут вести как к возбуждению, так могут они действовать и в сторону торможения нервных центров.

Как уже отчасти было упомянуто выше, первоначальное толкование Сеченова было неправильно и односторонне. Во-первых, нет достаточных оснований принимать существование специфических центров, оказывающих тормозящее влияние на рефлекторный аппарат, и, во-вторых, задерживание рефлексов можно вызвать не только со средних частей головного мозга, но и со всяких других центров нервной системы. Всякое сильное возбуждение одного центра угнетает деятельность всех других рефлекторных аппаратов. Доказать это легко. Например, если на спинномозговой лягушке раздражать один седалищный нерв, то деятельность других рефлекторных центров тормозится.

Во всяком простом рефлекторном акте, т. е. при участии одного спинного мозга, в нормальных условиях рядом с возбуждением есть и торможение. Положим, рефлекс состоит в сгибании ноги, следовательно, мышцы-сгибатели сокращаются; в это время мышцы-разгибатели, как оказывается, тормозятся — и это имеет определенный смысл для координации акта, ибо когда те или иные мышцы приходят в деятельное состояние, и должен быть достигнут от этого определенный результат, мышцы-антагонисты не должны им сопротивляться; а так как мышцы-антагонисты обыкновенно находятся в организме в состоянии некоторого тонуса, то, очевидно, теперь и тонус их должен выпадать. Подобно тому, если какой-нибудь разгибатель находится в деятельности, то соответствующий антагонист — сгибатель тормозится. В сущности, в каждом рефлекторном акте деятельность одной мышцы связана с торможением антагонистической мышцы. Тор-

можение складывается при этом двумя путями: когда мышца рефлекторно сокращается, но тем самым механически раздражаются чувствующие окончания, заложенные в ней самой, в ее апоневрозах и сухожилиях («волокна мышечной чувствительности»), и от этого вторично раздражаются центры, из которых несутся рефлекторно уже тормозящие импульсы к мышце антагонистической. Однако деятельность этих вторичных рефлекторных аппаратов (с органов мышечной чувствительности) для торможения антагонистов не обязательна: если уничтожить чувствительность действующей мышцы, если, например, перерезать чувствующий корешок, идущий от сокращающегося сгибателя, или если, наконец, вообще перерезать чувствующие корешки действующей конечности и вызвать рефлекторное сокращение мышцы-сгибателя, то мышца-разгибатель все-таки тормозится. Значит, торможение антагониста обусловлено и складывается в самих нервных центрах: в самом внутреннем устройстве рефлекторного аппарата уже даны такого рода соотношения, что всякий раз, когда известный центр возбуждается, то путем межцентральных влияний посылаются тормозящие импульсы к антагонистам. Отсюда следует, что точная иннервация даже простых рефлекторных актов покоится на явлениях одновременного возбуждения, с одной стороны, и торможения с другой. Эти отношения, принимая деятельное участие во всех иннервационных актах, обуславливают необходимую точность и тонкость отправлений нервных центров.

Следовательно, теперь мы не можем думать, как Сеченов, что тормозящие влияния исходят, если не исключительно, то главным образом из средних частей головного мозга, а надо признать, что они могут слагаться во всех частях центральной нервной системы. Если же в вышеприведенном опыте химического раздражения средних частей мозга получают сильные тормозящие влияния, то это происходит от другой причины, именно, при этом одновременно сильно возбуждается громадная масса проводников, идущих от головного мозга, и это сильное возбуждение вызывает состояние торможения в спинномозговых центрах.

ПРОДОЛГОВАТЫЙ МОЗГ

У лягушки продолговатый мозг представляет только 4—5 мм длины; если этот маленький участок мозга оставить в связи со спинным, то картина отправлений лягушки значительно изменяется. В то время как спинномозговая лягушка без внешних раздражений лежит пластом, как мертвая, а при

раздражении дает локализованные и ограниченные, т. е. относящиеся к определенному месту, рефлексы, лягушку, у которой сохранен продолговатый мозг, нельзя удержать на спине — она тотчас же переворачивается; если приложить раздражение к одной лапке ее, то она сделает движение не только раздраженной лапкой, но всеми конечностями, совершая целый ходильный акт, т. е. более или менее сильное раздражение вызывает сложный координированный рефлекс. Следовательно, с целостью продолговатого мозга у спинномозговой лягушки прибавляется нечто новое для нервных центров, управляющих конечностями: возбуждение, приходящее с периферии, вызывает импульсы в центростремительном направлении, которые могут дать не простой местный рефлекс в одной какой-нибудь части, а сложный, обнимающий почти весь рефлекторный аппарат. Пока оставался один спинной мозг, каждый центр действовал, можно сказать, сам за себя, и если возбуждение распространялось дальше, то оно шло от одного центра к другому в однообразной, простой, заранее определенной последовательности, вызывая отдельные рефлексы, направленные к устранению раздражителя. При сохранении продолговатого мозга простое и несильное раздражение (при осторожном повертывании лягушки на спину или слабым надавливанием лапки) приводит в действие весь ходильный аппарат, т. е. ведет к сочетанным движениям передних и задних конечностей. На этом основании продолговатый мозг рассматривается как центр высшего порядка, объединяющий отдельные центры, заложенные в спинном мозгу, как центр, сочетающий отдельные рефлексы в ту или другую деятельность, как это нужно, например, для ходильного акта.

Затем в продолговатом мозгу заложены и другие в высшей степени важные центры. Остановимся прежде всего на *дыхательном центре*. Он, несомненно, находится в продолговатом мозгу. Первые опыты над продолговатым мозгом повели, правда, к ошибочному представлению о нем. Именно, французский физиолог Флюранс в 30-х годах прошлого столетия, разыскивая дыхательный центр, производил опыт на кролике и нашел, что маленький укол в дно четвертого желудочка (*sinus rhomboidalis*), на границе нижней и средней трети, вызывает сразу остановку дыхательных движений, быструю асфикию и смерть животного. Флюранс объяснял это тем, что здесь находится особый «жизненный узел» (*poeud vital*), который при уколе разрушается, и, таким образом, останавливаются все жизненные функции и наступает смерть. Опыт в высшей степени демонстративный, но в толковании его был, как мы сейчас увидим, недосмотр. Опыт Флюранса

можно произвести и на лягушке: если вскрыть у нее продолговатый мозг и удачно произвести укол маленьким скальпелем в дно четвертого желудочка, то лягушка пискнет (это и будет признаком удавшегося опыта), и наступает полная протрация с остановкой дыхательных движений, что очень легко заметить, так как у лягушки эти движения производятся дном ротовой полости. Лягушка, действительно, лежит теперь на спине, не производя никаких движений, как мертвая. Но если наблюдать за нею дальше, то увидим, что появляются сначала очень редкие колебания дна ротовой полости, постепенно учащающиеся, и через некоторое время дыхательные движения восстанавливаются. Лягушка при этом, хотя и дышит, но сначала лежит еще на спине, потому что произошло сильное потрясение рефлекторного аппарата. Постепенно у нее восстанавливаются местные рефлексы: при надавливании пальцем лягушка подтягивает лапку. Когда же деятельность продолговатого мозга восстановится еще далее, то лягушка со спины перевернется на живот.¹

Это обстоятельство дало повод проверить опыт Флюранса и на теплокровных животных. Оказывается, что если у кролика после укола производить искусственное дыхание, то через известное время и у него восстанавливаются дыхательные функции, кролик несколько оправляется и живет. Следовательно, Флюранс ошибся в толковании своего эффектного опыта. Оказалось, что здесь нет никакого жизненного узла, нет и поражений дыхательного центра, а просто вследствие укола наступает очень глубокий шок, распространяющийся на все центры, обморочное состояние, которое длится долгое время, и благодаря остановке дыхательного аппарата, теплокровное животное умирает от задушения. Искусственное дыхание предотвращает смерть кролика, лягушка же оживает сама собой, так как ей ничего не стоит обойтись несколько минут без легочного дыхания, ведь она и без легких может существовать, как мы увидим в учении о дыхательном обмене.

Таким образом, вышеприведенный опыт не имеет в настоящее время того значения, которое ему придавал Флюранс. Однако за Флюрансом остается та заслуга, что с него начались исследования над отысканием дыхательного центра в

¹ Иногда внешние раздражения как бы «снимают» шок. Например, если распластанную после операции лягушку внезапно перевернуть со спины, то она сразу подтянет лапки, тогда как более сильные раздражения реакций не дают. Это, во всяком случае, указывает, что отсутствие рефлекторной возбудимости после укола в продолговатый мозг, поразившее Флюранса, есть с самого начала следствие шока и торможения нервных центров.

продолговатом мозгу. Явление, вызываемое уколом Флюранса, не представляет разрушения дыхательного центра или какого-то «жизненного узла», а оно происходит благодаря так называемому шоку — состоянию потрясенных операцией центров, при котором они остаются временно парализованными. Теперь определен дыхательный центр, но не там, где его указывал Флюранс. Оказывается, на месте укола нет нервных клеток, а главным образом волокна, и дело сводится скорее к возбуждению проводников, ведущему к временному параличу центров, которые сами по себе остались целыми.¹

Для шока характерно то, что он всегда распространяется вниз, т. е. по волокнам, спускающимся от пораженных центров к нижележащим центрам и периферическим аппаратам. Явления шока известны из практики на бойне и при классическом бое быков в Испании. При убое быка последнему нагибают голову, и боец ударом ножа через затылочную связку поражает продолговатый мозг, благодаря чему вызывается сильный шок, который длится 1—2 минуты, и этим пользуются, чтобы отрезать быку голову и распластать его. В Испании тореадоры прибегают к тому же способу, они стараются попасть особым кинжалом («эспадрилья») разъяренному быку в продолговатый мозг, и при удачном ударе бык падает замертво.

На самом деле дыхательный центр является парным, он состоит из двух половин и лежит в продолговатом мозгу, совпадая, приблизительно, с местом отхождения IX и X пар черепных нервов. Правильные ритмические движения, поддерживающие вентиляцию легких, зависят от этого парного центра. В сущности, ближайшие центры для мышц, участвующих в движениях дыхательного аппарата, лежат в спинном мозгу, а данный центр является, опять-таки, центром высшего порядка, объединяющим деятельность отдельных спинномозговых центров, заложенных ниже (центр для диафрагмы, для межреберных мышц и т. д.). Центр этот приводит в ритмическое правильно-координированное действие мышцы, участвующие в акте дыхания. Сейчас мы не останавливаемся на деталях, так как встретимся еще с этим вопросом в учении об иннервации дыхания. Указываем пока лишь на положение дыхательного центра и на его объединяющий характер центра высшего порядка.

Автоматизм дыхательного центра. Замечательно, что этот центр может действовать независимо от периферических им-

¹ В параллель с этим опытом можно поставить опыт Сеченова с химическим раздражением срезних частей головного мозга, где также дело сводится к возбуждению проводников, вследствие чего происходит последующее угнетение центров (см. торможение).

пульсов. Для рефлексов нужно, чтобы чувствующий нерв принес возбуждение к центру, чтобы это возбуждение отразилось на двигательной сфере и передалось к периферии. Дыхательный же центр может возбудиться прямо, т. е. независимо от центростремительных нервных импульсов, и возбудителем его служит определенный состав крови, именно — венозность ее. Такой тип деятельности, где не нужно импульса с периферии, носит название *автоматического*. Центр возбуждается непосредственно, раздражение прилагается как бы к самому его телу. В данном случае ненормальный состав крови, т. е. накопление CO_2 и недостаток O_2 , действует на него возбуждающим образом, хотя бы чувствующие нервы были и перерезаны.

Здесь же, в продолговатом мозгу лежит новый центр высшего порядка, именно центр, управляющий кровеносными сосудами (*сосудодвигательный*). Сосуды (как увидим в отделе об их иннервации) не остаются все время в одном состоянии, они то расширяются, то суживаются, и наполнение их кровью находится под влиянием специальных нервных центров. Такие центры лежат по всей длине спинного мозга. Например, для сосудов задних конечностей центры лежат в поясничном утолщении, где и центры для мышц этих конечностей. Но, оказывается, эти спинномозговые сосудистые центры служат только для отдельных провинций. При раздражении разных пунктов спинного мозга электрическим током просвет кровеносных сосудов уменьшается только в отдельных ограниченных областях тела. В продолговатом же мозгу находится центр, объединяющий сосудистую иннервацию и как бы сразу влияющий на все сосуды тела. Доказательство этого было дано проф. Овсянниковым. Опыты заключались в следующем: на кролике записывается кровяное давление, которое характеризует известную степень заполнения сосудов кровью и степень сжатия их. Срезают по частям головной и затем продолговатый мозг: кровяное давление начинает понемногу и постепенно падать; но если перерезать мозговую ось на уровне «*calamus scriptorius*», то кровяное давление падает сразу. Это указывает на то, что сосуды внезапно расширились; до этого они были в тонусе, который теперь выпал. Если выпрыснуть в продолговатый мозг стрихнин, то это отразится на всех сосудах тела, — произойдет сужение их; если подействовать там же эрготином (вытяжка из спорыньи), получают спазмы во всем теле, и сосуды тоже суживаются. Этот центр можно возбуждать и прямо посредством электрического тока, при этом кровяное давление в сосудах повышается. На основании таких опытов принимают, что в про-

продолговатом мозгу находится важный сосудодвигательный центр, объединяющий все подчиненные центры спинного мозга, приводящие в сокращение кровеносные сосуды отдельных частей тела. Впоследствии познакомимся с этим центром ближе в учении об иннервации сосудов.

Еще следует указать важный центр, тоже высшего порядка, лежащий в продолговатом мозгу, именно *потоотделительный*. В коже животных, за некоторыми исключениями,¹ имеются потоотделительные железы. К ним подходят нервы, при раздражении которых на коже выступают одиночные капельки пота. Для отделения пота существуют свои центры низшего порядка, заложенные по длине спинного мозга — это местные или локальные центры; если их раздражать, то можно вызвать отделение пота только в отдельных провинциях тела, например, в той или другой конечности, в разных местах туловища и т. п. В продолговатом мозгу лежит центр высшего порядка, заведующий всеми местными потоотделительными центрами спинного мозга. При раздражении его вызывается потоотделение во всех областях тела. Раздражителями этого центра, помимо электрического тока, могут служить определенные яды — никотин, камфора, мускарин.² Если подействовать каким-нибудь из этих ядов на продолговатый мозг, то потоотделительный аппарат начнет энергично функционировать и сразу появится обильное отделение пота во всех провинциях тела.

Затем от продолговатого мозга отходят в высшей степени важные нервы для *иннервации сердца*. Именно, в продолговатом мозгу лежат центры для X и XI пары нервов, регулирующих деятельность сердца. Блуждающий нерв, как увидим ниже, посылает к сердцу волокна, которые имеют назначение замедлять, умерять его деятельность. Через блуждающий нерв продолговатый мозг является регулятором двух важнейших функций в растительной жизни организма: дыхания и сердцебиения. Еще надо упомянуть, что некоторые исследователи предполагали здесь существование особого «*судорожного*» центра, потому что, раздражая электрическим током или ядом продолговатый мозг, очень легко можно вызвать судороги сразу во всем теле (Нотнагель). Но едва ли есть основание допускать особый центр для такой функции, ко-

¹ У собаки, кролика, крысы, мыши и козы потоотделительных желез не имеется. У обезьяны, кошки и ежа они имеются только на ладонях конечностей.

² Мускарин влияет, главным образом, на периферические аппараты для отделения пота: им можно вызвать потение ноги после того, как в последней перерезан седалищный нерв.

торая не существует у организма в нормальных условиях. Судороги характеризуют вообще сильное возбуждение центральной нервной системы, поэтому более вероятно предположить, что при неосторожном раздражении продолговатого мозга легко происходит беспорядочное возбуждение большого количества центров или элементов, принимающих участие в координации многих движений. Странно предполагать особый «судорожный» центр, когда общие судороги можно также вызвать возбуждением других частей центральной нервной системы, например, коры больших полушарий. В настоящее время особого судорожного центра не принимают.

На основании вышерассмотренных функций продолговатый мозг принимается за собрание центров высшего порядка, как будто здесь собраны нити для приведения в известную деятельность сразу всех областей тела. Продолговатый мозг играет объединяющую роль для центров спинного мозга и тем самым вносит нечто новое в деятельность последнего. Необходимо, впрочем, сделать оговорку. Мы видели, что у лягушки и у теплокровных, например, у кролика, ходильный акт совершается именно при целостности продолговатого мозга, следовательно надо думать, что именно здесь сочетаны отдельные центры конечностей. Однако это не общее правило для всех животных. Известно, что если, например, петуху отрезать голову, то он может убежать и взлететь и, следовательно, у него после операции ходильный акт остается и осуществляется при помощи одного спинного мозга. Сохранился исторический факт, что император Калигула для развлечения отрубал головы страусам и наблюдал, как обезглавленные птицы бегали.

Профессор Тарханов на утке и Зингер на голубе показали, что локомоция у этих животных после удаления продолговатого мозга возможна и координирована. Так, если сделать у утки две перевязки кровеносных сосудов на шее и перерезать спинной мозг под продолговатым, то при условии искусственного дыхания и по исчезновении шока, утка, брошенная на воду, может летать, плавать и нырять, при чем плавательные движения конечностей совершаются в определенном порядке. Голуби при тех же условиях могут ходить и летать. Отсюда делают вывод, что в то время, как у птиц с длинной шеей (как утка, лебедь, гусь и пр.) центры всех координированных движений правильно действуют без продолговатого мозга и могут быть сочетаны еще в спинном мозгу, у животных с короткой шеей (лягушка, кролик) локомоторный (ходильный) аппарат сочетан в области продолговатого мозга. Но можно предполагать и так, что у последних центры коорди-

нированных движений тоже существуют в спинном мозгу, но после отделения продолговатого мозга они не производят действия, может быть, благодаря шоку, который длится долгое время и, поражая центры, заложенные в спинном мозгу, расстраивает спинномозговую ходильную иннервацию. У животных же с длинной шеей шок, вызванный операцией, может быть, не производит столь сильных расстройств во взаимоотношении локомоторных центров спинного мозга, так как все они находятся на значительном расстоянии от места перерезки.¹ Этим мы заканчиваем учение о высших центрах в продолговатом мозгу.

Продолговатый мозг не представляет из себя только собрания центров высшего порядка, он является аппаратом, в котором заложен целый ряд местных и самостоятельных центров, чувствующих и двигательных. В первом случае он подобен центральной станции с ее объединяющей ролью, а во втором — он есть простое продолжение спинного мозга, как собрание простых рефлекторных механизмов. Прежде чем перейти к изучению местных центров продолговатого мозга, рассмотрим функцию черепных нервов.

ФУНКЦИИ ЧЕРЕПНЫХ НЕРВОВ

Считая спереди назад, от головного мозга отходит двенадцать пар нервов. Оставляя пока в стороне нервы I и II пары, т. е. *обонятельный* (п. olfactorius) и *зрительный* (п. opticus), как нервы специальной чувствительности, начнем рассмотрение с третьей пары. (См. рис. 50).

III пара. Глазодвигательный нерв (п. oculomotorius) — нерв чисто двигательный, берет начало на границе между продолговатым мозгом и средним отделом головного, из ядер на дне водопровода Сильвия. При раздражении этого нерва зрачок суживается, при параличе — расширяется, и аккомодации тогда вовсе не происходит (глаз все время остается приспособленным к смотрению вдаль). При полном параличе этого нерва опускается, кроме того, верхнее веко (ptosis), глаз становится неподвижным в положении отведения наружу и вверх (strabismus divergens), развивается легкое пучеглазие, пропадает в глазу реакция на свет. Этот нерв управляет движением глаза, иннервируя четыре мышцы, идущие к яблоку:

¹ Бельгийскому ученому Филиппону (1905) действительно удалось показать, что ходильная иннервация на собаке возможна с одного спинного мозга; для этого необходимо, чтобы животное значительно оправилось от операции, произведенной недели за две до наблюдения.

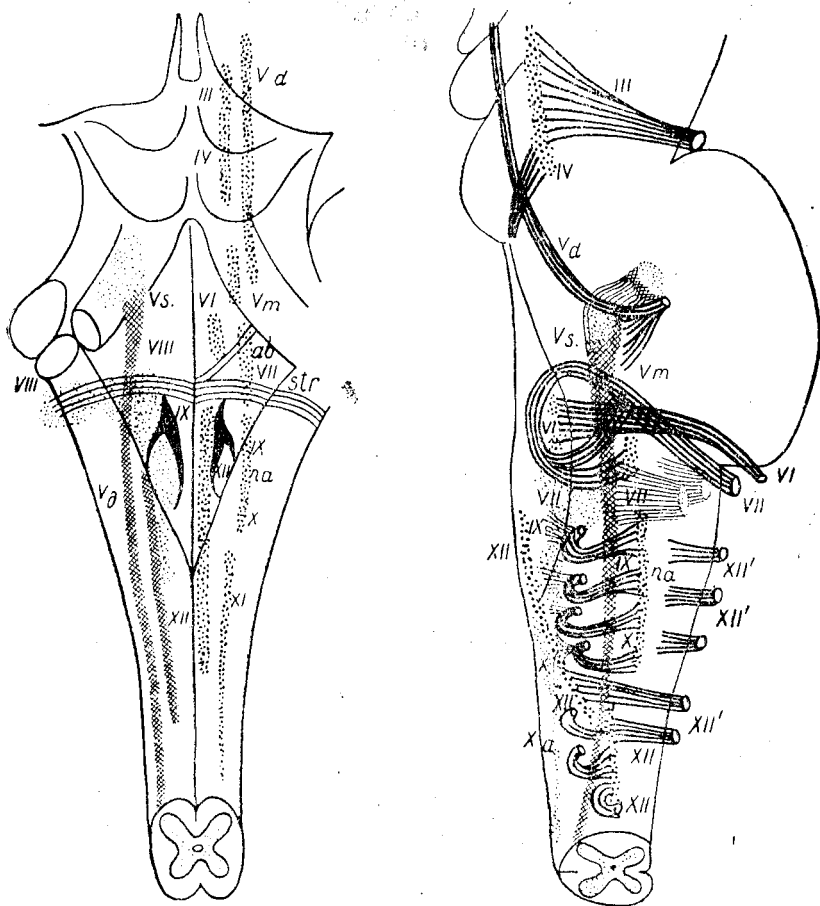


Рис. 59. Диаграмма продолговатого мозга с его ядрами со спинной стороны и справа (по Люччани).

В первом рисунке в левой половине *medullae* обозначены только чувствующие центры; в правой половине — только двигательные.

III и IV — ядра oculomotorius и trochlearis; V_d — нисходящий корешок trigeminus; V_s — чувствительное ядро trigeminus; V_d — восходящий корешок trigeminus; V_m — двигательное ядро trigeminus; VI — ядро abducens; VII — ядро facialis; nVII — корешок facialis, огибающий ядро abducens; VIII — внутреннее или дорзальное ядро acusticus; VIII' — внешнее или вентральное ядро acusticus; IX — X — ядро glossopharyngeus и vagus; na — nucleus ambiguus, или эфферентное ядро 9-й и 10-й пары; XI — ядро accessorius; XII — ядро hypoglossus; XII' — нисходящие корешки hypoglossus. (Размеры сравнительно с натурой увеличены вдвое).

rectus internus, superior и interior, а также obliquus inferior. Подробнее функции этого нерва разберем в органе зрения.

IV пара. Блоковой нерв (n. trochlearis). Это, по началу, чисто двигательный нерв, заведующий вращением глаза; затем он смешивается, анастомозирует с пятой парой и иннервирует косую мышцу глазного яблока (m. obliquus superior). Ядро этого нерва лежит непосредственно за ядрами oculomotorii, кзади и сбоку от них. С поражением этого нерва связан ненормальный поворот глаза вокруг переднезадней оси и видение предметов вдвойне (см. ниже в органе зрения).

V пара. Тройничный нерв (n. trigeminus). Пятая пара построена совершенно по типу спинномозговых нервов. Здесь имеется мощный чувствующий корешок, снабженный ганглием и вступающий в мозг несколько более кзади; более кпереди исходит из мозга относительно тонкий двигательный корешок. Корешки эти сливаются, с тем чтобы снова потом разойтись в отдельные пучки волокон: три чувствующие и один двигательный, причем двигательный пучок сливается с третьим чувствующим, образуя смешанный ствол, а два прочие чувствующие пучка идут отдельными стволами чувствующих нервов. Ганглий заднего корешка тройничного нерва, вполне гомологичный спинномозговому ганглию чувствительных корешков, называется полулунным, или Гассеровым, ганглием (ganglion semilunare Gasseri). В продолговатом мозгу этому нерву соответствуют три ядра: 1) ядро двигательного корешка с относительно очень крупными клетками лежит на дне четвертого желудочка вверху, недалеко от средней линии; 2) для двигательного же корешка имеется еще ядро в средних частях головного мозга, в области четверохолмия, сбоку от Сильвиева водопровода; 3) ядро для меньшей части чувствующих волокон тройничного нерва лежит сбоку от первого двигательного ядра, и остальные чувствующие волокна берут начало из нервных клеток Гассерова узла. Смешанный ствол тройничного нерва, — именно, самая нижняя из его трех ветвей, носящая название ramus mandibularis, несет свои двигательные волокна, главным образом, к жевательным мышцам, затем к крыловидным и височным (masseter, pterygoidei и temporalis); кроме того, имеются веточки к mylo-hyoideus, передней части biventer, к tensor veli palatini и к tensor tympani. Из заднего же корешка выходят чувствующие волокна, которые, распространяясь в различных областях лица и заходя внутрь черепа, снабжают расположенные здесь органы по преимуществу чувствительностью.

Вся общая чувствительность лица зависит от тройничных нервов. Если чувствующий (задний) корешок n. trigemini пе-

перезать, то все лицо теряет чувствительность, именно — лишается чувствительности кожа на лице, за ушами, роговая оболочка глаза, носовая полость теряет общую чувствительность (обоняние при этом остается), в ротовой полости пропадает общая чувствительность в переднем отделе, т. е. в деснах, в зубах, в языке, отчасти исчезает и вкусовая чувствительность, по крайней мере, в передней части языка у многих животных. Отсюда можно догадаться, какая картина наблюдается у животных после перерезки этих нервов и у человека при параличе. Если перерезать с одной стороны тройничный нерв, например, у собаки, то соответственная часть лица потеряет чувствительность: можно ее щипать, прижигать — собака не чувствует. На людях при параличе этого нерва наблюдается подобная же картина — соответственная половина лица, жевательные мышцы и половина языка в переднем отделе теряют чувствительность, затем в них постепенно ослабевает тонус мышц, страдает питание, развивается атрофический процесс; на другой половине лица остается нормальный тонус мышц и потому лицо у заболевшего нередко скашивается на одну сторону. Больной может жевать только на непарализованной стороне и при пережевывании может, не ощущая боли, прикусить язык и изъязвить его таким образом. Слезоотделение сильно уменьшается или прекращается. Мигания не приходится даже если прикоснуться к роговице. Вследствие этого глаз легко засоряется и воспаляется. По поводу тройничного нерва возник вопрос, не имеют ли эти нервы «трофического» влияния на ткани. Бросались в глаза нарушения в питании пораженных частей: загрубение волос, выпадение их, лишаи и воспаления кожи на лице, наконец перерождение тканей в глазу.

Мажанди произвел на кролике классический опыт перерезки тройничного нерва внутри черепа. Если у кролика перерезать п. *trigeminus* на одной стороне, то прикосновение к роговой оболочке соответственной стороны не вызывает мигания, теряется общая чувствительность половины морды. В ротовой полости происходит изъязвление языка, губ, щек вследствие паралича жевательных нервов, так как при этом нижняя челюсть отклоняется в противоположную сторону, и зубы с обеих сторон, принявшие ненормальное положение, ранят ткани, потерявшие чувствительность. Интереснее всего то, что после этого в роговой оболочке наступает воспалительный процесс, затем получается изъязвление ее, она мутнеет, слущивается, появляется гной и часто гнойное воспаление распространяется на все глазное яблоко; в конце концов, глаз погибает. Думали, что целость нервов поддерживает

нормальное питание роговой оболочки глаза и что при перерезке на одной стороне п. *trigeminus* вместе с потерей чувствительности соответствующей половины лица выпадает и другая функция нерва, именно — прекращается питание тканей, глубоко нарушается обмен веществ, и орган гибнет. На этом основании предполагали существование в стволе п. *trigeminus* особых «трофических» волокон, т. е. центробежных волокон, служащих для регулирования внутреннего питания тканей. Но позднее это явление объяснили проще: только потерей чувствительности в соответствующей части. Перерождение глаза зависит от посторонних и случайных влияний: кролик натывается глазом на соломинку, на сено, засоряет и ранит его, и глаз, лишенный своего собственного стража — чувствительности, теряет защитные реакции со стороны мигательных движений век, слезоотделения и проч.; пыль, грязь, попадающие в глаз, не удаляются — в результате развивается гнойное воспаление, и вследствие этого постепенно развивается вышеописанная картина разрушения. Если при этом опыте принять меры для охранения глаза от случайных повреждений, обмывать его и пр., то оказывается, глаз не теряется, в нем не происходит никаких изменений, кроме крайне слабого воспаления. Предохранить глаз от высыхания, от пыли и от механических повреждений, и тем самым предотвратить воспаление в нем можно различными способами: зашивают веки,¹ либо помещают кончик ушной раковины перед глазом или надевают на глаз щиток (часовое стеклышко и т. п.).

У человека не наблюдается воспаления роговицы даже при вылушении Гассерова узла, так как человек лучше, чем животное, может защищать глаз, в котором развилась анестезия. Поэтому теперь не признают существования особых трофических нервов и объясняют явления потерей чувствительности.

VI пара. Отводящий нерв (п. *abducens*). Этот нерв исключительно двигательный, впоследствии заимствует чувствительные волокна из пятой пары. Иннервирует только одну мышцу, именно — прямой наружный мускул глаза (п. *rectus externus*). Управляет отведением глаза кнаружи. Паралич этого нерва ведет к внутреннему косоглазию (*strabismus convergens*). Ядро — на дне четвертого желудочка, непосредственно над *striae acusticae*, тесно связано с ядром *oculomo-*

¹ Зашивание век недостаточно защищает глаза, так как они лишены чувствительности, и кролик, натываясь на окружающие предметы, может все-таки поранить глаза.

torii. Подробнее рассмотрим этот нерв в учении об органе зрения.

VII пара. Лицевой нерв (п. *facialis*). Этот нерв чисто двигательный, или точнее, центрифугальный, в нем чувствующих волокон нет.¹ Он имеет двигательные волокна для всех мышц лица, за исключением жевательных и других мышц, которые иннервируются тройничным нервом. Это по преимуществу нерв мимики, т. е. нерв для мышц лба, век, носа, щек и губ (кроме того, для мышц уха и передней части шеи), за исключением мимики глаз — «игры глаз». Плач, смех, улыбка и т. п. находятся в связи с деятельностью этого нерва. На животных после перерезки на одной стороне этого нерва и при параличе его, очень часто встречающемся у людей, на соответствующей половине лица, где волокна нерва перерезаны или парализованы, наблюдается двигательный паралич мышц; на нормальной стороне мышцы продолжают оставаться в тонусе, и вследствие этого в первое время лицо скошено на здоровую сторону: тоническое сокращение здоровых мышц искривляет лицо на одну сторону. Но так продолжается недолго: несколько позднее парализованные мышцы стягиваются, и лицо перекашивается уже на больную сторону. Эти паралитические явления заметны уже в покойном состоянии лица, а при действии лицевых мышц, например, при смехе, улыбке и т. п., все это выступает еще резче, — усиливается контраст и асимметрия обеих половин лица.² На парализованной стороне, благодаря параличу *m. orbicularis*, человек не может закрыть глаза (так называемый *lagophthalmus*), и это сопровождается слезотечением. Иногда маленький язычок и мягкое небо отклоняются на здоровую сторону, и голос делается с легким носовым оттенком. Затруднено глотание вследствие паралича *digastricus* и *stylohyoideus*. Характерным образом иногда усиливается на стороне поражения слуховая восприимчивость, вследствие паралича *m. stapedii* — мышцы, умеряющей экскурсии барабанной перепонки. Кроме того, лицевой нерв включает в себе также секреторные волокна для подъязычной, подчелюстной, околоушной и слезной желез. Как нерв секреторный, п. *facialis* мы будем изучать в главе о слюноотделении.

¹ Правда, при перерезке лицевого нерва получается ощущение боли, но эта чувствительность обязана чувствующим волокнам X пары нервов (п. *vagus*).

² Паралич *facialis* отражается спустя долгое время и на строении костей черепа: он прогибается в сторону пораженной половины, вследствие прекращения питания и роста парализованных мышц, что отражается вторичным образом на костях.

Прежде думали, что к подчелюстной железе идет слюноотделительный нерв из ветки *lingualis*, т. е. ветки V пары (тройничного нерва) и что при раздражении электрическим током этой веточки происходит отделение слюны. Однако это заключение было неверно. Оказалось, что эти секреторные волокна принадлежат лицевому нерву, т. е. оставляют мозг через VII пару корешков и позднее заходят в ствол V пары, идут в нем на некотором протяжении и поворачивают затем к слюнной железе; эта ветвь VII пары носит название *chorda tympani*. Дело в том, что черепные нервы обнаруживают наклонность образовывать анастомозы, т. е. заходить в стволы других нервов, и это явление анастомозирования настолько развито в нервах головного мозга, что иногда чрезвычайно трудно проследить ход волокон, благодаря чему исследователи путались при определении функций этих нервов. Как же решить вопрос, какому нерву принадлежит та или другая функция? Вопрос этот решается лучше всего по методу уоллеровского перерождения нервного волокна. Именно, если перерезать корешки VII пары, то книзу от перерезки перерождаются принадлежащие к этой паре волокна, в числе их и *chorda tympani*, и если теперь раздражать электрическим током корешок V пары или *lingualis*, то отделения слюны не получится. Наоборот, если перерезать корешок V пары, не трогая корешков VII пары, то происходит перерождение *lingualis*, но при раздражении корешков VII пары или же общего ствола слюна будет отделяться, так как волокна *chordae tympani* остаются при этой перерезке неповрежденными, а в чувствующей сфере (VII пара чисто центрифугальный нерв) эффекта не получится.

VIII пара. Слуховой нерв (п. *acusticus*). Само название показывает назначение этого нерва проводить слуховые возбуждения. Прежде всего, это нерв слуха, он оканчивается в ухе, в том именно аппарате, посредством которого мы воспринимаем общие слуховые впечатления. Следовательно, это нерв специфической чувствительности, он доставляет нам только определенные впечатления. Другая функция слухового нерва заключается в передаче возбуждений, связанных с положением тела и с чувством равновесия.

Нерв этот, чисто центростремительный, начинается из двух ядер: одного, посвященного чувству равновесия, на дне четвертого желудочка ближе к срединной линии, и другого — посвященного собственно слуху и лежащего у *corpus restiforme*, латеральнее его. Нерв направляется к внутреннему уху и делится здесь на две ветви, имеющие каждая свое назначение. 1) Одна ветвь направляется в улитку (г. *tympanicus* или

cochlearis), снабжается здесь особым ганглием (g. spirale) и оканчивается периферическим органом слуха — органом Корти; это ветвь специфически слуховая (подробнее о ней скажем в отделе органов чувств, в учении о слухе). 2) Другая ветвь (n. vestibularis) снабжена также особым ганглием (g. vestibulare s. Scarpa) и распространяется в преддверии лабиринта, в полукружных каналах; это ветвь общей чувствительности и снабжает ею центральный орган равновесия, как увидим ниже, имеющий ближайшее отношение к координации движений (см. рис. 55, нижний отдел сядрами n.v.a. и n.d.a.). В сущности ветви слухового нерва можно рассматривать как два самостоятельные чувствующие корешка продолговатого мозга; как мы видели, каждый из них имеет свое особое ядро, свой особый периферический ганглий (наподобие спинномозговых чувствующих корешков) и особые концевые аппараты.

IX пара. Языкоглоточный нерв (n. glossopharyngeus). Некоторые исследователи рассматривали его как чисто чувствующий нерв. Двигательные реакции, получаемые при его раздражении, приписывали примеси волокон VII, в особенности X пары нервов: последний имеет общее двигательное ядро с glossopharyngeus (так. называемое nucleus ambiguus). Прежде всего — это нерв вкусовой чувствительности. Он снабжает заднюю часть языка вкусовыми волокнами, оканчивающимися в желобообразных сосочках языка, в так называемых вкусовых луковицах.¹ Есть авторы, считающие, что и передняя часть языка получает вкусовые волокна от этого же нерва, причем эти волокна лишь в периферических частях заходят в ствол facialis и в ствол n. trigemini и направляются в чужом стволе к кончику языка. Возможно, что вкусовые нервы подходят к языку в стволах V и VII пары, происходя все-таки из чувствующего ядра IX пары, лежащего отдельно от соответствующего двигательного в так называемом ala cinerea, (сером крыле) и на дне четвертого желудочка. Зато нельзя утверждать, что чувствующими волокнами n. glossopharyngei снабжаются исключительно лишь вкусовые окончания на языке (о них см. в физиологии органов вкуса). По всей вероятности, следует приписать его же волокнам общую чувствительность корня языка (восприятия осязательные, термические, болевые ощущения вяжущего и т. п.) и ему же принадлежит общая чувствительность глотки, мягкого неба и отчасти гортани.

¹ Вкусовые луковицы перерождаются уже через 30 часов после перерезки glossopharyngei.

По отношению к двигательным волокнам вопрос решить трудно. Если раздражать ствол этого нерва, то вызывается движение в мягком небе и в глотке (*m. stylo-pharyngeus* и *constrictor pharyngis superior*), то это, как многие полагают, зависит от примеси волокон (анастомозов) из ядер *facialis*, X и XI пары. Ход черепных нервов определить нелегко; можно допустить ведь, что *n. glossopharyngeus* еще до выхода из черепной полости примешивается к волокнам X и XI пары и выходит через чужие корешки; на дальнейшем пути также могут быть всевозможные анастомозы, которые так развиты внутри самой черепной полости! Метод перерезки и вырывания корешков тоже не дает несомненных указаний, потому что, хотя в некоторых волокнах ниже перерезки и произойдет перерождение, однако всегда остается возможным возражение, что некоторые из волокон еще до выхода из мозга уже анастомозировали с чужими пучками, и таким образом перерезка не могла их коснуться.

Что двигательные волокна, приписываемые языкоглоточному нерву, имеют тесную функциональную связь с чувствующими аппаратами этого нерва, на это указывает уже то обстоятельство, что вышеназванные мышцы приходят в рефлекторное возбуждение всего легче с чувствующих поверхностей *glossopharyngei* (рефлекторное глотание). Как бы то ни было, до сих пор еще между исследователями нет полного согласия по отношению к функциям IX пары. Некоторые физиологи и в наше время учат, что все вкусовые функции и передней и задней части языка зависят от *glossopharyngeus*; другие предполагают, что передняя часть языка получает вкусовую чувствительность от *n. trigeminus*; наконец, третьи утверждают по отношению к человеку, что у разных лиц оказывается различная иннервация. Прибегают к статистическому методу. Но вопрос остается очень трудным, тем более, что на отдельном человеке выяснено, что при частичной потере вкусовой чувствительности он сам этого не замечает. На животных исследовать чувствительные функции ее труднее, потому что нет совершенно точных данных для суждения об их ощущениях. Кроме того, вкусовые вещества, положенные на отдельные точки языка, не сразу начинают действовать и вызывать ощущения, а затем, растекаясь, захватывают большую поверхность, и трудно поэтому определить с несомненностью границы тех или иных чувствительных поверхностей. Указанными положениями обуславливаются многие противоречия между исследователями.

Во всяком случае IX пара является по преимуществу вкусовым нервом; нельзя с решительностью оспаривать присут-

ствия двигательных волокон в ней и несомненно присутствие секреторных, иннервирующих *parotis*.

X пара. Блуждающий нерв (*n. vagus s. pneumogastricus*) и *XI пара — прибавочный или Виллизиев нерв* (*n. accessorius Willisii*). Так как и с анатомической и с физиологической стороны эти нервы очень тесно связаны друг с другом, их удобнее рассматривать оба вместе. Ядра их заложены еще ниже ядер предыдущей пары; оставляя мозг обособленными корешками и выйдя из черепной полости через яремное отверстие, они тотчас сливаются в так называемом ганглиоидном сплетении (*plexus gangliiformis vagi*) в общий ствол блуждающего нерва, *n. pneumogastrici* или *vagi* или *vagospinalis*. Свободной от этого слияния остается внешняя или спинная часть *accessorii*, иннервирующая мышцы *sterno-cleido-mastoideus* и *cuscularis*. Ранее думали, вслед за Бишофом, что в общем стволе *vagi* чувствующие волокна выходят из X пары, а волокна двигательные из XI пары. Но, наверно, уже внутри продолговатого мозга существуют у них анастомозы и они обмениваются волокнами. Притом несомненные факты заставляют признать, что *n. vagus* имеет свое особое двигательное ядро в *nucleus ambiguus* (вместе с ядром IX нерва) рядом со своим более крупным чувствующим ядром под *alacinegea* и независимо от чисто двигательного ядра *accessorii*, которое расположено ниже и достигает уровня пятого шейного нерва. На дальнейшем пути при основании черепа к смешанному нерву *vagus-accessorius* присоединяются, сверх того, волокна *n. sympatici* — почему и дают общему стволу название *n. vago-sympaticus*. Для изучения функции этих нервов в отдельности перерезали корешки той или другой пары. Но при попытке расчленить таким путем функции этих нервов встретились с громадными затруднениями, так как, помимо анастомозов с черепными нервами, здесь (к XI паре) и снизу от спинного мозга еще присоединяются новые волокна, и может получаться возвратная чувствительность.

Пока будем говорить об общем стволе *vagi* (*n. vagospinalis*). Он, прежде всего, снабжает чувствующими волокнами слизистую оболочку корня языка, надгортанника и гортани; эти части получают чувствительность, главным образом, от верхнегортанного нерва (*n. laryngeus superior*), который является ветвью блуждающего нерва. Перерезка этих волокон ведет к потере чувствительности гортани и благодаря этому частицы, попадающие в начало ее, не выбрасываются рефлексно кашлем, а застревают здесь, засоряют дыхательные пути; в результате может произойти расстройство дыхательного органа. Затем блуждающий нерв снабжает чувствительностью

нижнюю часть гортани, верхние отделы дыхательных путей и, может быть, пищевода посредством нижнегортанной ветви (п. *laryngeus inferior*); впрочем, эта ветвь несет преимущественно двигательные волокна. Задняя часть глотки, снабжаемая волокнами *glossopharyngei*, иннервируется также и блуждающим нервом. Это затрудняет определение функций того и другого нерва, так как не вся чувствительность глотки или пищевода зависит от п. *glossopharyngei*, но и от п. *vagi*, т. е. чувствующие волокна приходят сюда с двух разных путей. Центростремительные волокна *vagi* далее направляются к легким, сердцу и к желудку, распространяясь по малой и большой кривизне его, к пищеварительному каналу и т. д. Потому-то этому нерву анатомы в свое время и дали название п. *vagus* — название, характерное для этого громадного ствола, как бы блуждающего от органа к органу и охватывающего своими ветвями обширные области организма. Следует заметить еще, что *vagus* принимает участие в чувствительной иннервации мозговых оболочек (в задней их части) и внешнего уха.

Общий ствол п. *vagi* включает в себе центрифугальные волокна; он снабжает двигательными путями мышцы гортани, глотки и пищевода, также некоторые мышцы мягкого неба и небной занавески; он же снабжает секреторными волокнами печень, затем, по исследованиям И. П. Павлова, дает секреторные волокна для желез желудка, для поджелудочной железы (*pancreas*). В общем же стволе блуждающего нерва идут сосудодвигательные и секреторные волокна для легких, живота и почек. К этому надо еще добавить, что в стволе п. *vagi* находятся особые волокна, тормозящие (открытые Вебером), раздражение которых вызывает замедление или остановку сердцебиения. Есть тормозящие волокна блуждающего нерва также для мускулатуры желудка и кишечника.

На всем пути п. *vagus* образует соединительные ветви и сплетения с симпатическими нервами органов грудной и брюшной полостей, анастомозируя с ветвями, отходящими от верхних спинномозговых нервов. Вследствие этого решить вопрос, какому именно нерву принадлежит та или другая центробежная или центростремительная функция на периферии, опираясь на эффекты раздражения периферических стволов, — задача необыкновенно трудная. Дело крайне осложняется чрезвычайной запутанностью нервных анастомозов. Во всяком случае блуждающие нервы являются по преимуществу нервами внутренностей. Они имеют ближайшее отношение к иннервации дыхания, сердцебиения, пищеварения и выделения.

Что касается собственно XI пары, то это нерв чисто двигательный; кроме вышеуказанных мышц, иннервирующихся его самостоятельной внешней ветвью, другая его внутренняя ветвь, сплетающаяся с п. vagi, иннервирует, по новейшим данным Бивора и Хорслея, большую часть мускулатуры глотки, levator palati и levator uvulae.

Воспаление легких после перерезки блуждающих нервов. Перерезку одного блуждающего нерва животное переносит сравнительно легко. Но уже Вальзальва (1740) заметил, что при перерезке обоих блуждающих нервов животное выживает очень недолго — оно умирает через несколько часов от воспаления легких.¹ Вальзальва пытался объяснить это явление тем, что п. vagus имеет трофическое значение для легочной ткани. Но и здесь, как это мы уже видели по отношению к тройничному нерву (изменения в глазу после перерезки п. trigemini), воспалительный процесс нет нужды приписывать тому, что поражены какие-то особые трофические нервы, регулирующие питание, а все объясняется просто расстройством чувствительности, а затем и движения. Если оба п. vagi перерезать, то наступает чувственно-двигательный паралич гортани, трахей и бронхов, глотки и пищевода. Благодаря этому пищевая масса, задерживаясь в глотке и пищеводе, легко попадает и застревает в дыхательном горле, так как прекращается рефлекторное кашляние, имеющее назначение удалять из горла посторонние частицы. Кроме того, расстраивается сердечная деятельность — сердце производит непомерно-частые и сильные сокращения. В результате этих расстройств развивается сильная гиперемия и отек, а затем и воспалительный процесс в легких, протекающий иногда очень бурно, так что животное умирает подчас уже через 1½ часа. Что смерть на самом деле наступает не от бездействия специально каких-то трофических нервов, а объясняется проще, это доказывается следующим: при условии предотвращения у оперированного животного попадания пищевых частиц, слизи и слюны в дыхательные пути, можно устранить воспалительный процесс, и если производить при этом систематическое кормление животного через желудочную фистулу или фистулу пищевода, то животное может жить долгое время (Герцен, Павлов). Если на животном перерезать оба блуждающие нерва одновременно, то, как уже было сказано, оно обыкновенно погибает очень быстро; если же перерезать сначала один блуждающий нерв, а второй — спустя недели три, то животное

¹ Кролики переносят обоюдостороннюю ваготомию обыкновенно 20—36 часов, собаки — 4—5 дней, куры — 6—7 часов.

переносит операцию, благодаря развившимся за это время вторичным приспособлениям. Однако очень крупные и сильные экземпляры могут, повидимому, приспособиться и после одновременного пересечения обоих п. *vagi* и перенести эту тяжелую операцию. В случае, показанном мадридским физиологом Оканья (1903), оперированная им мощная собака обнаружила восстановление нормальных отношений между дыхательным и сердечным ритмом уже через 12 дней после одновременной обоюдосторонней ваготомии; через три месяца она оказалась значительно окрепшей и удовлетворительно упитанной, но безголосой. Все приспособления в организме собаки произошли, несмотря на то, что в такой короткий срок деятельность перерезанных п. *vagi* восстановиться, конечно, не могла.

XII пара. Подъязычный нерв (п. *hypoglossus*). Ядро его лежит близко к срединной линии дна четвертого желудочка и представляет вытянутый вдоль ряд крупных ганглиозных клеток. Это нерв несомненно двигательный, точнее, центрифугальный, служит для движения языка. Если п. *hypoglossus* парализован или перерезан на одной стороне, то у животного соответственно этому одна половина языка утрачивает движения. Если язык высунут, то он скошен на парализованную сторону, так как п. *genioglossus*, притягивающий язык снизу к средней линии, действует теперь только на здоровой половине. При закрытом рте внутри ротовой полости язык отклоняется на здоровую сторону вследствие тонуса здоровой половины продольных мышц языка.

При электрическом раздражении нерва получается и болевое ощущение. Однако нетрудно доказать, что чувствительность зависит здесь от других волокон, именно на пути подъязычного нерва к нему примешиваются анастомозы тройничного нерва (*lingualis*), блуждающего нерва и трех верхних шейных нервов.

Ограничимся пока приведенной общей характеристикой группы черепных нервов, так как нам еще придется возвращаться к ним в отделах, посвященных органам чувств, сердцебиению, дыханию и пр. Там мы познакомимся и с частностями, касающимися того или другого нерва. Теперь же отметим еще раз характерные особенности этих нервов по сравнению со спинномозговыми стволами. Необходимо обратить внимание на высоко развитую склонность черепных нервов давать анастомозы, заимствования и смещения волокон между соседними стволами. Характерно затем, что некоторые стволы стали исключительно чувствующими, а другие — исключительно двигательными. Есть здесь нервы, — как тройничный, например, — смешанные, заключающие в себе

и чувствующие и двигательные волокна; другие — по происхождению чисто центростремительные, как VIII и IX пара; третьи, наконец, чисто двигательные или центробежные как VII, XI и XII.

В спинном мозгу мы имеем более стройное и постоянное распределение между чувствующими и двигательными волокнами, так что каждый спинномозговой сегмент оказывается снабженным и теми и другими. Кроме того, выход тех и других волокон в спинном мозгу имеет настолько определенный порядок, что там возможно судить о функции того или иного волокна по чисто морфологическому признаку (закон Ч. Белла). В продолговатом, и вообще в головном мозгу, нельзя уследить сколько-нибудь определенное сегментарное распределение волокон и поэтому нет возможности по месту выхода корешка судить о его функции, чувствительной или двигательной.

Вследствие чего произошла подобная путаница корешков? Повидимому, ее надо поставить в связь с тем, что спинной мозг, переходя в продолговатый, испытывает в общих чертах следующую морфологическую перегруппировку: спинномозговой центральный канал, заключающийся внутри серой массы, раскрывается, происходит как бы разрыв спинномозгового ствола сзади к середине; развернувшись по месту разрыва, мозговой ствол образует дно четвертого желудочка (выше этот канал потом опять сужается в Сильвиев водопровод). Вследствие этих изменений происходит сдвиг в задних и передних рогах серого вещества, так что передние и брюшные отделы серого вещества спинного мозга становятся на дне четвертого желудочка медиальными скоплениями нервных клеток, а задние и спинные отделы серого вещества спинного мозга становятся латеральными ядрами дна четвертого желудочка. Сдвиг происходит еще и оттого, что некоторые пучки волокон, соединяющих ниже и выше лежащие части мозгового ствола, проходя через продолговатый мозг, пронизывают его серое вещество и отщепляют в нем отдельные ядра. Вся масса серого вещества в продолговатом мозгу оказывается перегруппированной: задние рога сдвинулись к бокам, передние, хотя испытывают и меньшее перемещение, оказываются у срединной линии. Перекрест пирамид и чувствующих пучков, внедрение белого вещества содействуют дроблению серого вещества на отдельные центры. Морфологи пытались объяснить, как этот сдвиг в мозгу мог образоваться, но мы не будем входить в рассмотрение этого вопроса. Мы также не останавливаемся подробнее над вопросом о месте отхождения нервов из мозга, так:

как это можно найти в руководствах по анатомии, нас же главным образом занимают функциональные отправления органов.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

В продолговатом мозгу, как уже выше было упомянуто, помещаются не только центры высшего порядка, но и свои собственные рефлекторные центры, чувствующие и двигательные. Но как и рефлекторный аппарат, продолговатый мозг отличается от спинного. В спинном мозгу чувствующие и двигательные волокна распределяются очень правильно; вступая в спинной мозг, они имеют двигательные и чувствующие центры поблизости, и полученный импульс ведет к возбуждению, прежде всего, ближайших центров, так что рефлекс получается в местных и ограниченных провинциях тела; например, слабое раздражение пальцев лапки вызывает рефлекс в пальцах той же лапки; более сильное раздражение вызывает рефлекс во всей этой лапке и т. д. В продолговатом мозгу рефлекс теряет свой тесный и ближайший локальный характер, а имеет, как правило, обширную область распространения возбуждений. Например, при раздражении окончаний *тройничного нерва* в слизистой оболочке носа (каким-нибудь едким пахучим веществом, вроде NH_3 , или вследствие воспаления слизистых оболочек при насморке, при катарральном состоянии), получается рефлекторное *чихание*. Рефлекс этот заключается в том, что дыхательная щель на один момент приоткрывается и сильным выдыхательным движением, при помощи мышц грудной клетки и брюшного пресса, воздух выгоняется через дыхательную щель и носовую полость наружу, причем небная занавеска отбрасывается кпереди. Характерно то, что раздражение прикладывается только к слизистой оболочке носовой полости, а район возбуждения очень обширен — в рефлекс привлекается разом много отдаленных мышц.

То же происходит и при раздражении *верхнегортанного нерва* (ветвь п. vagi). Если в гортань попадут посторонние частицы,¹ то вслед за этим раздражением следует рефлекторно усиленный выгон воздуха через носовую и ротовую полости наружу, получается бурный и энергичный рефлекс *кашля*, при котором происходит повторное судорожное воз-

¹ Что очень часто происходит при смехе или разговоре во время еды. При спокойном проглатывании пищи надгортанный хрящ захлопывается, а во время смеха или разговора он должен открыться, и тогда мышечная обстановка глотания неблагоприятна.

буждение выдыхательных мышц; задержать волею этот рефлекс обыкновенно не удается. Раздражение при этом коренится в очень ограниченной области, а рефлекс захватывает сразу обширный район, с привлечением в действие брюшного пресса, выдыхательных мышц, мышц надгортанного хряща, некоторых мышц шеи, живота и т. д.

При местном раздражении IX пары в задней стенке глотки, при раздражении внутричерепных веточек п. vagi во время головной боли, также при местном раздражении слизистой оболочки желудка (X пары) получается более или менее отдаленный и обширный рефлекс, именно *рвота*; в действие при этом рефлексе привлекается мускулатура желудка, пищевода, глотки, мягкого неба и т. д., бурно возбуждается мускулатура брюшного пресса, происходит перистальтика пищевода в обратном направлении, и пищевая масса из желудка выбрасывается наружу.

Можно было бы привести еще примеры рефлексов продолговатого мозга: *глотания, икоты, рыдания* и пр. Все эти рефлексy, в отличие от чисто спинномозговых рефлексy, характеризуются значительной обширностью распространения реакции, а также, очевидно, и значительно большею сложностью координации между отдельными элементами реакции.

СРЕДНИЙ ОТДЕЛ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Посмотрим, чем характеризуется животное с прибавлением к его мозговой оси средних частей головного мозга. Если у лягушки удалены только большие полушария, т. е. остался средний и продолговатый мозг в связи со спинным, то сразу замечается разница по сравнению с лягушкой, у которой сохранен только спинной и продолговатый мозг. Лягушка совершенно напоминает нормальную, — она сидит, «как собака», опершись на передние лапки и с поднятой передней частью тела; ходит, прыгает, действуя всеми четырьмя конечностями; словом, совершает очень тонкие движения; если ее положить на спину, она сейчас же переворачивается; если вращать вправо тарелку, на которой сидит лягушка, животное, стремясь сохранить свое положение, делает попытки вращения влево. Таким образом, с прибавкой среднего мозга к продолговатому у животного осуществляется вся тонкость и совершенство движений, характеризующие нормальное животное, или, как говорят, все совершенство ориентировки и координации движений. Поранение же средних частей мозга сопровождается расстройством ориентировки и координации.

Однако, более или менее значительно отличаясь от лягушки с продолговатым и спинным мозгом, такая лягушка существенно отличается и от нормальной. Если лягушку без больших полушарий вращать в одну сторону, то она всегда поворачивается в противоположную; при толчках она делает очень однообразные оборонительные движения. С большой



Рис. 51. Лягушка без полушарий переднего мозга в поисках за положением равновесия.

Нижняя лягушка ползет по наклонной поверхности, пока не найдет положения относительного равновесия; верхняя лягушка нашла это положение на ребре подставки и успокоилась.

вероятностью можно предсказать вперед, что такая лягушка сделает при определенных внешних воздействиях. Она поправит свою позу и сразу успокоится, как только на нее не будут действовать внешние раздражения. Если наклонить тарелку, на которой лягушка сидит, так что тело животного будет скользить в сторону, то она поползет в сторону противоположную и будет припадать к тарелке; если такую лягушку посадить на деревянный куб и наклонять его в разные стороны, то лягушка поползет по граням и ребрам куба и будет ползать до тех пор, пока не найдет для себя некоторого положения равновесия; достигнув последнего, она сразу же усло-

коится (рис. 51). Стоит только нарушить положение равновесия, лягушка опять будет его искать, ползая по кубу. Значит, эту лягушку можно заставить ползать очень долгое время в определенных направлениях, тогда как нормальная лягушка, конечно, давно бы сделала уже другое, более целесообразное движение, она просто прыгнула бы с нашего куба. Лягушка, однако, ползает, очень тонко и в совершенстве координируя свои движения и прекрасно замечая все изменения в положении подлежащей поверхности; только реакции ее слишком однообразны, и она слишком подчиняется при ползании всем внешним импульсам, которые мы применяем. Она представляет из себя до известной степени автомат, движущийся по раз навсегда заведенному шаблону, раз только его завели; и однообразные движения, доступные этому автомату, совершаются только в том случае, если есть какой-нибудь внешний толчок, какой-нибудь ближайший внешний повод к возбуждению. Без такого ближайшего повода наша лягушка, предоставленная самой себе, сидит неподвижно. Если такую лягушку оставить в покое на тарелке или на столе в очерченном кругу, то она просидит на месте неопределенно долгое время; изредка только она будет несколько менять свою позу при том условии, если, она, например, утомилась от прежней посадки, так как утомление есть своего рода раздражение; побудителем к возбуждению может послужить также подсыхание кожи. У лягушки-самца при таких же условиях поглаживание кожи на спине вызывает с автоматической правильностью кваканье; и если гладить спину животного подряд, оно представляется как бы квакающей машиной; нормальная лягушка после первого прикосновения к спине убежала бы и не дала бы квакательного рефлекса. В связи с рефлексом кваканья, имеющим отношение к половой деятельности самца, надо упомянуть еще о так называемом обнимательном рефлексе, чисто половом рефлексе самца, протекающем с особенной силой при сохранении средних частей головного мозга¹ в период весенней течки. Самец, лишенный полушарий мозга, повторяет обнимательную реакцию с автоматической правильностью, каким бы предметом мы ни коснулись его груди между передними лапками; с одинаковой энергией

¹ Рефлекс этот может быть вызван и при отсутствии средних частей, при сохранении лишь продолговатого мозга; можно его наблюдать даже и с одного спинного мозга; но наиболее сильно он получается у весенних самцов при сохранении средних частей головного мозга, от того, очевидно, что при этом перерезка мозгового ствола наиболее удалена от центров, иннервирующих данную реакцию.

охватывает он при этом и спинку самки, и палец экспериментатора, и палочку едкого кали, последнюю, правда, ненадолго.

С положительной стороны лягушка без больших полушарий характеризуется всем совершенством координации движений; с отрицательной же стороны, она, в отличие от нормальной, представляется как бы автоматом, подчиняясь во всех своих движениях влиянию внешних раздражений. Инициативы движений у нее нет, психика, т. е. сознание и воля, у нее отсутствует, на внешние раздражения она реагирует с такой однообразной правильностью, что все ее поведение можно предсказать наверно заранее.

Теперь же рассмотрим, какие функции, в частности, должны падать на те или другие средние части головного мозга. Для этого напомним вкратце анатомические соотношения.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

У лягушки к среднему отделу мозга относятся *зрительные доли* (*lobi optici*) или *двухолмие* (*corpora bigemina*), соответствующее *четверохолмию* (*corpora quadrigemina*) высших животных. У высших животных к среднему же отделу причисляется еще производный придаток продолговатого мозга, так называемый *мозжечок*. У лягушки мозжечка, как обособленного органа, нет, а в качестве его заместителя, со сравнительно анатомической точки зрения, принимается верхняя спинная комиссура продолговатого мозга, ограничивающая четвертый желудочек сверху.

Что касается строения средних частей мозга у высших животных, мы скажем об этом, имея в виду, главным образом, мозг человека. Под корой большого полушария с каждой стороны лежит массивное скопление серого вещества, рассматриваемое авторами, как орган переднего мозга, именно так называемое *полосатое тело* (*corpus striatum*, рис. 52).¹ У более

¹ *Corpora striata*, со сравнительно-анатомической точки зрения, являются теми ганглиозными массами, которые вдаются из основания переднего мозга в полости боковых желудочков, т. е. теми «базальными ганглиями переднего мозга», которые можно проследить на филогенетической лестнице, начиная с круглоротых рыб. Эти ганглии составляют *главную массу переднего мозга* у рыб и амфибий, вследствие того, что верхние и боковые покрывки боковых желудочков — будущая кора большого мозга — представлены там всего лишь тоненькими мантиями паллиума, в которых едва намечаются нервные элементы. Головной мозг рыб уподобляется Эдингером человеческому мозгу, в котором от полушарий остались одни полосатые тела. С развитием верхних покрывок боковых желудочков (паллиума) в кору полушарий морфологическое и функциональное значение полосатых тел в переднем мозгу отступает, очевидно, на задний план.

высоко организованных животных и человека полосатое тело пронизывается волокнами, проходящими от коры полушарий в средние части мозга и, таким образом, расщепляется на два ядра: одно, ближе к срединной линии, так называемое «хвостатое тело» (*nucleus caudatus*) и другое, более к боку, так называемое «чечевицеобразное тело» или «чечевицу» (*nucleus lentiformis*). Следующее затем скопление серого вещества относится уже к «промежуточному мозгу» и образует массив-

Рис. 52. Горизонтальный разрез левого полушария и промежуточного мозга.

А — кортикальный слой серого вещества; В — Сильвиева борозда; С — острок Рейля; Е — внутренняя капсула; E^I — лобные пути внутренней капсулы к мосту; ($e_1 - e_7$) — центральная часть внутренней капсулы, соответствующая «двигательной области» центральной извилины коры полушария: e_1 — движение глаз, e_2 — рта, e_3 — поворачивание головы в противоположную сторону, e_4 — движение языка, e_5 — пирамидальные пути к передним конечностям, e_6 — пирамидальные пути к туловищу, e_7 — пирамидальные пути к задней конечности; E^{II} — «чувствительные» пути Роландовой области коры и *gugl* *hippocampi*; E^{III} — пути височного отдела коры к мосту; E^{IV} — зрительные пути к коре; F — *nucleus caudatus*; G — *nucleus lentiformis*; H — *thalamus opticus*; P — комиссуральные пути *corporis callosi*; Q — внешняя капсула; R — *claustrum*; T — отделы бокового желудочка.



ное яйцевидное ганглиозное тело, покрытое тоненьким слоем белого вещества, — так называемый зрительный бугор (*thalamus opticus*). При рассечении этого массивного тела, вертикальном и горизонтальном, оно оказывается состоящим из трех, тесно примыкающих между собою ядер: внутреннего, обращенного к полости третьего желудочка, верхнего, обращенного более к боковому желудочку, и внешнего, обращенного к белому ве-

ществу, так называемой «внутренней капсулы» (см. рис. 52 и 53). Внутренняя капсула есть слой белого вещества, т. е. во-

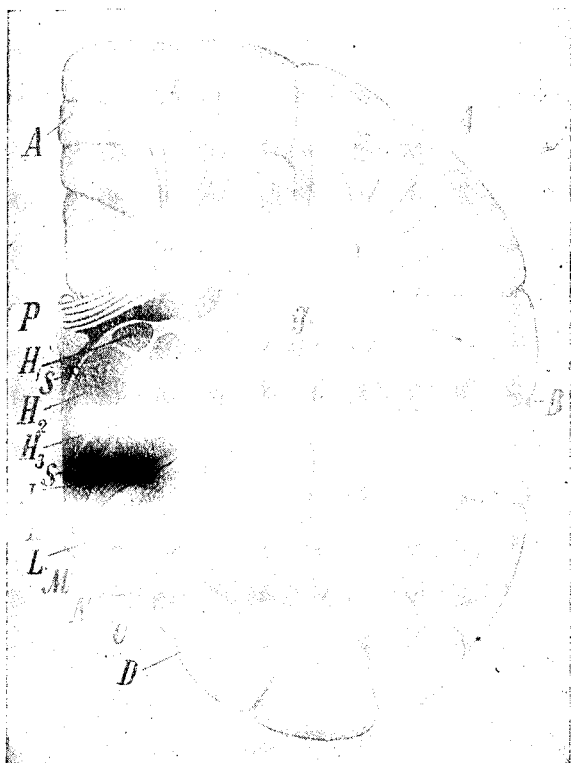


Рис. 53. Вертикальный (фронтальный) разрез правого полушария и промежуточного мозга.

A¹ — кортикальный слой серого вещества; B — Сильвиева борозда; D — gyrus hippocampi; E — внутренняя капсула; F — nucleus caudatus; G — nucleus lentiformis; H — Thalamus opticus с его ядрами: верхним (h₁), внутренним (h₂) и внешним (h₃); I — regio subthalamica; K — передний конец красного ядра; L — область перехода к чепчику; M — черная субстанция Зёммеринга; N — ножка мозга; O — tractus opticus; P — комиссуральные пути corporis callosi; Q — внешняя капсула; R — claustrum; S — полость третьего желудочка; T — отделы бокового желудочка.

локон, залегающий между чечевицей, хвостатым телом и зрительным бугром. Вперед, кверху и назад ее волокна переходят непосредственно в белое вещество полушария (corpus radiata). Книзу они вступают уже в мозговую ножку, в ее так называемое основание (pes pedunculi cerebri) (см. рис. 53 и

54). Впоследствии мы увидим, что различные части внутренней капсулы имеют различное функциональное значение, в зависимости от того, главным образом, к каким частям коры полушарий подходят соответствующие волокна (см. рис. 52).

На заднем конце зрительного бугра, под его значительно выдающейся задней кривизной, имеются два небольших оваль-

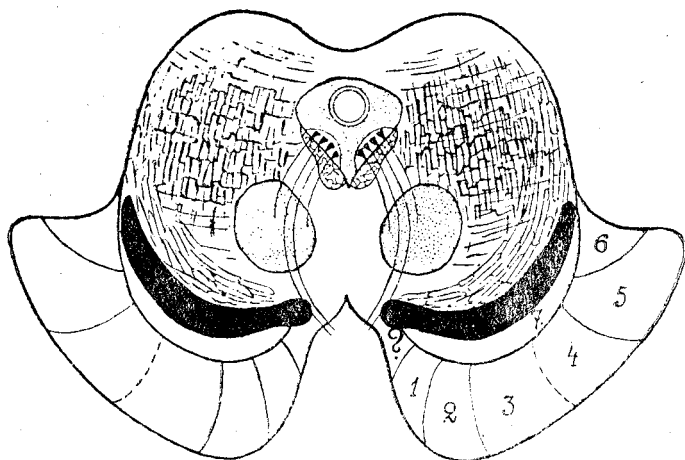


Рис. 54. Схематический разрез среднего мозга на уровне передних бугров четверохолмия.

Под четверохолмьями виден водопровод Сильвия, выстланный эпендимой и окруженный серым веществом, в котором обособилось ядро п. oculomotorii; волокна из последнего спускаются на брюшную сторону мозга через красные ядра чепчика (nuclei rubri tegmenti). Черное вещество Зеймеринга отделяет чепчик (tegmentum) от основания мозговой ножки (pes pedunculi cerebri). В последнем различают: 1 — лобный путь к мосту; 2 — пирамидальный путь к черепным нервам; 3 — пирамидальный путь в спинной мозг; 4 — пути мышечного чувства; 5 — чувствительные пути; 6 — пучок из петли в основание ножки; 7 — так наз. stratum intermedium. (Комбинировано по Стиллингу и Оберштейнеру из Тестю и Цунц-Леви).

ных возвышения и, соответственно, два скопления серого вещества, это так называемые *коленчатые тела*, из которых одно входит в состав собственно зрительного бугра (*corpus geniculatum laterale*), а другое принадлежит уже среднему мозгу (*c. genic. mediale*). От коленчатых тел исходит пучок нервных волокон, огибающий соответственную мозговую ножку и переходящий к основанию мозга. Это зрительный тракт (*tractus nervi optici*). С другой стороны, коленчатые тела связаны с *четверохолмием* среднего мозга (*corpora quadrigemina*).

Четверохолмие является дорзальным скоплением серого вещества в среднем мозгу. Под ним залегает внутреннее скопление серого же вещества среднего мозга, окружающее *Сильвиев*

водопровод, т. е. суженный канал, соединяющий полости 3-го и 4-го мозговых желудочков. Мы уже знаем, что это серое вещество вокруг Сильвиева водопровода имеет ближайшее отношение к III, IV и двигательному ядру V пары черепных нервов; следовательно, оно является началом серого вещества, выстилающего дно 4-го желудочка.

На уровне Сильвиева водопровода начинается еще другое образование, продолжающееся в продолговатом мозгу — так называемая *formatio reticularis*. Это, по выражению Келликера, «диффузное ядро», состоящее из нервных клеток, рассеянных между множеством переплетающихся волокон, продольных, поперечных, идущих наискось и дугообразно. Под передней парой холмов четверохолмия и ближе к брюшной стороне среднего мозга (к основанию) заложены так называемые «красные ядра» той и другой половины тела, лежащие на путях сообщения между корой больших полушарий своей стороны и противоположными половинами мозжечка (см. рис. 54). Описанная брюшная часть ствола среднего мозга, лежащая под водопроводом Сильвиева, носит название *чепчика* (*tegmentum*) и отделяется с той и другой стороны слоями пигментных клеток (так называемой *substantia nigra*) от нижележащих оснований мозговых ножек. Последние являются собранием восходящих и нисходящих путей между головным мозгом и мозгом спинным; здесь лежит и пирамидальный путь, сообщающий кору полушарий с двигательными клетками передних рогов спинного мозга. Основания мозговых ножек являются прямым продолжением тех двигательных и чувствительных пучков, которые уже в продолговатом мозгу, после перекреста, сосредоточились на передней или брюшной стороне мозгового ствола. Таким образом, из среднего мозга мы непосредственно переходим в мозг продолговатый, уже рассмотренный нами.

Но у более высоко организованного мозга приобретает высокое значение еще орган, развивающийся до известной степени в стороне и независимо от главного мозгового ствола. Это — так называемый «малый головной мозг» или *мозжечок* (*cerebellum*). Едва намеченный у лягушки, он представляет из себя уже значительный орган у рептилий, в особенности у крокодила,¹ а у птиц и млекопитающих оказывается массивным телом с весьма тонкой организацией. Анатомы относят

¹ Интересно отметить, что, будучи столь слабо представлен у амфибий и у круглоротых рыб, мозжечок достигает необыкновенно сильного развития у акул, закрывая иногда и средний и продолговатый мозг этих животных; относительно высоко развит он также у ганоидов и костистых рыб.

его в особый отдел мозга, так называемый «задний мозг». В своем развитом виде он оказывается обособившимся телом, как бы сидящим на общем мозговом стволе над четвертым желудочком. Мозжечок очень богат серым веществом, которое расположено в нем поверхностно, в виде *коркового слоя*, тогда как волокна белого вещества поднимаются к клеткам коры из центральных частей органа. Общая масса коркового слоя, а, стало быть, и общее количество серого вещества очень увеличены вследствие того, что белое вещество располагается отдельными пластинками, следующими одна за другой в передне-заднем направлении как листы разогнутой книги, а корковый слой застилает поверхность этих пластинок, заходя таким образом далеко вглубь органа. Благодаря такому распределению нервного вещества, мозжечок, при сечении по передне-задней плоскости, представляет характерную картину внедрения расходящихся ветвей белого вещества, как бы ветвей дерева, в обильную массу серого вещества.

Эта древовидность белого вещества в мозжечке получила от анатомов название «древо жизни» (*arbor vitae*). Помимо поверхностной массы серого вещества в центральном скоплении белого вещества внутри мозжечка и ближе к его нижней поверхности (т. е. к полости четвертого желудочка) имеются отдельные *мозжечковые ядра*, из которых самое крупное носит название «зубовидного ядра» (*nucleus dentatus s. corpus olivare cerebelli*). С главным мозговым стволом мозжечок связан мозжечковыми ножками и волокнами Варолиева моста. *Передние мозжечковые ножки* (*crura cerebelli ad cerebrum*) исходят своими волокнами главным образом из зубовидного ядра мозжечка, направляются к среднему мозгу, дают под четверохолмием почти полный перекрест волокон, которые направляются в чепчик, к красному ядру. По тем же ножкам из зрительных бугров промежуточного мозга идут восходящие ветви в мозжечок, независимо от красного ядра. *Средние мозжечковые ножки* (*crura cerebelli ad pontem*) главным образом приносят к мозжечку, — собственно к его корковым слоям, — волокна, перекрещивающиеся по средней линии Варолиева моста и исходящие из ядер последнего. Последние связаны непосредственными сообщениями с лобными и височными долями больших полушарий. Предполагают, что средними же ножками из мозжечка, — собственно от клеток его коры, — спускаются волокна, идущие частью к передним рогам спинного мозга, частью в близлежащие части продолговатого мозга — в его *formatio reticularis*, частью, наконец, в ножку большого мозга противоположной стороны. *Задние мозжечковые ножки* (*crura cerebelli ad medullam*) преимущественно приносят волокна

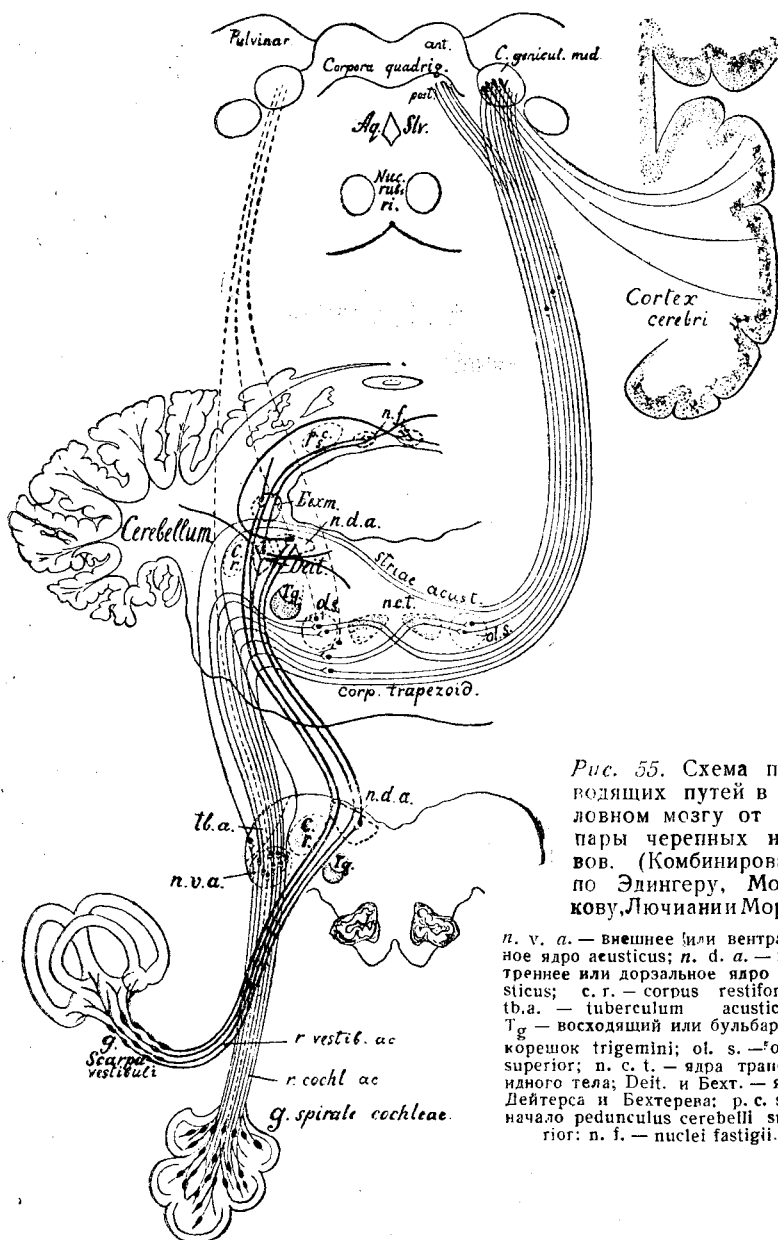


Рис. 55. Схема проводящих путей в головном мозгу от 8-й пары черепных нервов. (Комбинировано по Элингеру, Монакову, Лючианини Мора).

n. v. a. — внешнее (или вентральное) ядро acousticus; *n. d. a.* — внутреннее или дорзальное ядро acousticus; *c. r.* — corpus restiforme; *tb.a.* — tuberculum acousticum; *Tg* — восходящий или бульбарный корешок trigemini; *ol. s.* — olivula superior; *n. c. t.* — ядра трапециевидного тела; *Deit. и Bext.* — ядра Дейтерса и Бехтерева; *p. c. s.* — начало pedunculus cerebelli superior; *n. f.* — nuclei fastigii.

к мозжечку из спинномозгового пучка Флексига, т. е. от клеток столба Кларка той же стороны и от чувствующих центров спинного мозга. Здесь же осуществляются обильные восходящие и нисходящие сообщения между мозжечком и так называемыми оливами продолговатого мозга. Надо отметить здесь еще так называемый прямой чувствительный мозжечковый путь Эдингера, по которому устанавливается связь между ядрами мозжечка и дорзальным ядром п. acustici в продолговатом мозгу, а через него с преддверием и полукружными каналами внутреннего уха. (рис. 55). От ядра Дейтерса начинаются пути к шатру мозжечка, к спинному мозгу (*tractus vestibulo-spinalis*), к ядрам глазных мышц и передним столбам спинного мозга (*fasciculus longitudinalis med.*) (рис. 55).

Нисходящие волокна, имеющиеся в задней ножке мозжечка, исходят главным образом из его зубовидного ядра и несутся в спинной мозг, к клеткам передних рогов, по передним и боковым мозжечковым пучкам и отчасти вместе с пирамидальными пучками, иннервируя мышцы частью своей, частью противоположной стороны.

Вот, следовательно, с каким сложным, запутанным анатомическим материалом, собранным притом в небольшом пространстве, приходится иметь дело, исследуя физиологические отправления средних отделов головного мозга. Экспериментировать здесь весьма трудно, так как для того, чтобы добраться до средних частей, приходится поранить либо вышележащие части мозга, либо лежащие ниже. Расстройства, наблюдаемые после операции или при недостаточном осторожном раздражении, очень сложны, так как малейшее поранение затрагивает часто значительное число рефлекторных центров и проводящих путей.

ОРГАНЫ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

Мозжечок

Прежде думали, что мозжечок имеет отношение к половым функциям как возбудитель их (Галль), но по новейшим исследованиям оказалось, что нет никаких оснований к подобному предположению. Этот орган в значительной степени управляет сохранением равновесия тела и, в связи с этим, принимается по преимуществу за орган координации всех так называемых волевых движений. Искусственное раздражение или поранение мозжечка или же изменение в нем при различных патологических случаях ведет к столь наглядному, резко выраженному расстройству движений, что его считали в своем роде единственным центром для координации движений. Но оказалось,

что в координации движений во всяком случае, должны участвовать и другие части мозга (*thalami optici, corpora quadrigemina, medulla oblongata* и пр.). Экспериментировать на мозжечке у высших животных сравнительно легко, так как он расположен сверху мозгового ствола.

Давно уже были произведены опыты над голубем (Флюранс, 1824—1842). Если у голубя поранить переднюю часть мозжечка, то он кувыркается вперед через голову; если произвести поранение в правой стороне мозжечка, то голубь вращается около продольной оси в эту же сторону; если поранить с левой стороны, то голубь вращается налево; если поранить заднюю часть мозжечка, то голубь кувыркается назад через голову. Наблюдается почти то же самое на кролике, собаке и других животных. Если поранить более или менее значительную часть мозжечка, то животное не может правильно ходить или прыгать, при хождении валится, передвигается неправильными скачками, не умеет останавливаться, падает головой вперед; при стоянии шатается и, чтобы поддержать тело в более устойчивом положении, широко расставляет ноги. На животных подобные расстройства можно вызывать искусственно, поранением или раздражением мозжечка. На людях можно наблюдать такие же расстройства в патологических случаях, причем посмертное вскрытие обнаруживает те или другие изменения в мозжечке. При поражении мозжечка человек утрачивает правильность ходильного акта — ходит неуклюже, шатаясь, как пьяный, спотыкается; у пьяных людей шатающаяся походка зависит, по всей вероятности, от временного паралича определенных функций мозжечка. На основании подобных данных теория Флюранса и утверждает, что мозжечок есть центр для координации движений, как будто сюда идут нити от всех двигательных аппаратов тела и здесь осуществляется вся тонкость и отчетливость координированных актов.

Новые исследователи обратили, однако, внимание на то обстоятельство, что множество сложных нервных актов координированы еще в спинном и продолговатом мозгу, совершенно независимо от присутствия мозжечка; и то, что считалось окончательно утерянным с выпадом мозжечковой функции, например, локомоторная координация, как оказывается, может быть вызвана в определенных условиях у животного, несколько оправившегося от вылушения мозжечка. Являлся вопрос, что же именно вносит мозжечок со своей стороны в координирование нервных актов, которое, впрочем, может протекать и без него. Исследования римского физиолога Лючиани, подтвержденные потом французским невропатологом Тома, выяснили, что с выпадом деятельности мозжечка двига-

тельные аппараты тела лишаются собственного тонуса, а затем значительно падает энергия отдельных их иннерваций. Именно выпадом тонуса и энергии иннерваций в соответствующих мышечных группах и объясняется, отчего при поранениях мозжечка и при удалении его движения животного представляются дискоординированными. Новейшие исследования, кроме того, установили, что связь с теми или иными мышечными группами в мозжечке довольно тонко локализована: для верхних частей тела в передних отделах мозжечка, для средних частей — в среднем отделе и для нижних частей тела — в задней области мозжечка и т. д. Указывают и детальную локализацию, но мы не входим в рассмотрение ее, тем более, что между исследователями существуют некоторые противоречия.

Полукружные каналы

Надо заметить, что расстройства координации движений, совершенно аналогичные тем, которые наблюдаются при поранении или болезненном поражении мозжечка, вызываются и при поражении определенных периферических органов, именно *полукружных каналов*. Они лежат в скалистой части височной кости, в лабиринте, там где расположен и периферический орган слуха. N. acusticus входит, как известно, во внутреннее ухо, разделяясь на две ветви: одна ветвь вступает в улитку — специальный орган восприятия звуковых впечатлений (это — так называемая *ramus cochlearis*), а другая ветвь направляется к полукружным каналам (*ramus vestibularis*) (см. рис. 55). Улитку мы оставляем пока в стороне, а остановимся на полукружных каналах лабиринта. Как известно из анатомии, они расположены в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. Костные полукружные каналы выложены внутри перепонкой, так что образуются внутри них перепончатые каналы; в промежутке между перепончатыми и костными каналами находится лимфа, так называемая *перилимфа*. Но и сами перепончатые каналы наполнены жидкостью — *эндолимфой*; у каждого канала около основания есть раздутие (ампула), в котором помещается специальный концевой орган для преддверной ветви слухового нерва; последняя, входя в лабиринт и ветвясь в ампулы, оканчивается особыми вздутиями так называемыми *cristae*, состоящими из цилиндрических клеток чувствительного эпителия, снабженных волосками.

Особые веточки того же преддверного нерва идут в *sacculus* и в *utricleus*, внутри коих имеются концевые органы, построенные приблизительно так же, как и *cristae*. Это — так на-

зываемые *macula acusticae*. Они снабжены камешками — зернами углекислой извести, могущими входить в соприкосновение с волосками чувствительных клеток. Это — так называемые *отолиты*.

Полукружные каналы с их ампулами, а также отолитовые органы преддверия играют чрезвычайно важную роль в чувстве равновесия и в координации движений. Если поранить полукружный канал, то наблюдается расстройство координации движений в плоскости этого канала: животное шатается из стороны в сторону именно в этой плоскости, не может удержать равновесия своего тела и падает в сторону пораженного канала. Естественно предположить, вслед за Гольцом, что в нормальных условиях каждый раз, как мы делаем то или другое движение головой, в каналах приходит в движение эндолимфа, частицы ее производят давление в направлении движения на противоположную стенку канала, возбуждают толчками нервные клетки с волосками, т. е. окончания в ампулах преддверной ветви слухового нерва, и мы получаем тогда в нервных центрах определенный сигнал — ощущение движения головы в данной плоскости. Соответственно этому ощущению мы координируем свои движения — иннервируем определенным образом мускулатуру корпуса и конечностей. Но и эти ощущения движения и последующая двигательная ориентировка в известной плоскости протекают ниже порога сознания. Когда каналы поражены, темные ощущения с окончаний преддверного нерва выпадают, и животное не имеет данных для ориентировки своего положения и своих отдельных движений. В других случаях может происходить не выпад периферических данных с преддверного нерва, а извращение их. В патологических случаях могут происходить ненормальные раздражения нервов в ампуле, например, вследствие воспалительного процесса, а это может повести к образованию ложных ощущений положения и движения и, соответственно этому, к ложной координации, к расстройству ориентировки в направлении движений.

Если у голубя поранить один полукружный канал, а сделать это у него очень легко, то голубь теряет способность правильно ходить, он напоминает пьяного в сильной степени опьянения, производя покачивания и падая в сторону разрушенного канала. Глаза животного блуждают из стороны в сторону (нистагм). Когда такой голубь бежит, то расстройства выражены менее сильно, но когда он останавливается, голова его резко качается взад и вперед, он не находит устойчивой позиции, устойчивого положения равновесия. При поранении всех полукружных каналов происходит глубокое расстройство

координации, так что животное иногда не может и стоять. С течением времени наблюдаемые расстройства координации ослабевают, — как будто животное приспосабливается и приучается координировать движения с помощью каких-то других органов, в зависимости, например, от ощущений, приносимых из зрительной сферы, из области мышечной и осязательной чувствительности.

Весьма характерна картина расстройства в иннервации при разрушении полукружных каналов на лягушке. При односто-



Рис. 56. Последствия разрушения правого лабиринта на лягушке.

роннем поранении лабиринта одна половина тела, именно та, где поранены каналы, оказывается расслабленной, — мышцы в ней растянуты; другая половина продолжает быть в нормальном тоническом состоянии. При сидении животного тело его представляется скошенным около продольной оси в сторону поранения, голова держится набок, наклоненной на ту же сторону поранения каналов (рис. 56). Если лягушка сделает прыжок, то при этом тело ее как бы бросается на одну сторону и получается картина, будто животное кувyrкается. Если такую лягушку бросить в воду, она как бы вальсирует все в одну сторону: мышцы на одной стороне (здоровой) действуют сильнее и сообщают телу животного вращательные движения вокруг продольной оси в сторону поранения.

Подобно тому, как Лючиани и Тома объясняли расстройства координации при ранениях мозжечка, как следствия вы-

пада тонуса и энергии иннервации мышц, так Эвальд свел двигательные расстройства, наблюдаемые при поранениях лабиринта, на чрезмерную расслабленность мышц во время покоя (выпад нормального тонуса) и на упадок энергии иннервации во время деятельности. С точки зрения Эвальда, возбуждения, приходящие с чувствующих нервов лабиринта в нервные центры, поддерживают рефлекторным путем тонус поперечнополосатой мускулатуры тела (так называемый «лабиринтный тонус»).

Аналогия расстройств, наблюдающихся при поранениях мозжечка и при поранениях лабиринта, приводит к предположению, что между тем и другим органом должна быть прямая связь. Действительно, преддверный нерв, как часть слухового нерва, через дорзальное ядро последнего входит в непосредственную связь с прямым чувствительным мозжечковым путем, который по задней мозжечковой ножке восходит к внутренним ядрам мозжечка (чувствительный мозжечковый путь Эдингера). Лабиринт с его полукружными каналами и отолитовыми органами преддверия можно рассматривать, как периферический чувствующий аппарат для центров, заложенных в мозжечке.¹ Но это не единственный чувствующий аппарат в отношении центров мозжечка, ибо, как сказано было, уже через неделю после поранения лабиринта координация, поддерживаемая мозжечком, восстанавливается и, стало быть, в распоряжении мозжечковых центров имеются еще и другие рефлекторные дуги и другие чувствующие аппараты для ориентировки положения тела и для координирования движений. Последствия от поражений мозжечка значительнее и длятся гораздо дольше, чем последствия от поражения лабиринта.

БОЛЬШИЕ ГАНГЛИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(Базальные узлы)

ЧЕТВЕРОХОЛМИЕ И ЗРИТЕЛЬНЫЕ БУГРЫ

В области четверохолмия и зрительных бугров мы имеем прежде всего ближайшие центры зрительного нерва. Как известно, волокна этого нерва, прежде чем дойти до соответствующих центров в мозгу, делают перекрест (*chiasma nervorum optico-rum*). У животных, не способных к бинокулярному зрению, у которых глаза расставлены в разные стороны (рыбы, птицы, из млекопитающих — мышь, морская свинка), волокна п. optici перекрещиваются в *chiasma* целиком; у животных же

¹ См. на рис. 55 пути, обозначенные жирными линиями.

с бинокулярным зрением, в огромном большинстве случаев, кроме перекрещивающихся волокон имеются также и прямые пути п. optici к центрам своей стороны (неперекрещивающиеся волокна наблюдаются уже у кролика; затем они всегда присутствуют у кошки и собаки; достигают же особенно сильного развития у обезьяны и человека).

Зрительные пути, прежде чем дойти до коры больших полушарий в затылочных долях, заходят в субкортикальные центры и образуют станции в задней части зрительных бугров и во внешних коленчатых телах, а также в передних буграх четверохолмия; отсюда они направляются уже в кору затылочной доли (рис. 57). В прежнее время полагали, что в четверохолмии есть и двигательные центры для глаз; теперь это оспаривается, и движения глаз, получающиеся при электрическом раздражении четверохолмия приписываются тому, что электрический ток легко распространяется вглубь, к серому веществу Сильвиева водопровода и ядрам oculomotorii. Что перечисленные центры имеют ближайшее отношение к зрению, видно из того, что животное слепнет при поражении их; с другой стороны, при вылущении глазных яблок происходит вторичное перерождение в названных центральных областях.

При нормальной локомоции мы руководимся данными осязательной и мышечной чувствительности, но, кроме того, правильность ходильного акта обуславливается в значительной мере и зрительными впечатлениями. Если поранить четверохолмие или зрительные бугры у животного, то, вследствие расстройства зрительных восприятий, у животного появляются расстройства в координации движений, расстраивается правильный ходильный акт. Когда, вследствие тех или иных заболеваний, притупляется осязательная и мышечная чувствительность, и человек не может в достаточной мере координировать прямое стояние и ходьбу на основании показаний из этих сфер чувствительности, тогда координация все еще оказывается возможной, пока человек смотрит: такой больной и ходит и стоит удовлетворительно, пока он смотрит, но стоит ему закрыть глаза, как обнаружится, что он не может стоять спокойно и прямо, не может и ходить правильно по прямой линии (это наблюдается в начальные стадии спинной сухотки).

Следует заметить, что у животных, стоящих более низко по организации мозга, первичная станция зрительных восприятий все более и более ограничивается четверохолмием, так что, например, у кошки или кролика разрушение четверохолмия влечет за собою полную и окончательную слепоту

(у обезьяны этого не будет, так как за исключением четверохолмия остались еще станции зрительного нерва в *corpora geniculata lateralia* и в *thalami optici*).

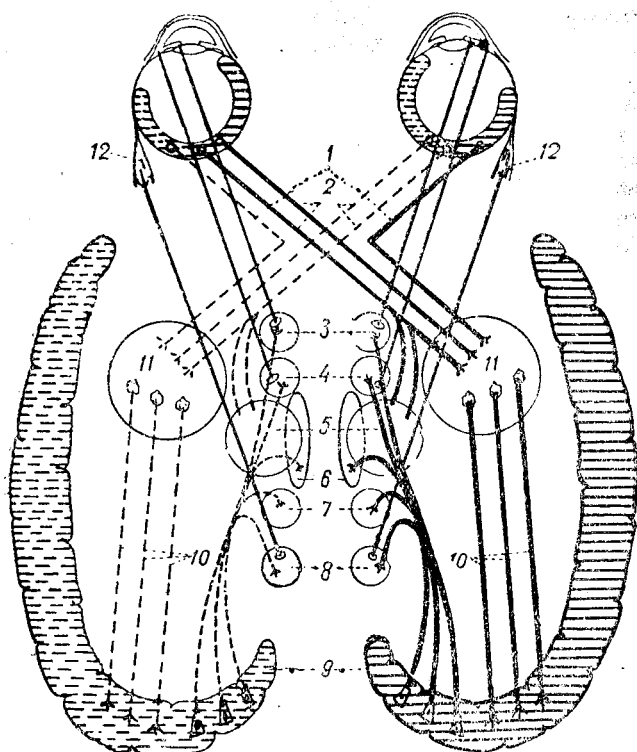


Рис. 57. Схема проводящих путей органа зрения (по Монакову). Жирными линиями обозначены пути правого полушария, пунктирными — пути левого полушария.

1 — не перекрещивающиеся волокна tracti optici; 2 — перекрещивающиеся волокна tracti optici; 3 — центральный аппарат игры зрачка; 4 — центральный аппарат аккомодации; 5 — *corpora quadrigemina anteriora*; 6 — центральный аппарат внешних мышц глаза; 3, 4, 6 — ядра п. oculomotorii; 7 — ядро п. trochlearis; 8 — ядро п. abducens; 9 — кора полушарий; 10 — зрительные пути к коре или т. наз. сияние Грасиоле (см. рис. 52 E^{IV}); 11 — *corpus geniculatum laterale* и *pulvinar thalami optici*; 12 — отводящая мышца глаза.

У зауропсид и у амфибий, в том числе у лягушки, первичная зрительная станция сосредоточена всецело в органе, гомологичном четверохолмию, именно в так называемых *lobi optici* или «двуххолмии». Если мы произведем перерезку средних частей головного мозга у лягушки и проведем разрез

именно через *lobi optici*, притом нарочно не симметрично, в косом поперечном направлении, и если оперированную таким образом лягушку положим на спину, она довольно быстро вскочит на лапки, — длительного шока не будет. Наблюдая за лягушкой дальше, мы заметим ясные расстройства в координации движений: лягушка держит свой корпус искривленно на бок — одна половина ее тела сокращена, другая расслаблена; двигается животное неуклюже — совершает „манежные” движения, т. е. описывает круги больших или меньших диаметров, и все в одну сторону, обыкновенно в ту сторону, где зрительные доли более сохранились. Иногда расстройство координации получает курьезную форму: передняя часть тела движется, а задняя остается неподвижной, лягушка вертится, как часовая стрелка. Если такая лягушка сделает прыжок, то она перевернется. Как объяснить эти двигательные расстройства у животного? Происходят ли они оттого, что операция в среднем мозгу влечет расстройство зрительных восприятий и отсюда вторично происходит нарушение координации? Или перерезка зрительных долей сама по себе сопряжена с поранением двигательных центров? Или, наконец, дело зависит не столько от ранения зрительных долей самих по себе, сколько от неизбежного нарушения нижележащих путей мозга? Все это вопросы, относительно которых возможны споры. Во всяком случае, несомненно чрезвычайное значение зрительных долей и органов среднего мозга для координации движений.

Только что описанные явления наблюдаются сразу после операции. Впоследствии картина изменяется: сперва лягушка „манежит”, а затем она как бы приспосабливается и начинает ползать прямо, однако и после, когда лягушка значительно оправится от операции, у нее останутся очевидные расстройства в ориентировке движений. Подобные же картины расстройств можно вызвать у лягушки путем односторонней перерезки по *lobi optici*, как раз под одной зрительной долей. Если после такой операции мы будем раздражать кожу на стороне, противоположной операции, а затем на стороне операции, животное одинаково поворачивает свое тело все в одну и ту же сторону, большей частью в сторону здоровую (а иногда в сторону поранения мозга). Сторона, в которую кружится лягушка, связана, повидимому, с возбуждениями в центрах вследствие перерезки: сначала преобладают возбуждения одних, а потом других центров, чем и обусловлена перемена в направлении манежных движений.

Подобные же расстройства происходят и у высших животных, если перерезать у них одну половину мозгового ствола

на уровне четверохолмия. Очень скоро после перерезки наступает спазм — длительное и сильное сокращение мышц на стороне, противоположной перерезке: тело животного оказывается перекошенным на здоровую сторону, конечности здоровой стороны обнаруживают напряженный тонус разгибателей. Когда животное начинает несколько оправляться от операции, ему еще долго не удастся встать на ноги, — тело падает на здоровую сторону; впоследствии животное как бы приспосабливается к новым условиям своей иннервации, делает попытки локомоции, но при этом обнаруживает склонность при хождении делать круги на здоровую сторону. Это связано с тем, что голова животного все еще согнута на здоровую сторону, а конечности здоровой стороны все еще плохо повинуются животному.

При электрическом раздражении четверохолмия, именно передней пары холмов, наблюдаются, например, на собаке, отклонения глаз в сторону, противоположную раздражению, расширение зрачков, оттягивание угла рта; за движением глаз может последовать и поворот головы в ту же сторону. Получается впечатление, как будто животное получило внезапный зрительный образ на стороне, противоположной раздражению четверохолмия.

Значение субкортикальных зрительных центров, как органов, координирующих и ориентирующих локомоцию независимо от деятельности сознания, выступает со всей ясностью на человеке, который идет по улице, среди толпы, задумавшись о каком-нибудь важном и сложном деле: в то время, как сознание и соответствующие органы коры большого мозга заняты научной или философской задачей, ходильный акт совершается, тем не менее, в строгом соответствии с ближайшими условиями окружающей среды, — избегаются столкновения с мимо идущими людьми, обходятся тумбы и фонарные столбы, тело делает внезапный шаг в сторону, как только впереди идущий человек остановится или изменит свой путь, и т. п. Все эти акты ориентирования локомоции помимо сознания, однако по зрительным данным, совершаются с помощью только что рассмотренных подкорковых центров зрения. С заболеванием их нарушается неизбежно способность бессознательной координации движений по зрительным данным.

Насколько передняя пара бугров четверохолмия имеет несомненное отношение к зрительной сфере, настолько задняя пара, постепенно возникающая и развивающаяся у животных видов по мере развития улитки лабиринта, оказывается несомненно связанной со сферой слуховой (см. рис. 55). У собаки и кошки разрушение задних холмов влечет глухоту в ушах.

противоположной стороны по отношению к стороне поранения. Но у обезьяны и, вероятно, у человека при тех же условиях слух расстраивается, но не теряется: отсюда видно, что у высших животных орган слуха имеет, помимо четверохолмия, еще и другие первичные станции в мозгу.

Что касается теперь собственно зрительных бугров (*thalami optici*), то ближайшее отношение их задних отделов к зрительной сфере достаточно доказывается уже тем, что они перерождаются вслед за вылушением глаза противоположной стороны. К зрительному бугру сходятся, кроме того, нервные пути из спинного мозга (по ленте Рейля), из мозжечка (по верхней мозжечковой ножке) и красного ядра чепчика, а также из коры больших полушарий. Из самого же бугра нервные пути направляются в изобилии в различные отделы коры полушарий. Кроме того, имеются связи с ядрами полосатого тела.

Опыты с раздражением зрительных бугров не дали неоспоримых результатов, вследствие крайней затруднительности, даже невозможности приступить к раздражению этих органов, не нанося попутно раздражений и повреждений ближайшим частям мозга.

Клинические данные и экспериментальные нарушения движений зрительных бугров свидетельствуют, что органы эти имеют связь, можно сказать, со всеми сферами чувствительности. Одностороннее поражение *thalami optici* влечет слепоту противоположного глаза, упадок обоняния и вкуса, сильное понижение осязания и мышечной чувствительности противоположной стороны и, быть может, в связи с этим — мускульную слабость противоположной стороны. Видимо, это орган чрезвычайно важного значения, поставленный на пути центростремительных возбуждений, восходящих к коре большого мозга.

ПОЛОСАТЫЕ ТЕЛА (NUCLEUS LENTIFORMIS И NUCLEUS CAUDATUS)

Как нам известно, эти ядра отделены друг от друга белым веществом внутренней капсулы. Основываясь на сравнительно-анатомических и эмбриологических данных, авторы рассматривают их как придатки больших полушарий. Функциональное значение этих органов выявляется, однако, от этого мало. Производить раздражение полосатого тела невозможно без более или менее значительных поранений прочих частей мозга. Вследствие этого результаты раздражений, описанные в физиологической литературе, остаются под сомнением.

Опыты двух английских исследователей — Бивора и Хорслея, произведенные со всеми возможными предосторожностями, делают вообще сомнительной раздражительность чечевичного ядра. Подобно тому и разрушение чечевичы, когда оно произведено по возможности без значительного повреждения других мозговых отделов, не сопровождается заметными функциональными нарушениями. Таким образом, значение чечевичы остается пока совершенно таинственным. Между тем, оно должно быть важно, судя по тому, что чечевича соединена проводящими путями, с одной стороны, с корой полушарий области Роландовой борозды и с так называемым гиппокампом¹ полушарий, а с другой стороны, со спинным мозгом (через Рейлеву ленту), красным ядром, зрительными буграми и хвостатым телом.

Что касается хвостатого тела, исследование его не менее затруднительно, попытки вылушения и раздражения сопряжены со столь же значительными и неизбежными поражениями прочих частей головного мозга. Сколько-нибудь определенных функциональных нарушений при разрушении хвостатого тела не установлено. Один из прежних авторов, Нотнагель, производил, между прочим, следующие опыты на кроликах. Он прокалывал кору больших полушарий иглой шприца, наполненного раствором двуххромовокислого кали ($K_2Cr_2O_7$) и вводил его на такую глубину, чтобы впрыснуть жидкость в хвостатое тело. Кролик после такого воздействия начинал носиться, как бешеный. На основании подобных опытов выше-названный физиолог сделал тот вывод, что в полосатом теле находится особый центр, которому он дал название „бегательного узла” (*nodus cursorius*). Малая научная ценность подобных выводов очевидна! Более или менее твердо установлено относительно хвостатого тела только то, что поранение его влечет значительное и продолжительное повышение температуры мышц. Проводящие пути соединяют хвостатое тело, с одной стороны, с корой больших полушарий, с другой — с зрительным бугром и чечевичей, быть может, еще и с продолговатым мозгом.

Как видно, о функциях полосатого тела пока, к сожалению, нет возможности сказать ничего определенного. С точки зрения истории развития можно было бы высказать догадку, что полосатое тело — филогенетически древнейшая часть переднего мозга — в функциональном отношении отступает на задний план и становится органом второстепенного значения, по мере развития филогенетически более нового отдела мозга — коры больших полушарий.

¹ Ногою морского коня или Аммониевым рогом (*g. hippocampi*).

БОЛЬШИЕ ПОЛУШАРИЯ

РАЗВИТИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Припомним, что головной мозг развивается из трех так называемых *эмбриональных пузырей*. Прежде всего закладывается спинной мозг и позднее вверх нервной трубки образуются три лежащие друг за другом расширения или мозговых пузыря. *Задний* пузырь будет соответствовать продолговатому мозгу с заключающимся внутри него четвертым желудочком (переходящим непосредственно в центральный спинно-мозговой канал) и мозжечку. В *среднем* пузыре, стенки которого образуют средний мозг, происходит сужение полости до степени канала, носящего название Сильвиева водопровода, сообщающего четвертый желудочек с третьим; последний представляет полость промежуточного мозга, развивающегося из части следующего переднего пузыря. *Передний* пузырь в большинстве случаев образует от себя еще два боковых выступа, представляющих зачаток полушарий переднего или большого мозга; полости этих выступов превращаются в боковые желудочки, находящиеся в сообщении с третьим желудочком. В стенках эмбриональных пузырей развивается серое вещество: в дне четвертого желудочка оно дает начало серому веществу продолговатого мозга; серое вещество, развивающееся около дна третьего желудочка, образует ядра средних частей мозга и, наконец, серое вещество, развивающееся в вышележащих частях — в стенках боковых желудочков — дает происхождение серому веществу больших полушарий. У высших животных в их окончательной стадии развития об эмбриональных пузырях не остается почти никакого намека; у лягушки же и у рыб вполне развившийся мозг еще напоминает эмбриональный тип.

БОЛЬШИЕ ПОЛУШАРИЯ КАК ОРГАН ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мы уже видели, чем характеризуется лягушка, у которой снесены большие полушария. У нее сохранилась вся тонкость координации движений; но реакции стали относительно очень однообразными, лягушка как бы потеряла способность выбора и инициативы своих действий, — мы можем сказать, что у нее утратилась психическая деятельность. На первый взгляд оперированная лягушка кажется почти нормальной, ее характерная поза с приподнятой передней частью тела на вытянутых передних лапках (сидит «как собака») придает ей вид бодрости, оживленности, и притом она еще скорее, чем нормаль-

ная, реагирует на внешние раздражения. Однако при более внимательном наблюдении оказывается, что наша лягушка стала чрезвычайно похожа на автомат, — она отвечает со вперед предсказываемой правильностью на внешние раздражения и не проявляет никаких сознательно-волевых действий. Оживленность реакций ее обуславливается тем, что устранено тормозящее влияние центров большого мозга на рефлекторные иннервации из низших нервных уровней.

Первые опыты с экстирпацией больших полушарий были произведены не на лягушке, а на голубе (Флюранс). Эта операция, как оказалось, переносится животным удовлетворительно. Если у голубя мало-по-малу удалять большие полушария, он постепенно тупеет, и если совсем удалить оба полушария, то голубь делается, можно сказать, совершенным автоматом. Если оперированный голубь получит откуда-нибудь то или иное раздражение, он сделает несколько шагов и остановится. Во время стойки он прямо стоит на ногах с несколько прижатой к туловищу головой или даже спрятав иногда голову под крыло; большей частью он представляется как бы спящим. И эту характерную позу голубь сохраняет в течение многих часов, если только отсутствуют внешние раздражения и не рождаются раздражения внутри организма, вследствие, например, голода; при определенном внешнем раздражении голубь совершает вполне определенные движения, которые можно вперед предсказать. Во время возбуждения он кажется на первых порах нормальным, повертывает головой, отряхивается, потягивается; если его беспокоят насекомые, то он чистится клювом и лапками и т. п., как будто сознает и понимает происходящее около него. Однако в действительности у него совершенно отсутствует интеллект: можно доказать, что он никаких сознательных впечатлений не имеет; на угрожающие жесты он не обращает никакого внимания; если потянуть его за клюв, то он упирается, встряхивает крыльями, но только до тех пор, пока не найдет устойчивого положения; если будем толкать его, голубь упирается и поворачивается в противоположную сторону, делает движения, подобные тем „оборонительным реакциям“, которые совершает и лягушка без больших полушарий. Чувство равновесия и связанные с ним координации стойки и локомоции, видимо, сохранились. Положить голубя на спину не удастся, — он тотчас переворачивается. Если его посадить на руку и качать, то он балансирует, стараясь только удержать равновесие, и не думает улетать, что сразу сделал бы нормальный голубь. Уцепившись за какой-нибудь предмет, он продолжает неподвижно сидеть, пока не нарушится равновесие; он сидит на пальце руки

очень долгое время, как будто прирученный. Если его подбросить вверх, то он летит, как нормальный голубь, впрочем, плохо избегает препятствий; сделав круг по комнате, он опускается на какой-нибудь предмет и, как только найдет положение равновесия, тотчас же успокаивается в позе спящего. Свет от темноты он еще отличает и этим, видимо, руководствуется при полете или при хождении, когда его подталкивают. Если неожиданно подействовать светом перед его глазом (например, зажечь спичку), то он реагирует, закрывая веко, или поворачивая голову к свету. Голубь реагирует также на внезапные сильные звуки, например, на пистолетный выстрел. Если голубь сильно проголодается, он начинает беспокойно ходить взад и вперед, стучит клювом в землю; однако сам пищи не принимает, если даже перед ним разбросан корм. Нужно ему открыть клюв и положить в рот корм, только тогда он рефлекторно проглотит пищу; но при этом он одинаковым образом глотает решительно все: камешки, кусочки бумаги, зерна растений и пр. Страдая от жажды и сидя около воды, он не пьет; но если опустить его голову в воду, то он рефлекторно — автоматически делает глотки и тогда пьет, подобно нормальному голубю, вытягивая шею и поднимая голову кверху. Таким образом голубь, лишенный полушарий и предоставленный самому себе, может погибнуть от голода и жажды, окруженный изобильным кормом и водой; но при условии искусственного питания может быть сохранен живым в течение сравнительно долгого времени, — около года. Такого голубя надо кормить часто и небольшими порциями, так как большие порции легко вызывают заболевание животного, пищеварение которого ослаблено. Если перекормить голубя, то у него появляется рвота, так как зоб плохо опорожняется, и тогда животное быстро погибает. Нарушение в зрительной сфере голубя замечается в том, что он при хождении уклоняется от препятствия только в тот момент, когда почти уже натолкнулся вплотную на него; чувствуя голод, он идет, пока не упрется в стену, остановится, поворачивается к свету и опять идет; попав в угол, голубь останавливается и, самое большее, что повернется в сторону, но при этом наталкивается на другую стену, вновь поворачивается к прежней стенке и т. д., таким образом, не умеет выбраться из угла, болтаясь, как маятник, от одной стенки к другой.

На основании этих опытов приходят к заключению, что передние отделы головного мозга, т. е. большие полушария, надо признать за орган сознания и воли, или за орган психической деятельности, так как по удалении полушарий у животного выпадает сознательно-волевая жизнь. Но подобные выводы

надлежит делать крайне осторожно, и они требуют строгой критики, так как всегда возможны возражения, что психическая жизнедеятельность зависит равным образом и от других частей мозга, и, может быть, вследствие операции она только угнетается, так как известно, что всякое, даже незначительное воздействие на мозг сопровождается более или менее длительным шоком в неповрежденных частях мозга, или же ведет к ненормальным возбуждениям центров и вызывает склонность к насильственным движениям. С удалением одного полушария у животного более или менее надолго выпадают все психические функции, несмотря на то, что другое полушарие остается целым: очевидно, что при этом оставшиеся целыми кортикальные центры угнетены операцией.

Воззрение, что головной мозг служит органом психической жизнедеятельности, было известно уже школе Гиппократа. От последователей знаменитого „отца медицины” дошли сведения, что идея о зависимости сознания от нормального состояния головного мозга высказана была еще Алкмеоном Кротонским, гениальным физиологом древности (VI в. до н. э.). Впоследствии Платон и его школа стояли за такое же понимание роли головного мозга, тогда как другой знаменитый грек, которого считают по праву отцом естествознания, Аристотель учил, что головной мозг представляет слизистую холодную массу, назначенную умерять теплоту, развиваемую сердцем. Герофил Александрийский (IV в. до н. э.) впервые точно различил нервы и сухожилия и затем выяснил, что нервы сходятся к головному мозгу частью непосредственно, частью через посредство спинного мозга. Отсюда развилось учение другого знаменитого александрийца Эразистрата (современника Герофила), рассматривавшего головной мозг как центр всех нервов и главный орган интеллекта. Позднейшим гиппократикам известно было, что поражение головного мозга с одной стороны влечет за собой параличи на стороне противоположной и именно потому, что нервы, идущие из головного мозга, перекрещиваются. Гален (II в. н. э.) с полной ясностью различал чувствующие и двигательные нервы и дал анатомическое и физиологическое деление головного мозга на три отдела, причем переднему отделу он приписывал способность воображения и представления, среднему отделу — рассудочную деятельность, а заднему отделу — память. Разделяя в принципе точку зрения Галена, Блаженный Августин (IV в. н. э.) локализовал, однако, в заднем отделе головного мозга двигательную иннервацию.

Несмотря на то, что таким образом преимущественное значение головного мозга для психической деятельности было

уже признано и была уже намечена в общих чертах даже идея о локализации нервных функций в отдельных частях мозга, долгое время господствовали, однако, спекулятивные представления аристотеликов о *sensorium commune*, существенную роль в котором должно было играть сердце. И лишь Фр. И. Галль в начале XIX в. восстановил со всею силою идею древних о локализации психических способностей в головном мозгу, причем органом психической деятельности признал преимущественно полушария переднего мозга и поднял вопрос о различном функциональном значении отдельных областей полушарий. Мысль о том, что головной мозг есть преимущественное сидлище психических отправлений, естественно возникает из того наблюдения, что все высшие органы чувств непосредственно связаны именно с головным мозгом. Положение о преимущественном значении массы головного мозга для душевной жизни может казаться в настоящее время гочти аксиомой. Но надо признать, что мы не имеем в этом столь важном вопросе прямых и вполне бесспорных доказательств. Все доводы, какие приводятся в пользу него, являются косвенными. Метод экстирпации или вылуцивания показывает, что животное без больших полушарий представляет простую рефлекторную машину, как бы автомат, действующий раз навсегда одинаково, в самой тесной зависимости от внешних или внутренних раздражений; с удалением большого мозга выпадают признаки разумной, сознательно-волевой деятельности животного.

Однако возможность влияния на центры послеоперационного шока умаляет значение этих данных для доказательства, что выпавшие психические функции приходятся на долю удаленных органов.

В настоящее время представляется в особенности важным сравнительно-анатомическое доказательство (Иоганн Мюллер). На лестнице животного царства можно видеть, что чем выше интеллект данного рода и вида животного, тем большего развития достигают передние отделы головного мозга, т. е. большие полушария (рис. 58). По мере развития базальных ганглиев и паллиума большого мозга, центры промежуточного и переднего мозга, приобретают все более и более преобладающее значение и все возрастает количество проводящих путей отсюда к спинному мозгу. Непосредственный кортико-спинальный путь развивается лишь у млекопитающих (рис. 58). Среди позвоночных самым низшим классом в отношении психической деятельности являются рыбы, и у них в то же время большие полушария оказываются в наиболее зачаточном состоянии — в виде маленьких придатков, значительно уступаю-

Песчаный карась

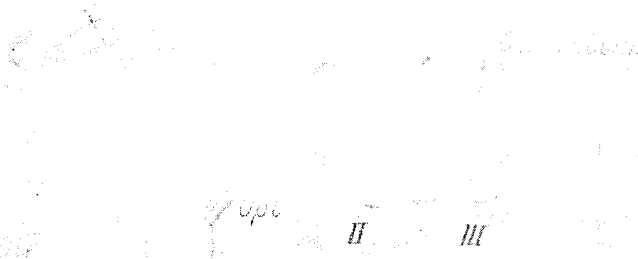
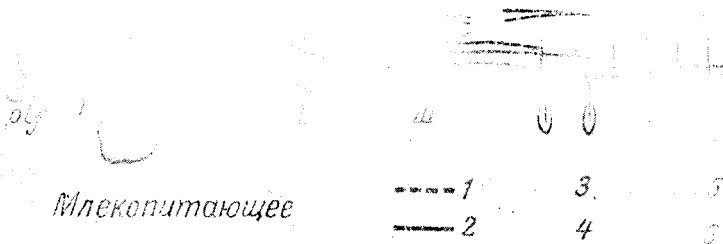
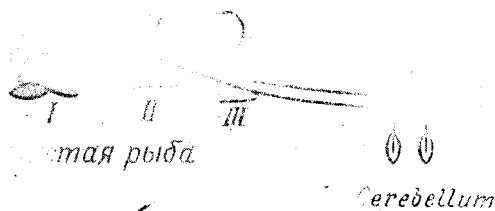


Рис. 58. Схема филогенетических отношений между главными отделами головного мозга (по Монакову).

I — большой мозг; II — средний мозг; III — продолговатый мозг и мозжечок; 1 и 2 — соответственно филогенетически новые и древние двигательные пути; 3 и 4 — соответственно филогенетически новые и древние чувствительные пути; 5 и 6 — филогенетически новые и древние зрительные пути.

щих по своей массе среднему и заднему отделам головного мозга. Вспомним, что собственно кора полушарий у рыб совершенно не развита и ее место занимает тоненькая пластинка, так называемый *pallium* (плащ), в котором еще почти нет нервных элементов. Можно сказать, что передний мозг рыб состоит нацело из *corpora striata*.

С другой стороны, рыбы отличаются от высших беспозвоночных тем, что оказывают способность к индивидуальному опыту (их можно, например, приучить по звонку приходить есть), но у них личный жизненный опыт находится все-таки в зачаточном состоянии.¹ У амфибий полушария развиты несколько более, чем у рыб: их *pallium* имеет уже характер нервной ткани, причем серое вещество оказывается, однако, обращенным не к периферии, как у высших, а внутрь — к полости боковых желудочков. У рептилий мы видим уже развитые полушария с кортикальным слоем серого вещества (*cortex cerebri*) и с обособившимися височными лопастями. В связи с этим психическая одаренность амфибий оказывается немногим выше, чем у рыб; психические же способности рептилий могут даже превышать способности низших млекопитающих. Способность приспособления и личного опыта у черепахи или у крокодила подчас поражает.

У птиц большие полушария уже настолько развиты, что почти совершенно прикрывают собою средние части мозга, и только небольшая часть последних иногда видна между полушариями и сильно развитым мозжечком. По исследованиям Эдингера именно у птиц в первый раз устанавливается тесная и широкая связь между оптическими центрами среднего мозга и корою больших полушарий.² Известна необычайно тонкая способность птиц к различению места и к ориентированию в пространстве по зрительным признакам. Очень велика слуховая и зрительная память. В связи с этим птицы так хорошо различают своих врагов, через несколько лет находят свои прежние гнезда, выучиваются „говорить” и т. п. По мере того как мы поднимаемся вверх по лестнице животного царства, мы видим, что большие полушария достигают все большего и большего развития и все более и более прикрывают собою

¹ У пчел и муравьев, хотя и развита социальная жизнь, но у них не наблюдается способности к индивидуальному жизненному опыту. Пчелы отличают особей своего улья от чужих только по запаху. Если хотят поместить пчел из разных ульев в один, например, при гибели матки или во время роевания, то их подкуривают или обрызгивают пахучей жидкостью, чтобы притупилось у них обоняние; иначе происходит жестокая схватка, в которой может погибнуть весь рой.

² Первые намеки на такую связь имеются уже у рептилий. См. прилагаемую сравнительно-анатомическую схему Монакова, рис. 58.

средние части мозга. У низших млекопитающих, например, у кролика, полушария уже закрывают средний мозг, но мозжечок при рассматривании сверху еще виден на всем своем протяжении. У кошки и собаки полушария закрывают переднюю часть мозжечка. Это надвигание больших полушарий их затылочными долями на мозжечок продолжается далее и далее, по мере перехода от низших обезьян к антропоидам и к человеку.

В развитии полушарий у млекопитающих появляется еще новая черта, именно увеличение поверхности серого кортикального слоя полушарий путем образования складок — борозд и извилин. Извилистый мозг имеется уже у высших клоачных (ехидна) и у сумчатых (более крупные формы). У хищных, как, например, у кошки и собаки, мы видим уже значительное развитие извилистости. Наконец, у обезьян извилины коры очень умножаются в числе и приближаются по виду к извилинам человеческого мозга. Наряду с этим мы видим, что психическая одаренность млекопитающих животных стоит сравнительно очень высоко и тем выше, чем ближе подходим мы к обезьянам, в особенности человекоподобным, и к человеку. В ряду позвоночных, по мере того как нарастает психическая одаренность, все увеличивается относительная величина переднего отдела головного мозга (больших полушарий), тогда как средние отделы его (четверохолмие, зрительные бугры и пр.) более или менее значительно отстают в развитии.

Сравнительно-анатомические данные очень существенно подкрепляют мысль о преимущественном значении переднего мозга для психической жизни. Некоторые исследователи пытались даже основать на них различение рас и, в пределах одной и той же расы, разницу между высшей одаренностью так называемого гения и одаренностью среднего человека. Обратили внимание, что у лиц с более высокой духовной одаренностью происходит увеличение веса мозга вследствие прироста массы полушарий. По определениям Бишофа средний головной мозг европейца весит около 1361 г, мозг европейской женщины — около 1220 г, мозг среднего китайца 1428 г, китайки — 1290 г, негра — 1232 г, негритянки — 1202 г, индуса — 1176 г, бомбейца — 1066 г, бушменской женщины — 997 г. У людей выдающихся духовных дарований вес мозга уклоняется от средней нормы (1300—1400 г): например, мозг поэта Байрона весил 2238 г (возможно, впрочем, что такой огромный вес связан был в данном случае с гиперемией мозга, так как Байрон умер от воспаления мозга), мозг Кромвеля — 2233 г. Тургенева — 2012 г, Кювье — 1830 г, Шиллера — 1785 г, Канта — 1600 г, Дирикле — 1500 г, Гаусса — 1492 г,

Гельмгольца — 1430 г. У женщин, вообще говоря, находят вес мозга меньше, чем у мужчин.

Надо заметить, что при оценке веса мозга необходимо принимать во внимание не абсолютный вес, а отношение веса мозга к весу всего тела. Абсолютный вес мозга естественно должен увеличиваться в зависимости от величины тела животного; чем больше животное, тем большее количество нервных элементов и проводников требуется для обслуживания организма, и, таким образом, в зависимости от роста массы тела увеличивается общий вес мозга. Весовая норма мозга в 1300 г может оказаться сравнительно скудной для мужчины очень высокого роста, тогда как для средней женщины эта масса мозгового вещества окажется чрезвычайной. Чтобы судить об относительной интеллигентности животного, следует сравнивать веса мозга при одинаковых общих весах тела; иными словами, для сравнения надлежит брать относительные массы мозгового вещества в общей массе тела животных. Это совершенно ясно, если принять во внимание, что абсолютный вес головного мозга, например, кита, равен 7000 г, слона 54400 г, тогда как человеческий мозг весит не свыше 2240 г.

Чтобы иллюстрировать относительную массивность мозга различных животных, приведем некоторые цифры. Оказывается, что, например, у рыб вес головного мозга относится к весу тела, как 1 : 5660, у амфибий — 1 : 1320, у птиц — 1 : 212, у кролика — 1 : 146, у кошки — 1 : 106, у человека — мужчины — 1 : 46, у женщины — 1 : 45. Приведенные цифры производят впечатление, что по относительной массивности головного мозга действительно возможно было бы судить об относительной психической одаренности животных, и в таком случае одаренность женщины оказалась бы в среднем несколько выше, чем одаренность мужчины. Но и здесь с обобщениями нужно быть очень осторожными, ибо, наряду с предыдущим рядом цифр, оказывается, что у собаки весовое отношение головного мозга к телу равно 1 : 430, тогда как у кошки оно — 1 : 106; между тем собаку обыкновенно считают интеллигентнее кошки. Еще более противоречит общепризнанной оценке интеллигентности животных сопоставление следующих отношений: слона — 1 : 560, льва — 1 : 546, козы — 1 : 302, мыши — 1 : 49 и лесной землеройки — 1 : 23!

В общем на основании сравнительно-анатомических данных с наибольшей достоверностью можно высказаться так, что с увеличением относительной массы коры полушарий, с увеличением ее поверхности и извилистости усложняется психическая жизнь животного. Для того, чтобы судить об относительной развитости кортикальной массы серого вещества,

всего проще определить относительное количество белого вещества мозговых ножек, т. е. проводников к центрам коры, и белого вещества чепчика, т. е. проводников к подкорковым центрам. Чем более преобладают проводники корковые, тем, очевидно, обширнее значение сознательно-кортикальной иннервации для данного вида животного; чем, напротив, больше преобладают проводники подкорковые, тем более преобладает инстинктивная жизнь животного над сознательной. Отсюда исходит критерий Мейнерта: об относительной психической одаренности животного можно судить по относительной величине площади поперечного сечения мозговой ножки сравнительно с величиной площади поперечного сечения чепчика на том же мозговом уровне (см. рис. 54). Принцип Мейнерта обладает, повидимому, всеобщей применимостью в животном царстве и исключений из него пока не известно.

СТРОЕНИЕ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

Серое вещество больших полушарий собрано в поверхностном корковом слое (*cortex cerebri*), не превышающем в толщину нескольких миллиметров. Гистологическое исследование обнаруживает здесь множество нервных клеток, разнообразных по форме и величине и расположенных в известном порядке — слоями, следующими один за другим от периферии в глубину. Со времени Мейнерта (1868 г.) продолжают попытки стратиграфического описания коры. Описания эти оказывались, однако, различными у разных ученых: не только отдельные клеточные слои коры описывались различно, но и относительно количества слоев между исследователями не было полного согласия: у животных описывалось от 3 до 10 кортикальных слоев, у человека от 5 до 9. В настоящее время выяснено, что клеточные типы отдельных слоев и число слоев могут быть весьма различны в различных пунктах коры одного и того же животного, и в этом следует видеть результат филогенетической и онтогенетической дифференцировки серого вещества коры на более или менее обособленные центры и органы различного функционального значения. Исследования Бродмана показали, что только в примитивной и первоначальной форме кора млекопитающих имеет 6 слоев, с однообразным типом клеток в каждом на протяжении почти всей коры; пережив эту однообразную шестислойную архитектуру в эмбриональной стадии, кора высших млекопитающих и человека затем весьма сильно видоизменяется и разнообразится в различных своих частях; по мере ее развития

происходит то местное умножение ее слоев через расщепление слоев эмбриональных, то местное уменьшение числа слоев через слияние слоев эмбриональных, то местное образование совершенно специального типа нервных клеток в том или другом из слоев, то, наконец, местное исчезание клеточных элементов того или другого из слоев.

Слои более примитивной и эмбриональной коры, начиная от периферии и идя в глубину, следующие (рис. 59, 60, 62):

1) Поверхностный молекулярный слой, относительно бедный клеточными элементами, рассеянными в виде зерен в сплетении, образованном дендритами и аксонами клеток, залегающих в более глубоких слоях.

2) Внешний зернистый слой, чрезвычайно богатый мелкими клетками довольно разнообразной формы.

3) Слой пирамидальных клеток; клеточные элементы здесь значительно менее обильны, чем в предыдущем слое, но они принимают более определенную и характерную форму пирамидок, направленных вершинами к периферии; вершины этих клеток являются их дендритами, которые более или менее сильно ветвятся в стороны и в молекулярный слой; осевые цилиндрические отростки клеток, отдавая боковые ветви к соседним клеткам, направляются в подкорковое белое вещество.

4) Внутренний зернистый слой, опять относительно обильный клетками, весьма разнообразными по форме. Здесь нередко наблюдаются звездчатые клетки, которые, помимо сильно ветвящихся дендритов, дают чрезвычайно сильно разветвленные аксоны, служащие, быть может, специально для ассоциативной деятельности кортикальных центров. Соответственно обилию нервных клеток четвертый слой на поперечных разрезах коры кажется более темным, чем прилежащие к нему.

5) Ганглиозный слой, бедный клеточными элементами, которые зато обнаруживают значительное и своеобразное развитие и подчас достигают необыкновенной величины.

6) Слой полиморфных клеток, несколько более богатый клеточными телами, чем слой ганглиозный; между разнообразными формами клеток встречаются здесь своеобразные веретенообразные клеточки, отдающие свои аксоны с ветвями в белое вещество лучистого венца.

Отправляясь от этого шестислойного типа, кора млекопитающих животных перестраивается затем по мере своего развития, и притом различно в различных своих территориях. Так, например, в области, лежащей впереди от Роландовой борозды, при необыкновенной общей толщине серого вещества коры, характерным образом исчезает 4-й слой, т. е. внутрен-

ний зернистый; зато в этой области, в непосредственном соседстве с Роландовой бороздой, в так называемом *sulcus praecentralis*, и в особенности ближе к срединной линии мозга, происходит своеобразное развитие 5-го (ганглиозного) слоя, — именно, в нем появляются „гигантские пирамидальные клетки”,

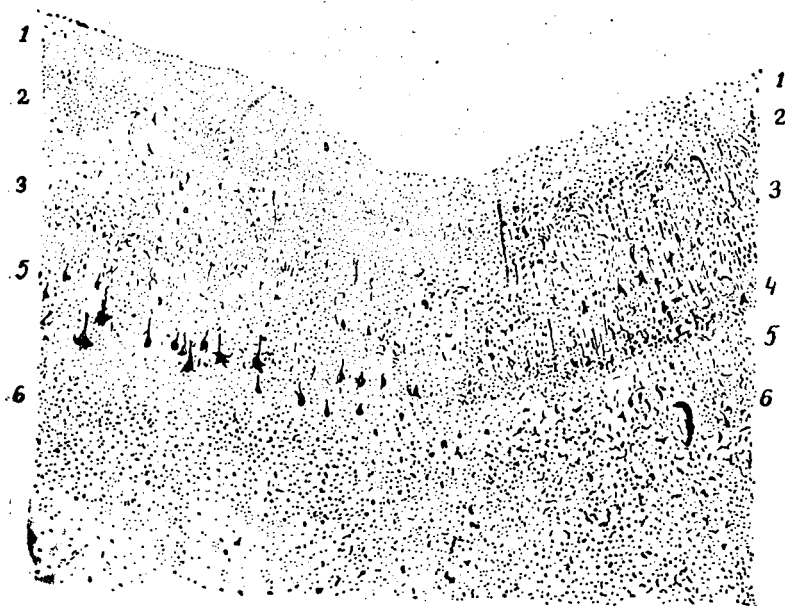


Рис. 59. Гистология кортикальных участков по Бродману I.

Поперечный срез через Роландову борозду. Слева видны Бецовские гигантские пирамидальные клетки прямого кортико-спинального пути (слева — *Eyrus praecentralis*, справа — *Eyrus postcentralis*).

служащие началом длинных кортико-спинальных путей к передним рогам спинного мозга.¹ Эти громадные клетки конической формы, вершиной к периферии коры, с обильно ветвящимися дендритами к периферии и в стороны и с аксоном, уходящим в белое вещество лучистого венца и во внутреннюю капсулу, были открыты покойным киевским профессором анатомии В. А. Бецом, и их нередко называют по имени открывшего их автора „Бецовскими гигантскими пирамидами” (*Betzsche Riesenpyramidenzellen*). Они составляют особенность этой корковой области, электрическое раздражение которой вызывает двигательные реакции конечностей, туловища, го-

¹ См. рис. 41.

ловы и лица; некоторые авторы считают их именно двигательными клетками коры. Наибольшей величины они достигают у льва ($60 \times 133 \mu$), тигра ($60 \times 100 \mu$) и человека ($53 \times 106 \mu$); у слона они меньше — ($35 \times 60 \mu$), а, например, у кролика всего ($18 \times 40 \mu$). Крупные ганглиозные клетки 5-го слоя обнаружены еще в небольшой территории коры кзади от

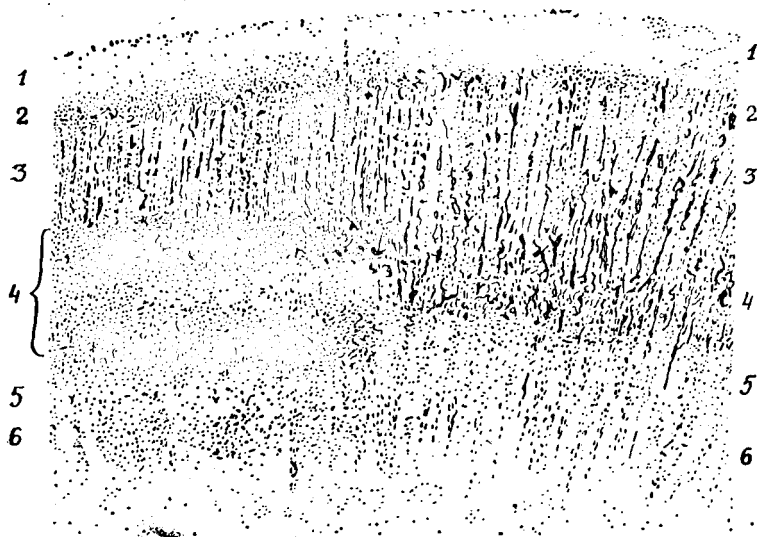


Рис. 60. Гистология кортикальных участков по Бродману II.

Срез по границе зрительной сферы (*fissura calcarina*). Справа видны шесть клеточных слоев основного типа строения коры, слева — трансформация слоев в зрительной сфере.

Роландовой борозды, именно тотчас за *sulcus retrocentralis superior*, но это по типу своему уже не гигантские пирамиды, характерные для прецентральной извилины и, кроме того, здесь имеется хорошо выраженный 4-й слой.

Вообще говоря, области кзади от Роландовой борозды резко отличаются по своему строению от „двигательной сферы”, расположенной кпереди от нее: там прекрасно развит внутренний зернистый слой и отсутствуют бецовские пирамидальные клетки (см. рис. 59). Другой пример перестройки коры можно видеть в затылочной части полушария, около так называемой *fissura calcarina* и *gyri occipitalis* (рис. 60). Это так называемая, „зрительная сфера коры”. Здесь, при относительно очень небольшой толщине серого вещества коры, происходит гипертрофическое развитие 4-го слоя (внутреннего

зернистого), который разрастается, например, у кошки и кролика, в два новых слоя, избыточных клеточными элементами,

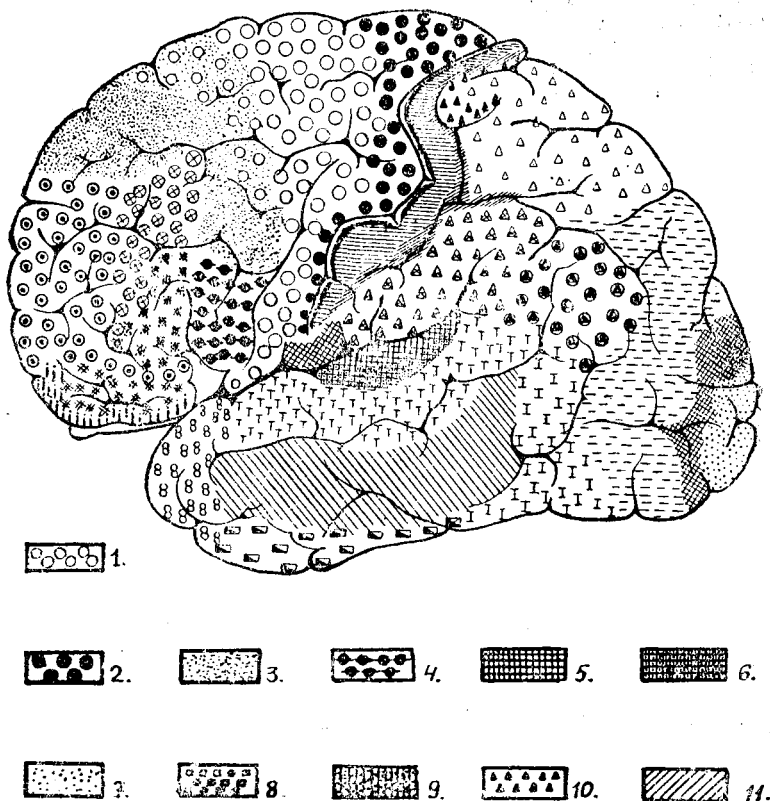


Рис. 61. А. Топографическая карта различных гистологических провинций в коре полушарий (по Бродману).

Наружная поверхность коры. Отдельные провинции обозначены особыми символическими знаками, так, например: 1 — area agranularis, лишенная 4-го слоя; 2 — area agranularis gygantopyramidalis — „психомоторная сфера“ коры; 3 — area frontalis granularis; 4 — area opercularis, область „центра Брока“; 5, 6 — отдельные тектонические поля areae temporalis transversus — „центры слуха“; 7 — тектонические части, построенные по calcarina typus — „зрительная сфера“; 8 — исчезновение 4-го слоя при сильном развитии 3-го и 5-го слоев; 9 — рядом с предыдущим, исчезновение 2-го и 3-го слоев при очень сильном развитии 4-го слоя; 10 — area praeparietalis с сильным развитием клеток 4-го и 5-го слоев;

11 — area temporalis media и др.

а у обезьяны и человека здесь появляются даже три новых слоя клеток (см. рис. 60). Подобным же образом, совершенно обособленной и резко очерченной гистологической территорией оказывается pars opercularis третьей лобной извилины, соот-

ветствующая так называемому центру Брока; и опять совершенно своеобразные гистологические картины представляются в тонко дифференцированных кортикальных полях верхней височной извилины, где указывается центр Вернике. Рис. 61-А и 61-В представляют современные попытки изобраа-

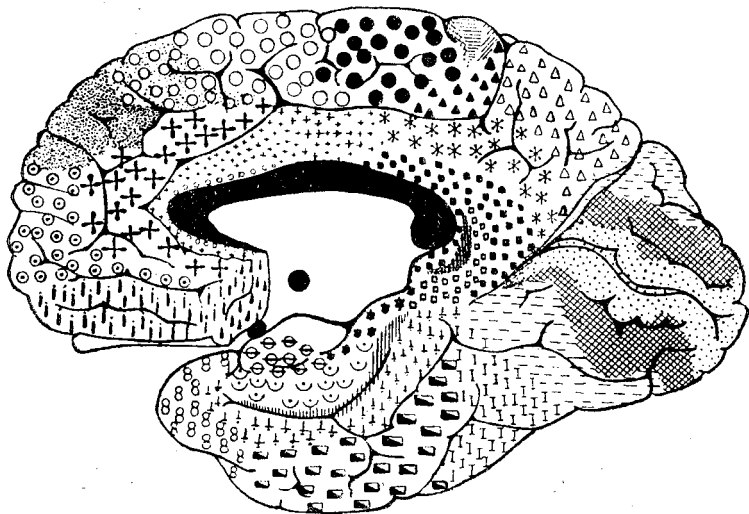


Рис. 61. Б. Топографическая карта гистологических провинций в коре полушарий (по Бродману).

Медialная поверхность коры. Значение символических обозначений то же, что на предыдущем рисунке.

зить в символических знаках ландкарту различных гистологических провинций на наружной и внутренней поверхности полушария.

Надо заметить, что каждая из отдельных провинций, которые здесь обозначены, у более развитого мозга обнаруживает дальнейшую, еще более детальную дифференцировку, так что кортикальная область, оказывающаяся однородным по своему строению полем у обезьяны, обнаруживает уже несколько особых гистологических подотделов у человека.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ В КОРЕ ПОЛУШАРИЙ

Выше были приведены существующие доказательства в пользу того, что передний отдел головного мозга, т. е. аппарат полушарий, есть орган интеллекта и воли. Это положение подтверждается — правда, лишь косвенно — эксперименталь-

ными исследованиями и сравнительно-анатомическими данными. Доводов в этом направлении ищут очень тщательно, так как в высшей степени важно установить эту зависимость со всей положительностью.

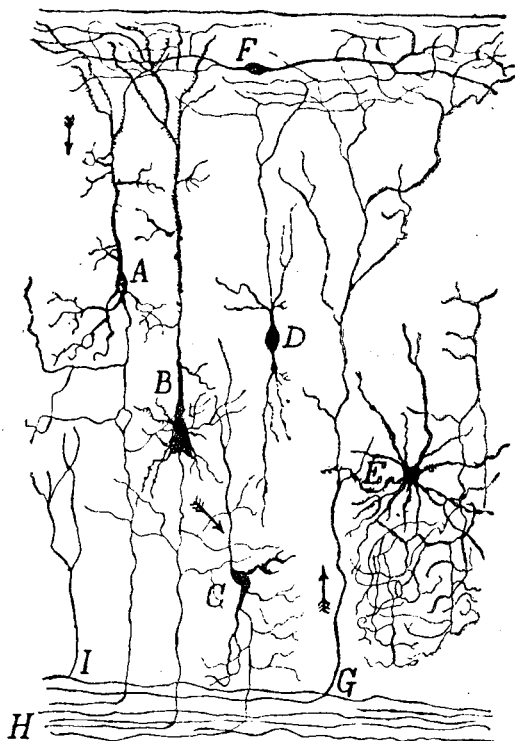


Рис. 62. Схема клеточных элементов коры полушарий по Рамон-и-Кахалью (из Гегенбаура).

F — клетка молекулярного слоя с фибриллами, направляющимися по поверхности коры тангенциально; A и B — пирамидальные клетки, мелкая и крупная, дендриты их восходят до поверхностного молекулярного слоя, частью же ветвятся в стороны; неврит с коллатералью нисходит в подкорковое белое вещество (H). Сюда же идут невриты более мелких клеток глубоких слоев коры (C). Кроме этих «центробежных» элементов коры представлены «центростремительные» элементы: G — восходящий неврит к коре из подкоркового белого вещества, т. е. от ниже лежащих нейронов; D — кортикальный неврон, отдающий свой невронт в молекулярный слой; E — звездчатая клетка с сильно ветвящимися дендритами и невритами.

Теперь является вопрос: если большие полушария служат органом психической жизнедеятельности, то как размещены здесь психические функции. На этот вопрос в начале прошлого столетия было дано два ответа.

С одной стороны, французский физиолог Флюранс (в 30-х годах XIX столетия) на основании своих экспериментальных исследований над голубем заключил, что психические функции разлиты в головном мозгу равномерно, т. е. строгой и определенной локализации их не существует; другими словами, все части больших полушарий одинаково ведут к развитию психической деятельности (разума и воли), подобно тому, как желчь вырабатывается одинаково в различных местах печени.

Флюранс обнажал у голубя большие полушария и последовательно сносил их по частям. При этом он видел, что чем большая масса полушарий удалялась, тем большая бессознательность проявлялась у животного, — голубь постепенно становился все более и более тупым, у него прогрессивно ослабевала психическая жизнь во всех частях, но какого-нибудь резко выраженного одностороннего выпадения какой-нибудь отдельной функции не наблюдалось.

С другой стороны, в 10—20 годах прошлого столетия венский врач Франц Иосиф Галль, тонкий наблюдатель и превосходный анатом мозга, утверждал, что существует более или менее строгая локализация психических функций в коре головного мозга. Исходя еще из школьных наблюдений над своими товарищами, он приходил к мысли о том, что конфигурация черепа, а следовательно и мозга, определяет психические особенности человека; отсюда он впоследствии развил учение, которое в свое время стало весьма популярным и получило название френологии. Согласно этому учению, мозг у людей построен неодинаково: в связи с различием психических наклонностей и способностей, в нем имеются особые неровности и извилины, что отражается и на строении черепа. По внешним очертаниям, по общей форме поверхности черепа можно судить о психических свойствах данного субъекта, — развит ли у него тот или другой талант, та или иная наклонность.

Так, например, Галль нашел, что большой лоб и «глаза на выкате» отличают людей, обладающих большой памятью. Он утверждал, что ораторский и музыкальный талант, преступные склонности, повышенное половое влечение и проч. — все эти и подобные психические свойства и склонности локализованы в определенных местах коры большого мозга; он подробно описал, соответственно этому, различные шишки и выступы черепа с определенным для каждого функциональным значением; например, шишки гневливости, упрямства, стремительности и т. п. Галль же дал первые указания на то, что нижняя извилина лобной доли полушария имеет прямое отношение к функции речи. В дальнейшем развитии своего учения, специализируя все более и более свои наблюдения, Галль значительно утрировал выводы и вызвал этим в тогдaшнем ученом мире ироническое отношение к своим идеям. Когда поколебалось обаяние воззрений Галля, в физиологии господствующее положение заняло учение Флюранса о равномерном развитии психических функций в коре больших полушарий, и это представление прочно держалось в науке до 1870 года.

Правда, у невропатологов накапливались наблюдения над людьми, страдающими параличами, противоречившие взгляду Флюранса: невропатологи наблюдали, например, что различные прижизненные расстройства у больного субъекта связаны с теми или другими определенными местными разрушениями или аномалиями в головном мозгу, обнаруживавшимися из посмертных вскрытий. Но подобные наблюдения казались мало убедительными и не колебали принципов Флюранса. С 1825 г. ученик Галля Бульо старался обосновать то положение, что поражение лобной доли полушария ведет к расстройству речи. В 1848 г. он представил Парижской Академии результаты 700 вскрытий, подтверждающие приведенное положение. В 1836 г. доктор Марк Дакс из Сомьера определенно доказывал, что расстройство речи связано с заболеваниями именно левого полушария. Наконец, парижский хирург, известный антрополог и этнограф Брока, сначала ярый противник учения о локализации, впоследствии ревностный защитник его, указал еще более точно, что функция речи связана с *pars opercularis* нижней лобной извилины (1863). Поражения в этой области ведут к расстройству речи, так называемой афазии. Впоследствии эта часть мозга получила название извилины Брока, и ей приписали значение центра речи («центр Брока»).

На основании обширного патологического материала, т. е. на сопоставлении прижизненных расстройств речи с данными посмертного вскрытия, Брока установил, довольно детально связь между расстройством речи и изменением указанных частей в мозгу. У правшей расстройство речи оказалось связанным с изменением в левом полушарии, а у левшей — в правом. Это очень правдоподобно, так как левое полушарие большого мозга, действительно, иннервирует правую половину тела, а правое полушарие — левую (перекрестная иннервация). Тем не менее, и исследования Брока мало поколебали учение Флюранса, так как последнее было высказано на основании опытных данных, казавшихся незыблемыми и создавших в свое время славу Флюрансу, как первому экспериментатору над большим мозгом животных. К тому же при изучении расстройств речи встречаются подчас с громадными осложнениями, — иногда эти расстройства не сопровождаются перерождением точек коры, указанных Брока. (В таких случаях расстройство речи зависит от изменений других центров, как мы увидим ниже).

Только в 1870 году весь вопрос повернулся в другую сторону, благодаря опытам двух немецких ученых — Фритча и Гитцига. Эти авторы положили начало экспериментальной фи-

зиологии полушарий мозга и показали наглядно, что кора больших полушарий не является во всех своих частях однородной по функциональным отправлениям. Опыт Фритча и Гитцига заключался в следующем: они трепанировали череп и обнажали мозг собаки, затем к определенным точкам коры больших полушарий прикладывали постоянный электрический ток; при этом на противоположной стороне тела животного они

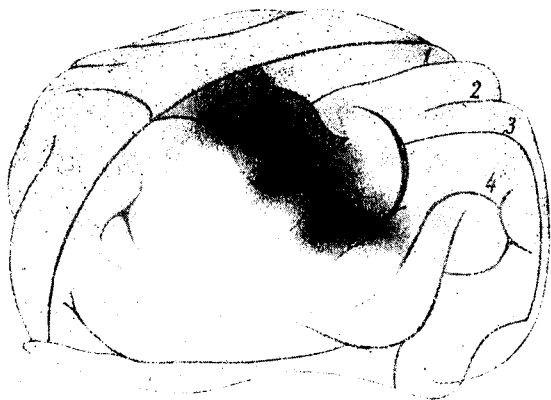


Рис. 63. Психо-моторная область левого полушария хищного животного (Из Handbuch d. Physiologie Hageля). (Объяснение обозначений в тексте).

приметили вполне определенные, ограниченные двигательные реакции. Большой мозг собаки разделяется срединной или медиальной линией на две половины и при рассматривании сбоку представляет в каждом из полушарий четыре очень правильные извилины, тянущиеся параллельно срединной линии (рис. 63, 1, 2, 3, 4). В передней трети полушария есть поперечная бороздка, носящая название *крестовидной* (*sulcus cruciatus*), приближаясь к которой вышеуказанные извилины делают изгибы и огибают ее. Около *sulcus cruciatus*, позади его, Гитциг и Фритч нашли такие точки, раздражение которых дает вполне определенные движения в *противоположной* половине тела. Раздражением определенной точки у латерального конца крестовидной борозды (точки *a*) у собаки вызывается локальное движение в противоположной передней конечности, — в ней сокращаются известные мышцы (разгибатели и абдукторы), отводящие и выпрямляющие конечность; если раздражать рядом другую точку коры (точку *b*), то происходит сгибание и поворачивание той же передней конечности

внутри (действуют мышцы-сгибатели и ротаторы). Если раздражать точку *c*, то происходит поднятие плеча и разгибание той же передней конечности. Раздражение точек *d* и *e*, ближе к срединной линии, вызывает соответственно разгибательное и сгибательное движение задней конечности; реакции приведения и отведения здесь не так хорошо выражены и вообще иннервации для задних конечностей расчленены в коре не столь тонко. Если раздражать точки коры, лежащие еще латеральнее (кнаружи), то получаются движения лицевых мышц, и притом на лицевых мышцах происходит движение двухстороннее, т. е. на той и другой половине лица, тогда как при раздражении предыдущих точек мозга движение вызывалось на противоположной стороне тела. По отношению к лицевым мышцам движение сначала вызывается с коры тоже на противоположной стороне (т. е. при раздражении известных точек в правой половине мозга начинают сокращаться мышцы в левой половине лица), но почти сразу же оно распространяется и на другую сторону, так что реакция почти одновременно вызывается на обеих половинах лица. Это биологически и понятно, так как мышцы лица нормально работают почти всегда совместно, тогда как задние и передние конечности иннервируются большей частью поочередно. Раздражение точки *f* дает мигание главным образом на противоположной стороне, а точки *g* — сокращение лицевых мышц, иннервирующихся с п. *facialis*. Далее, раздражение некоторых точек коры вызывает движения в мышцах туловища; раздражение точек, лежащих ближе всего к срединной линии (точка *h*), вызывает у собаки боковые движения хвоста. Эти данные о локализации были опубликованы в 70-м году; факты были, как видно, в высшей степени выразительные, рельефные: всякий раз при раздражении определенной точки коры получается определенный, ограниченный эффект в мышцах противоположной стороны тела!

Впечатление от этих открытий было громадно. Они указали на то, что в полушариях не только вообще есть функциональная локализация, но что она оказывается весьма строгой, проведенной до деталей.

Опыт, между прочим, был интересен и в том отношении, что он доказал прямую раздражимость серого вещества, и притом в наиболее сложном отделе центральной нервной системы. До того времени существовал взгляд, что не только серое вещество мозга, но, может быть, даже и белое вещество его не раздражимо; взгляд этот существовал не только по отношению к головному мозгу, но и по отношению к наиболее просто организованному спинному мозгу. В доказательство,

как мы знаем, приводился тот факт, что сильные токи, приложенные к мозговой массе, или даже втыкание в нее гвоздя, не вызывают видимого эффекта.

Исходя из этого воззрения, некоторые исследователи усомнились в данных Фритча и Гитцига и возражали, что получившиеся у них эффекты при электрическом раздражении мозга обуславливались, вероятно, тем, что ток, будучи приложен к серой мозговой массе, распространялся на другие части, а именно шел вглубь и попадал непосредственно на нервные проводники, идущие вниз к спинному мозгу; возбуждение последних и вело, будто бы, к той или другой двигательной реакции в конечностях и туловище.

Указывали на такие наблюдения: если маленький участок коры, подвергавшийся раздражению, подрезать снизу и снова положить на свое место, то правда — раздражение, бывшее только что достаточным для получения локального эффекта с этого участка, оказывается теперь слишком слабым, но, тем не менее, если очень усилить раздражающий ток, известные реакции в теле все же произойдут, и очевидно, что они зависят не от раздражения подрезанного серого вещества, а от ветвления сильного раздражающего тока вглубь, к проводникам лучистого венца.

Подобные возражения были очень полезны, ибо благодаря им возникла горячая полемика, — ученые ревностно и всесторонне исследовали раздражительность коры, применяя различные новые и более удобные методы. Большой шаг вперед в методическом отношении был сделан, когда английский невролог Феррье в 1873 году показал, что локализация двигательных точек в коре обнаруживается также и тетанизирующими индукционными токами: мы знаем, что индукционные токи — раздражитель гораздо более удобный, чем постоянный ток, ибо они не вносят столь глубоких функциональных изменений в ткань, на которую действуют, и поэтому неудивительно, что при раздражении коры по методу Феррье локализация в ней оказывается еще более постоянной, чем в условиях раздражения постоянным током. Впоследствии Лючиани показал, что двигательные реакции с кортикальных центров вызываются и при механическом раздражении последних, Ландуа же с успехом применил химическое раздражение тех же центров. Франсуа-Франк и Питр установили, что 1) скрытый период возбуждения при раздражении с поверхности коры больше, чем при раздражении подлежащих волокон лучистого венца, и как раз такой, какого должно ожидать, если в коре возбуждение возникает в нервных клетках, и не просто в проводниках; 2) возбудимость поверхности коры

на более или менее бодрствующем животном выше, чем возбудимость белого вещества лучистого венца, т. е. в последнем случае раздражающие токи требуются сильнее; 3) напротив, при наркозе возбудимость вскоре исчезает в корковом слое, как этого и следует ожидать для нервных клеток, возбуждаемость же лучистого венца сохраняется долго.

Эти и подобные данные утвердили с несомненностью, что серое вещество обладает собственной возбудимостью и что эффекты, описанные Фритчем и Гитцигом, Феррье и др., происходят действительно от возбуждения *клеточных элементов (центров) коры*, а не каких-либо других элементов. Характерный эффект, получающийся при раздражении коры относительно слабыми токами, обуславливается известной нам способностью нервных клеток суммировать слабые возбуждения. Простое наблюдение убеждает затем в том, что при наркотизации животного (например, хлороформом, парами эфира и т. п.) прежде всего парализуются психические центры, а затем уже происходит паралич бессознательно-рефлекторной деятельности. Следовательно, естественно, что наркоз должен вести к выпадению, скорее всего, именно центральной возбудимости коркового слоя, тогда как проводники лучистого венца и спинномозговые центры могут еще работать долго. Для того, чтобы во время наркоза все-таки добиться эффекта с коры, приходится прибегать к очень сильным токам, но тогда получаются уже не локальные эффекты, а общие судороги животного. Отсюда можно заключить, что нервные клетки коры в бодрственном состоянии уже при сравнительно слабых токах суммируют раздражения; когда же деятельность коры нарушена наркозом, для получения эффекта требуется значительно более сильное раздражение, ведущее, однако, уже не к локальному эффекту, а к общим судорогам (так называемая «кортикальная эпилепсия»).

Мы упомянули о том наблюдении, что скрытый период возбуждения значительно длиннее при раздражении коры, чем при раздражении лучистого венца. Это значит, что в первом случае происходит характерное для нервных клеток суммирование слабых раздражений и отсюда значительное замедление реакции; во втором же случае, при прямом раздражении проводников белого вещества, возбуждение передается быстрее, но в этом случае надо прилагать более сильные токи. Получаемую разницу во времени реакции нельзя отнести просто за счет разницы в длине проведения, так как эта последняя разница слишком ничтожна. Замедление реакции в первом случае обуславливается, очевидно, своеобразием процесса возбуждения в нервных клетках, ко-

которые всегда гораздо инертнее реагируют на раздражение, чем нервное волокно. Однако, кроме того, нужно иметь в виду, что скорость передачи возбуждения в проводящих путях изменяется в зависимости от силы проводимого возбуждения, а сила возбуждений, возникающих в нервных клетках коры и в проводниках лучистого венца, в случае непосредственного его раздражения, не может быть одинакова. Как бы то ни было при поверхностном раздражении коры, по Фритчу, Гитцигу, Феррье и др., дело идет, несомненно, о раздражении собственно корковых центров.

Совокупностью всех этих данных было доказано существование локализации центров в коре большого мозга.

Возник, однако, вопрос, как толковать значение найденных центров. Под влиянием некоторого увлечения Ландауа и некоторые физиологи за ним называли их *«психомоторными центрами»*, т. е., другими словами, в них видели такие точки в коре больших полушарий, посредством которых сознание и воля осуществляют свою деятельность в движении тела. Это двигательные приборы души! Несколько осторожнее толковали роль этих центров Феррье и Шарко: они хотели видеть в них «двигательные центры коры», аналогично тому, как клетки передних рогов являются двигательными центрами спинного мозга. В пользу этой аналогии говорило, как будто, и то обстоятельство, что в тех и других центрах мы видим клетки, выделяющиеся из прочих своей величиной. С этой точки зрения выходило, что, подобно тому, как спинной мозг для иннервации движения действует через посредство передних рогов, так и кора для иннервации движения имеет специальный орган — свои «двигательные поля». Впоследствии оказалось, однако, что кора может иннервировать двигательные реакции и управлять движениями независимо от центров, о которых идет речь. Гораздо более осторожен в своих толкованиях был Гитциг. В открытых им и Фритчем центрах он видел с самого начала такие аппараты, в которых двигательная и сенсорная функции связаны нераздельно: это органы сознательной мышечной чувствительности по отношению к тем или иным провинциям тела. Последующие авторы полагали здесь органы и сознательной осязательной чувствительности тех же провинций тела. Несомненно, что для тонкого сознательного пользования осязанием, например, для определения геометрической формы какого-нибудь предмета путем ощупывания, должны быть тонко связаны между собою и сознательная двигательная и сознательная чувствительная иннервация. По выражению Лонга, *«la motilité elle-même doit être suffisamment conservée pour permettre la palpation»*. [«Сама способность движения

должна быть в достаточной сохранности, чтобы осязание действовало»]. Именно такая теснейшая связь чувствительно-двигательных иннерваций должна быть предположена в так называемых психомоторных центрах коры. Кстати сказать, приведенный пример определения формы предмета путем осязательно-двигательных реакций весьма типичен для отправления этих центров. С повреждением этих центров тотчас и надолго пропадает способность распознавания предметов по форме ощупыванием и без помощи зрения: это определяется столько же расстройством движения руки, сколько и расстройством сознательной чувствительности из нее.

Если оказывается односторонним рассматривать «психомоторные» центры коры как чисто двигательные, то не менее односторонняя та точка зрения, согласно которой деятельность этих центров представляется, как только чувствительная, так что двигательная реакция оказывается лишь вторичным следствием тех ощущений, которые вызываются первично раздражением соответствующих кортикальных точек. Такая точка зрения была развита известным берлинским неврологом Мунком.

Большинство современных физиологов рассматривает центры, открытые Фритчем и Гитцигом, как сензомоторные. Тем не менее в литературе удерживается название «двигательных» или «моторных» полей коры. Надо помнить, что это лишь условно описательное имя, указывающее, что речь идет о тех точках коры, раздражение которых дает двигательные иннервации определенных областей тела.

В периоде усиленной полемики относительно того, как понимать результаты раздражения коры по методу Фритча и Гитцига, Феррье и др., Гитциг впервые прибег к новому методу исследования корковой локализации, именно к методу экстирпации. Метод этот был потом широко применен для исследования корковых центров Гольцем и Мунком. При этом методе значение того или иного кортикального органа стремятся определить по отрицательным признакам, по тому, в чем скажется для организма отсутствие данной кортикальной области, когда она вылучена. Животное наркотизировали, вскрывали череп и удаляли на одной половине мозга известные участки коры больших полушарий, — те участки, раздражение которых электрическим током вызывало ту или иную определенную двигательную реакцию. Животное, например, собака, после этой операции, оставалось жить и при ближайшем исследовании представляло типичные расстройства движений и чувствительности в соответственных периферических органах противоположной стороны. Например, при вылучивании

частей левой коры, соответствующих «двигательным центрам» передней правой конечности, у собаки наблюдалось локальное расстройство движений и чувствительности именно в этой правой передней конечности. После прохождения послеоперационного шока обнаруживается, что собака при хождении или плохо управляет правой конечностью, или же совсем ею не может действовать.

В свое время возникла новая полемика в отношении того, как толковать результаты, добываемые по этому новому методу частичной экстирпации коры. Справедливо говорили, что нужна крайняя осторожность при истолковании расстройств, в первое в особенности время после операции, потому что при вылушивании мозговых участков, кроме собственно удаления из сферы иннервации определенных центров, происходит еще более или менее сильное изменение функций центров, оставшихся цельными. Утверждали, что наблюдаемые вследствие операции расстройства обуславливались не столько выпадением функций удаленных центров, сколько угнетением центров, оставшихся не затронутыми операцией.

Если достаточно долгое время наблюдать оперированную собаку, то описанные расстройства постепенно уменьшаются или изглаживаются совсем. Действительно, собака, у которой экстирпирован, положим, центр, соответствующий правой передней конечности, в первое время совершенно отказывается ходить, — центры ее находятся в состоянии шока. Через несколько часов, на протяжении первых суток после операции, могут начаться первые попытки локомоции. Конечность, центры которой оперированы, остается вполне парализованной. Но уже через некоторое время после операции (например, через неделю) животное пользуется при хождении всеми четырьмя конечностями, и только способ, как она употребляет в дело правую переднюю лапу, указывает, что иннервация ее ненормальна: собака на гладком месте поскальзывается и падает на эту лапу, часто на нее оступается; поднимаясь по лестнице, ставит ее ненормальным образом, опираясь вместо подошвенной части — на тыльную. При том или другом раздражении нормальных конечностей собака удаляет их от раздражителя или защищается, тогда как раздражение, приложенное к правой передней лапе, не вызывает никакого сопротивления со стороны животного: этой лапе, пока собака остается в покое, можно придавать какое угодно положение, и животное на это не обращает внимания, оставляя лапу в ненормально согнутом или подвернутом положении; собака, очевидно, не ощущает прикосновения и укола в правую переднюю лапу; и

Если при сильном раздражении этой лапы в ней удастся вызвать рефлекторное движение, это совершится вне сферы сознания животного, — собака рефлекса в пораженной лапе не заметит. При хождении она пользуется этой лапой неуклюже, поднимая ее то слишком высоко, то слишком низко. *Изолированных* движений этой лапой собака делать не может, не может ею что-нибудь схватить или почесаться. Если животное взбегает на какое-либо возвышение, оно пользуется больной лапой для опоры; если последняя потеряла точку опоры, животное не старается переместить ее в более устойчивое положение, а стремится сохранить положение равновесия с помощью туловища и нормальных конечностей.

Очевидно, в правой передней лапе осязательная и мышечная чувствительность глубоко расстроены; собака, видимо, потеряла все сознательные представления о движениях этой лапой, не в состоянии произвольно изменять положение ее отдельно от прочих конечностей и не может регулировать ее движения, как будто животное, по характерному выражению некоторых авторов «потеряло интерес» к правой передней лапе, т. е. собака потеряла сообразительность в отношении этой конечности и не может пользоваться ни мышечной чувствительностью, ни осязательными, ни зрительными впечатлениями для сознательного использования движений этой конечности. Однако это не мешает тому, чтобы пораженная конечность производила более или менее координированные и своевременные движения при общих движениях животного совместно со здоровыми лапами, например, при поочередной иннервации конечностей в акте локомоции. У животных и человека ходильный акт совершается по преимуществу рефлекторно, без участия высших центров и сознания: центры конечностей так сочетаны между собою еще в спинном мозгу, что за возбуждением в одной ноге следует возбуждение другой и т. д. Сочетание реакций здесь не зависит от коры полушарий, и оттого нарушение кортикальной иннервации одной из конечностей не производит сколько-нибудь глубокого расстройства локомоции. Вылушение кортикальных участков имеет роковое значение только для тех отдельных и изолированных иннерваций соответствующей конечности, которые производятся в норме при более тонких деталях и сознательных реакциях. Надо, однако, сказать, что при не слишком обширных разрушениях в коре животное впоследствии приспособляется выполнять и более детальные реакции пораженной конечностью, но, очевидно, уже обходным путем, — пользуясь оставшимися в его распоряжении нервными путями и аппаратами. Во всяком случае и после придирчивой

критики данных, полученных по методу экстирпации, надо признать, что в коре полушарий действительно имеется определенная локализация отправлений, локальное заведывание в том или другом отношении органами преимущественно противоположной половины тела.

Экспериментальные данные говорят, что чем ниже в ряду животного мира стоит дифференцировка мозговых частей и чем слабее развиты извилины полушарий, тем менее ясно выражена и локализация. У кошки картина локализации получилась весьма близкой к той, какую мы наблюдали на собаке; на кролике локализация выражена слабее, чем у кошки; а у более низко организованных животных она едва заметна. С другой стороны, наибольшего развития локализация достигает у обезьян, мозг которых по общей конфигурации наиболее приближается к мозгу человека.

Патология и хирургия головного мозга убеждают в том, что в коре человека локализация представлена весьма тонко и является как бы дальнейшим усовершенствованием того плана локализации, который обнаружен у антропоидных обезьян.

ПСИХООПТИЧЕСКАЯ И ПСИХОАКУСТИЧЕСКАЯ ЗОНЫ

Мы видели, что в коре больших полушарий существуют центры, заведующие движениями тех или иных конечностей, и теперь является вопрос, какие функции выпадают на долю тех, довольно значительных областей коры, которые остались помимо рассмотренных нами. Здесь явления при раздражении электрическим током оказываются гораздо сложнее: иногда получается двигательный эффект, а иногда ничего не получается или получается двигательный же, но совершенно другой эффект. Например, при раздражении *затылочных* долей животное или совсем не реагирует видимым образом, или иной раз двинет головой, или поведет глазами в сторону и моргнет. Следовательно, здесь явления более сложны и загадочны, чем мы видели при раздражении так называемых «моторных точек». В данном случае метод электрического раздражения не приводит к такой, относительно ясной картине, как было там.

Зато здесь с большим успехом применим метод экстирпации или вылущивания, другими словами, метод экспериментального исключения функций.

Оказывается, если у собаки экстирпировать обе затылочные доли, то она слепнет; но слепота эта не полная и не окончательная, ибо есть признаки, что животное, несколько

оправившееся от тяжелой мозговой операции, свет от темноты отличает и этим руководствуется в известной степени при движении. Это может быть объяснено тем, что в распоряжении животного остались еще подкорковые рефлекторные центры зрения, — для сетчатки сохранились центры в четверохолмьи, в коленчатых телах и в зрительных буграх; сознательным же видением животное не обладает: не узнает знакомых людей и предметов, ходит в состоянии голода около чашки с мясом и совершенно не замечает его; словом, по отношению к зрительным впечатлениям собака сделалась настолько тупой, что не различает и не узнает самых обыденных явлений и предметов.

Что собака все-таки может получать зрительные впечатления, это видно из следующего: если перед глазами ее внезапно зажечь сильный свет или водить зажженной свечой, то она закрывает глаза или поворачивает их вслед за движущимся пятном пламени. Это происходит чисто рефлекторно, — подобное явление Гольц видел на собаке, совершенно лишенной полушарий и даже отчасти базальных ганглиев.

Если экстирпировать у собаки левую затылочную долю, то животное слепнет в левых половинах обеих сетчаток (обоюдосторонняя гемианопсия); в особенности пострадает зрение правого глаза, в котором ослепнет более обширная площадь сетчатки и будет заметно паралитическое расширение зрачка; однако и эта слепота не полная и не окончательная, — она постепенно переходит в слабость зрения и в так называемую «душевную слепоту» соответствующих половин сетчаток,¹ т. е. при глазах, устремленных прямо вперед, собака сознательно не воспринимает, — не узнает и не различает зрительных образов, получаемых с правой половины поля зрения. Если разложить на одной линии несколько кусков мяса и поставить собаку так, чтобы одна часть кусков приходилась в одной половине ее поля зрения, а остальная часть — в другой половине, то собака обращает внимание только на куски, лежащие слева, и хватает их один за другим, оставляя без внимания мясо, лежащее в правой половине поля зрения, разумеется, если только она не повернется таким образом, что и эти куски мяса попадут в левую половину зрительного поля. Если неожиданно поместить какой-нибудь интересный для собаки предмет в правой половине ее поля зрения, то со-

¹ «Душевная слепота» Seelenblindheit — термин Мунка для обозначения состояния, при котором зрительные впечатления воспринимаются и рефлекторные реакции на них имеются, однако нет психического узнавания и различения предметов.

бака остается более или менее индифферентной, если же проделать то же самое в другой половине, то собака настораживается и, очевидно, узнает предмет. Если произвести не полную экстирпацию затылочной доли, а вырезать только срединную часть ее, то в соответствующих половинах сетчаток с самого начала будет наблюдаться только «душевная слепота», т. е. только выпад зрительного узнавания и различения предметов, а также местная слабость зрения, но не слепота.

Такая относительно тесная зависимость деятельности отдельных мест сетчаток от поражения отдельных участков в полушариях дала Мунку идею, что сетчатки имеют как бы соответствующие проекции на поверхностях полушарий: как будто отдельные точки сетчаток посылают свои возбуждения к совершенно определенным точкам коры головного мозга. Более детальные исследования этого, однако, не подтвердили. Но опыты с экстирпацией, подобные вышеописанным, убедили все-таки, что и у собаки, и у обезьяны в затылочных частях полушарий имеется область, теснейшим образом связанная с сознательным зрением, или так называемая *психооптическая сфера коры*. Последующие клинические наблюдения над больными и исследование развития корковых проводников по методу Флексига подтвердили, что и у человека имеется определенная локализация в коре зрительной сферы. Притом, по видимому, по мере развития животного на лестнице животного царства, зрительная сфера коры становится все более определенной и ограниченной областью затылочных долей. У человека она расположена главным образом на медиальной поверхности полушарий в области *fissurae calcarinae*, а отсюда выходит и на наружную поверхность полушарий в I, II и III затылочные извилины (см. рис. 61-А, 61-Б и 68).

После того как определилось функциональное значение кортикальной оптической сферы, получили новое освещение те двигательные реакции, которые могут быть получены при электрическом раздражении коры в затылочных частях. При раздражении затылочной части левого полушария животное отводит глаза и даже поворачивает голову в противоположную правую сторону, т. е. в ту часть поля зрения, которая дает изображения на половинах сетчаток, соответствующих как раз раздражаемой половине психооптической сферы. Вместе с отведением глаз и поворотом головы вправо, в глазах животного замечаются ассоциированные движения век и зрачков, как бы явления аккомодации глаз на какой-то образ, появившийся в сфере видения. Совокупность этих реакций толкуется теперь так, что при раздражении коры в зрительных частях у животного вызываются известные чувственные зрительные

впечатления и образы, расположенные в поле зрения соответственно месту коркового раздражения, а последующие движения животного являются уже вторичными реакциями на полученные зрительные впечатления и мнимые образы.

Таковыми же методами Феррье и вслед за ним другими исследователями было установлено, что в височных долях больших полушарий помещается *психоакустическая сфера* или центры сознательных слуховых впечатлений. Если экстирпировать обе эти доли, животное вначале глухнет почти совершенно, но затем глухота проходит и вместо нее наблюдается лишь притупление слуха, а главное так называемая «душевная глухота»: животное перестает понимать значение слышимых звуков и шумов — становится как бы «психически глухим». Оно более или менее слышит звуки, но не воспринимает их сознательно, — не понимает слов, не отличает голоса своего хозяина от посторонних звуков, не отзывается на кличку и т. п. Иногда и здесь электрическое раздражение коры дает эффект, но другого характера, чем при раздражении психооптических точек: если раздражение прилагается, положим, к правой височной доле собаки, то наблюдаются движения противоположного, левого уха (раковины), — как будто животное слышит отсюда какой-то звук; в то же время широко раскрываются глаза, расширяются зрачки; глаза, а затем и вся голова внезапно поворачиваются влево, как будто животное настораживается на поразившее его слуховое впечатление, идущее с этой стороны.

На основании этих довольно точных работ, на основании сравнений данных, получаемых, с одной стороны, при местных электрических раздражениях коры, с другой стороны, при частичных экстирпациях коры, в настоящее время функции коры больших полушарий мозга собаки установлены довольно детально. Понятно, обонятельные центры установить на животном очень трудно, вкусовые — еще труднее, однако и для них были установлены специальные органы коры полушарий. Теперь найдены в коре и такие пункты, которые имеют отношение не только к сознательно-волевым актам, но и к растительным процессам в организме: описывались авторами особые центры для кровеносных сосудов (сосудодвигательные), — при раздражении их в коре сосуды различных частей тела то суживаются, то расширяются; указывались затем центры, регулирующие дыхательные движения, центры для отделения секретов из тех или иных железистых аппаратов и проч.

Однако, что касается центров коры, имеющих влияние на растительные процессы, то здесь мы имеем, по всей ве-

роятности, вторичные влияния на кровяное давление, на пищеварение, на выделительные процессы тех более обширных иннерваций и психических актов, которые возникают от раздражения коры. В настоящее время вопрос о том, как кора полушарий функционирует при помощи своих отдельных органов, детализируется еще больше. Так, например, А. А. Ухтомский исследовал вопрос, как отражается на эффектах от раздражения определенного кортикального центра присутствие других возбуждений в организме, как, например, влияет на вызов с коры локомоторного акта момент дефекации или учащенный ряд рефлекторных глотков. Заходить, однако, в область этих вопросов мы не будем, так как это завело бы нас слишком далеко.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ В КОРЕ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИИ МОЗГА ОБЕЗЬЯНЫ И ЧЕЛОВЕКА

В опытах с раздражением так называемых психомоторных точек коры получают явления в высшей степени выразительные: раздражение их вызывает почти всякий раз вполне определенный двигательный эффект. Не только при раздражении электрическим током, но и при раздражении химическими деятелями, например стрихнином, — пока действие его на кору локально, — вызывается ограниченный двигательный эффект, соответствующий месту приложения яда. Исходя из этих эффектов от раздражения тех или иных точек коры, начали методически исследовать функциональное значение и других частей коры больших полушарий. Однако, как мы видели в опытах на собаке и кошке, раздражение, приложенное к некоторым местам вне психомоторной сферы, не давало никакого эффекта или давало мало устойчивый и мало определенный и непостоянный двигательный эффект. Эти места, на основании опытов с экстирпацией, принимаются за центры сознательных ощущений, зрительных, акустических, обонятельных... Подобные опыты были в свое время повторены на обезьянах; начали их Гитциг и вслед за ним Феррье. Опыты эти представляют громадный интерес, так как мозг обезьяны стоит всего ближе к мозгу человека. У обезьян оказалась также локализация корковых функций; существуют также моторные точки коры, но они еще гораздо более дифференцированы, чем у кошки и собаки, — настолько дифференцированы, что при раздражении отдельных точек коры можно вызвать, например, изолированное движение одного указательного или одного большого пальца на руке противоположной стороны, или изолированное поднятие губы, или закрывание и открыва-

ние рта. Кстати сказать, последние два движения вызываются с коры сразу на обеих сторонах лица, и это имеет определенный смысл: те мышечные группы, которые в нормальных условиях работают одновременно на обеих половинах тела, как, например, мышцы жевательные, иннервируются и с коры полушарий одновременно.

Английские исследователи, начиная с Бивора и Хорслея, применили, наконец, метод раздражения к коре человекоподобных обезьян (шимпанзе, оранга и гориллы) и устано-

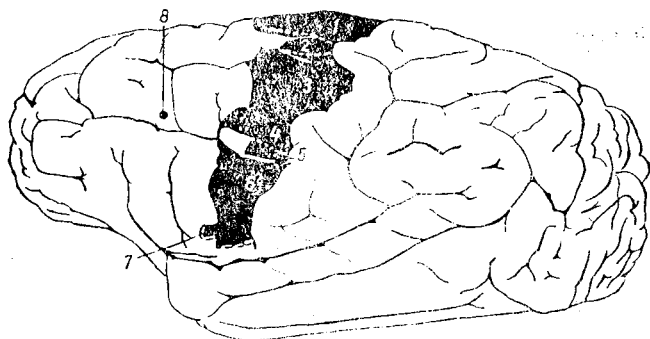


Рис. 64. Двигательная локализация в коре гориллы (по Шеррингтону и Грюнбауму).

1 — нога; 2 — туловище; 3 — рука; 4 — шея и глазное веко; 5 — нос; 6 — рот, язык и мягкое небо; 7 — голосовые связки; 8 — отведение глаз в противоположную сторону.

вили здесь приблизительно тот же тип локализации. Было доказано, что психомоторная сфера в коре обезьян расположена кпереди от Роландовой борозды, в так называемой *gugus praescentralis* и не заходит назад (рис. 64). Мы теперь знаем, что гигантские пирамидальные клетки Беца, столь характерные для психомоторных областей коры, располагаются у обезьяны и человека только кпереди от Роландовой борозды, так что данные гистологические здесь вполне согласуются с данными физиологического эксперимента. Методом раздражения в связи с методом экстирпации были подробно исследованы и установлены психооптическая сфера, психоакустическая сфера, кортикальные сферы обоняния и вкуса. Локализация этих сфер у обезьян весьма близка к плану локализации в коре человека.

Функциональная топография человеческой коры устанавливается со времен Бульо и Брока преимущественно на основании патологоанатомического материала. С особенным рвением и тщательностью этот материал стали собирать после

опытов Гитцига и Фритча, так как ими была дана руководящая идея для изысканий этого рода: стали вести строгую регистрацию и систематизацию материала, — стремились установить зависимость между прижизненными расстройствами и те-

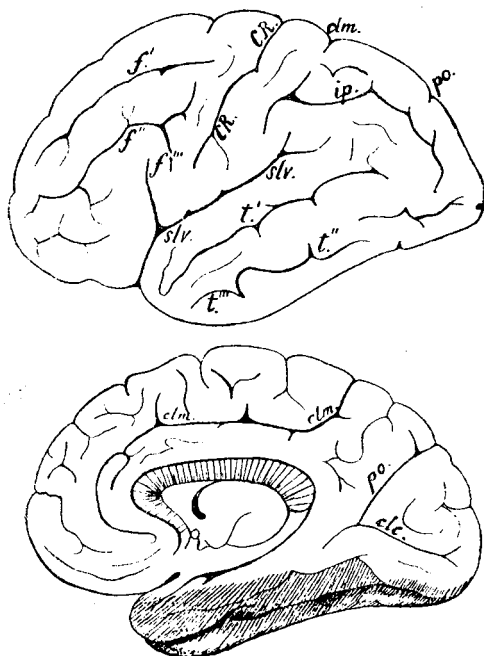


Рис. 65. Поверхность полушарий с главными извилинами (из Гегенбаура). Сверху — латеральная, снизу — медиальная поверхность.

slv — fissura Sylvii; CR — sulcus centralis s. Rolandi; clm — sulcus callosomarginalis; po — sulcus parieto-occipitalis; clc — sulcus calcarinus; ip — sulcus interparietalis; f', f'' и f''' — лобные извилины; t', t'' и t''' — височные извилины.

ми или иными местными аномалиями коры полушарий. Впоследствии встретились случаи, когда возможно было применить и электрическое раздражение тех или иных кортикальных точек человека. Наконец, обстоятельства принуждали применить к коре человека хирургический нож, и тогда появился материал, в известном отношении параллельный тому, который приобретался на животных методом частичных экстирпаций.

На коре полушарий человека есть борозды, закладывающиеся эмбриологически ранее прочих. Приняв их за главные,

можно, отправляясь от них, разобраться и в прочих второстепенных бороздах и извилинах (рис. 65). И филогенетически и эмбриологически древнейшей извилиной является так называемая *fissura Sylvii*, залагающаяся еще в третий месяц утробной жизни человека в виде синусов, вдающихся в полушария снизу и сбоку, вверх и кзади (*fossa Sylvii*). По мере нарастания прилегающего серого вещества коры синус мало-помалу становится узкой бороздой, разделяющей лобные отделы коры от височных. Вдавшаяся в глубину борозды часть кортикальной поверхности образует так называемый Рейлев островок (*insula Reilii*).¹ На пятом месяце утробной жизни намечаются и прочие борозды коры, прежде других — борозда медиальной поверхности коры, огибающая мозолистое тело спереди назад и заворачивающая затем близ темени полушария на наружную его поверхность (*sulcus calloso-marginalis*). Немного впереди выхода этой борозды на наружную поверхность, от темени полушария вперед и вниз наружной поверхности коры, спускается резко выраженная борозда, отделяющая лобные отделы от теменных; это так называемая центральная или Роландова борозда (*sulcus centralis s. Rolandi*). Мы помним, что передняя извилина этой борозды соответствует психомоторной зоне коры обезьяны и человека.

Теменной отдел полушария отделяется от затылочного бороздой, начинающейся на медиальной поверхности полушария сзади от мозолистого тела и восходящей на наружную поверхность приблизительно на половине расстояния от теменного конца *sulc. Rolandi* до затылочного угла полушария. Это так называемая *sulcus parieto-occipitalis*. На медиальной поверхности от этой борозды отходит ветвь к затылочному отделу коры, так называемая *sulcus calcarinus*, около которой, как мы знаем, располагается психо-оптическая зона коры.

Передняя часть полушария кпереди от Роландовой борозды разделяется бороздами менее глубокими на первую, вторую и третью лобные извилины. Позади Роландовой борозды, на наружной поверхности имеется довольно резко выраженная борозда, изогнутая дугообразно книзу; это *sulcus interparietalis*, т. е. борозда межтеменная или промежуточная. Книзу от Сильвиевой борозды лежат первая, вторая и третья височные борозды.

Если знать ход главных извилин и борозд, то картина полушария представляется ясной, и легко можно различить извилины и борозды второстепенные, о которых придется упомянуть дальше. Большой мозг делится посредине большой про-

¹ Ср. рис. 52.

дольной щелью на две симметричные половины: *правое* и *левое* мозговые полушария, соединенные массивной комиссурой, — *corpus callosum*, *commissura magna cerebri*. Эта комиссура состоит из белого вещества, т. е. из проводников. Вспомним, что кроме этой комиссуры из белого вещества есть между полушариями еще комиссура из серого мозгового вещества, именно так называемая *commissura mollis* между зрительными буграми.

Благодаря извилинам поверхность мозга сильно увеличивается, а это ведет, в свою очередь, к сильному увеличению количества серого вещества, так как последнее в коре полушария расположено по периферии и заходит во все ее борозды. Таким образом, величина поверхности коры является показателем относительного обилия кортикального серого вещества, а последнее стоит в теснейшей связи с относительной духовной одаренностью субъекта. Стало быть, большая извилистость коры является признаком большой одаренности. Это совершенно ясно, когда сопоставляют рядом известный мозг Гаусса с мозгом обыкновенного человека. Для более точного измерения поверхности коры последняя обкладывается листовым золотом так, чтобы были равномерно позолочены все борозды и извилины и золото нигде не располагалось бы в два слоя; тогда по относительному количеству затраченного золота можно судить о величине поверхности мозга. Таким способом было определено отношение поверхностей мозга Гаусса, Фукса и обыкновенного рабочего. Поверхности эти оказались:

У Гаусса	2196 кв. см
У Фукса	2210 кв. см
У среднего человека	2000—1800 кв. см

Мозг обезьяны, по сравнению с человеческим, представляется как бы укороченным, сохраняя в общем тот же тип конфигурации. Можно здесь различить те же главные доли: лобную, теменную, затылочную и височную; выступают те же главные извилины и борозды: прежде всего Роландова, или центральная, и Сильвиева. Но извилистость обезьяньей коры несравненно ниже человеческой.

Центральная борозда высших животных в известной степени соответствует крестовидной борозде (*s. cruciatus*) хищных, но последняя, как мы видели, очень отодвинута вперед, соответственно малому развитию лобных долей. Мы уже видели, что функциональное расчленение коры обезьяны стоит значительно выше, чем расчленение в коре кошки и собаки. В психомоторной сфере обезьяны найдены такие точки, раздражение которых вызывает изолированные движения

большого или указательного пальца, локтя, плеча, ушной раковины и пр. Отсюда физиологи заключают, что в коре обезьяны имеются особые центры для большого пальца, для указательного пальца, для плеча, для ушной раковины и т. д. Относительно очень тонко расчленена кортикальная область обезьяны, из которой вызываются иннервации мимической мускулатуры лица, т. е. область, связанная с лицевым нервом: из отдельных точек коры вызывается моргание, оттягивание угла рта, поднятие его кверху и пр. Кортикальные точки, соответствующие этим двигательным реакциям, лежат кпереди от Роландовой борозды, в *gyrus praecentralis*. Характерно при этом, что «моторные» точки оказываются расположенными вдоль по Роландовой борозде таким образом, что, начиная от срединной линии, идя вбок и вниз, в прецентральной извилине, как бы представлена последовательно вся мускулатура тела, начиная от задних конечностей, туловища, передних конечностей и кончая головой и лицом. Подобно тому двигательные корковые центры у человека оказываются расположенными в определенном порядке: в верхней трети прецентральной извилины находятся точки для мышц ноги: для пальцев, ступни, голени и бедра; в средней трети помещаются двигательные точки для руки: плеча, локтя, кисти и пальцев; обнаружены отдельные пункты для большого пальца, для указательного пальца и для маленького (пятого) пальца. Центры для мускулатуры туловища сдвинуты несколько вперед от областей задней и передней конечности, к верхней лобной извилине. Вбок и вниз от области руки оказываются точки для движения глаз, рта, челюсти, гортани и языка. В отношении детальной топографии корковых центров человека встречаются вариации, но они, повидимому, несущественны.

Когда исследователи пользуются электрическим раздражением, то не получают столь строгой и постоянной локализации; более или менее сильные токи, ветвясь по коре, вызывают неясно выраженные, как бы спутанные двигательные реакции. Если же данные от электрического раздражения комбинировать с данными клинических наблюдений и с данными мозговой хирургии, то результаты получаются более определенные.

Раздражение коры электрическими токами возможно было применить на человеке в тех случаях, когда производились более или менее обширные обнажения коры, например, для удаления опухолей. В первый раз попробовал раздражать кору человека американский врач Бартоло на женщине, у которой черепная крышка была съедена раковой язвой. Раздражение

обнаружило, что и с человеческой коры возможно вызывать локализованные движения органов, и что более сильное раздражение коры может вызвать приступ кортикальной эпилепсии. Этот первый случай с раздражением полушария на человеке кончился печально, ускорив, повидимому, смерть пациентки, и большинство ученых отнеслось к такого рода опытам неодобрительно, восстав против них по нравственным мотивам. Впоследствии электрическое раздражение коры приме-

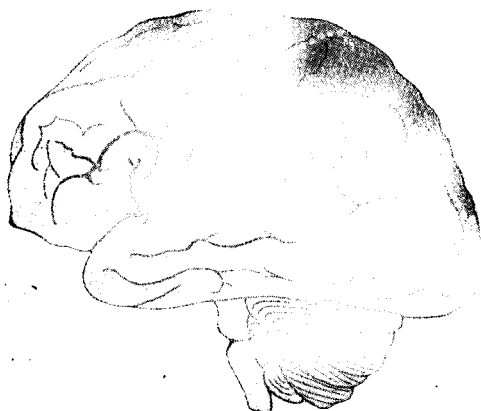


Рис. 66. Результат клинического определения кортикальной зоны правой ноги человека по статистическому методу (по Экснеру, из Цунца и Леви).

нялось уже с диагностическими целями, чтобы ориентировать хирурга при операциях по поводу эпилепсии. Опыты этого рода были проведены с успехом англичанами Феррье, Хорслеем, Бивором и др. У нас в России опыты с раздражением коры были повторены В. М. Бехтеревым. Полученные таким образом данные показали, что в человеческой коре мы имеем расчленение отправлений того же типа, который был обнаружен у других животных и, ближе всего, у обезьян. Наибольшее значение для определения местных функций человеческой коры имеет все-таки изучение патологоанатомического и клинического материала.

На рис. 66 представлены результаты клинического определения кортикальной зоны правой ноги человека. На основании изучения историй мозговых болезней определяется:

1) в каком проценте заболеваний того или иного участка коры происходят параличи правой ноги; чем выше соответ-

ствующий процент, тем темнее окрашивается на схеме данный кортикальный участок; участок же, при заболевании которого всегда происходят параличи правой ноги и соответствующий ста процентам, окрашивается наиболее темно (метод процентного подсчета).

2) Отмечают кортикальные участки, заболевания которых могут не сопровождаться параличами правой ноги; затем



Рис. 67. Клиническое определение кортикальной зоны правой руки человека по статистическому методу (по Экснеру, из Цунца и Леви).

путем исключения таких участков, выясняется зона, заболевание которой всякий раз сопровождается параличами правой ноги. Зона эта принимается за «абсолютное кортикальное поле» правой ноги (метод отрицательных случаев).

Абсолютное поле обведено на рис. 66 пунктиром. Вне границ пунктира менее затененные участки соответствуют «относительному полю» правой ноги, т. е. заболевание этих областей влечет параличи правой ноги лишь в том или ином % случаев.

Положим, далее, что у данного субъекта наблюдаются параличические явления в правой руке, причем рука эта производит движения и способна в известной мере работать, пока она действует вместе с противоположной левой рукой; в ней обнаруживается и чувствительность, так как при раздражении кожи на ней можно получить рефлекторные движения в других частях тела; но рука оказывается совершенно не повинующейся воле, — в ней отсутствуют изолированные движения

кисти и пальцев, характерные для произвольных и намеренных иннерваций (например, писания, схватывания какого-нибудь предмета), и из нее сознание субъекта не получает никаких ощущений: чувствительность руки не доходит до сознания. Совокупность этих данных заставляет думать, что больная рука не потеряла низшей чувствительно-двигательной иннервации из спинного мозга, оттого в ней еще возможны рефлексы и сочетанные движения вместе с симметрической — здоровой рукой. Но она зато потеряла кортикальную иннервацию из прецентральной извилины, вследствие чего в ней исчезли сознательные ощущения и сознательные движения. Если, придя к такому заключению, мы исследуем соответствующую кортикальную область левого полушария, там окажется действительно то или иное заболевание фокуса передней конечности, т. е. средней трети прецентральной извилины. На рис. 67 «абсолютное кортикальное поле» правой руки, обведено пунктиром. Вне границы пунктира — «относительное поле» правой руки. (Способ определения поля тот же, что на рис. 66).

Лечение данного кортикального пункта возвращает руке способность служить при сознательной деятельности. Подобные данные в значительно большей степени, чем результаты от электрического раздражения, обогащают наши сведения относительно расположения и, главное, относительно функционального значения кортикальных центров человека. Именно из таких наблюдений было выяснено, что так называемые «моторные» области коры отнюдь не являются двигательными центрами в точном смысле слова, но им настолько же принадлежит чувствительная функция в отношении соответствующих частей тела, насколько и двигательная функция в отношении тех же частей. (Ср. стр. 265).

Зрительная область. На основании опытов над обезьянами предположили, что центры сознательных зрительных ощущений должны быть локализованы у человека в затылочных долях полушарий. Если оставить экспериментальный материал над обезьяной и обратиться к невропатологическим данным, то оказывается следующее: когда у субъекта происходит заболевание в названной области коры полушарий,¹ то в зрительной сфере больного наблюдаются галлюцинаторные явления, а затем постепенно падает способность сознательного использования зрительных восприятий: больной перестает узнавать предметы, которые видит, постепенно теряет о них представление, утрачивает способность в них ориентироваться; зритель-

¹ Ср. рис. 61 — А и 68.

ные впечатления остались, но они не сопоставляются и не ассоциируются со зрительными образами памяти. Один врач описал случай временного расстройства зрительной сферы, происшедший у него самого: глядя в зеркало, он не мог узнать своего лица. В другом известном примере парижский профессор, вследствие мозгового заболевания, потерял узнавание своего дома и улицы. Эти довольно типичные и нередкие заболевания носят название «*психической слепоты*». Подобное состояние вызывается как временный признак под влиянием алкоголя: выпивший человек часто не узнает близких ему предметов и людей. Расстройств в сфере сознательного видения наблюдается очень много в разнообразных градациях в зависимости от более или менее преходящего характера инсульта, действующего на мозг.¹ И когда в обоих полушариях происходит значительное повреждение затылочных долей, то больной совсем перестает узнавать какие бы то ни было предметы.

Фюрстер приводит такой типический пример: больному показывают несколько горошин; он их несомненно видит, прикасается к каждой своей рукой; однако он не может сказать, сколько их, не может пересчитать четырех-пяти горошин. Способность зрительного восприятия отдельных предметов у больного, очевидно, сохранилась, но утеряна способность ассоциации и связи между восприятиями.

Известный парижский невропатолог Шарко собрал много наблюдений, относящихся к данному вопросу. Приведем в кратких словах один из описанных им случаев, показывающий, какую своеобразную форму может получить расстройство кортикальной зрительной функции:

Торговец N родом из Вены живет в городе A. Он — хорошо образованный человек, свободно владеющий несколькими языками, читающий Гомера à livre ouvert, хорошо знакомый с Виргилием и Горацием. До начала своей болезни он отличался громадной памятью. Когда пациенту нужно было припомнить цифру или фразу из его обширной корреспонденции, то ему достаточно было вспомнить страницу письма, где это было приведено, и в его памяти восстанавливалось письмо со всеми подробностями, ошибками и т. п. Во время своих частых путешествий он любил зарисовывать понравившиеся ему места; впоследствии при одном взгляде на рисунок память его воспроизводила полностью все подробности виденного ландшафта. Память господина N. была в особенности остра в отношении зрительных данных, — она была так называемого «зрительного типа». Вследствие припадка N. утерал внезапно воспоминания о прежних зрительных впечатлениях и в значительной степени

¹ О гемианопсии, как симптоме поражения кортикальной зрительной сферы, было сказано выше (См. стр. 269—270). Причины и симптомы ее принципиально те же у высших, как и у собаки.

утратил способность удерживать в памяти новые зрительные образы. Возвращаясь в город А, который ему часто приходилось покидать по делам, больной всякий раз ощущал, что он попал куда-то в незнакомый город. Он с изумлением осматривал дома, улицы и памятники, как будто видел их в первый раз. Когда его просили описать площадь города А, памятник, стоящий там, он отвечал: «Я знаю, что все это там есть, но не могу представить себе и не могу вам ничего сказать». Раньше он много раз рисовал рейд города А, теперь же он не мог воспроизвести на бумаге даже главных очертаний его; картина рейда пропала из его

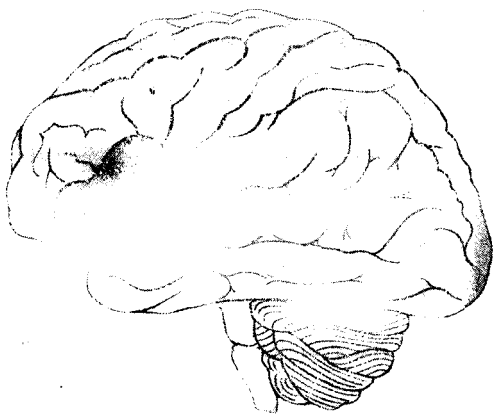


Рис. 68. Клиническое определение оптического и акустического центров левого полушария и центра речи по статистическому методу (по Экснеру, из Цунца и Леви).

памяти. У него сохранились общие представления о геометрических фигурах, но конкретные зрительные образы вещей очень пострадали, так что он не мог нарисовать самого простого предмета, — какого-нибудь простого строения или свода; в лучшем случае получался примитивный детский рисунок. Больной не мог припомнить черты лица и цвет волос своей жены и детей. С трудом узнавая своих близких, он находил в их лицах новые черты.

Это перед нами, по терминологии Мунка, случай «психической или душевной слепоты» (*amnesia optica*): человек воспринимает зрительные ощущения и до известной степени ориентируется в них, но у него глубоко пострадала память к зрительным образам и, вследствие этого, утратилось узнавание предметов, глубоко пострадала способность комбинировать впечатления, полученные зрительным путем, с прежними такими же впечатлениями.

Психо-оптическое поле, как видно из рис. 68, занимает большую площадь наружной затылочной поверхности полуша-

рия. Оно заходит на медиальную поверхность полушария между *sulc. parietooccipitalis* и *sulc. calcarinus* (см. рис. 61-Б).

Слуховая область. На основании подобных же опытов и клинических наблюдений центры сознательно-слуховых ощущений относят в височные доли. Кортикальное поле *слуха* совпадает приблизительно с теми местами на рис. 68, которые затенены в височной доле (*gyrus temporalis superior* отчасти *g. temp. medius*), но присутствует равномерно в обоих полушариях (ср. рис. 61-А). Воспалительный процесс в упомянутых долях сопровождается характерным расстройством в слуховых восприятиях. Если поражены слуховые центры в обоих полушариях, больного подчас трудно отличить от глухого в собственном смысле слова, т. е. утратившего периферический орган слуха. Однако тщательное наблюдение укажет, что слуховые восприятия сохранились, так как сохранились рефлексy на звуки; утратилась лишь способность сознательной ориентировки по звуковым данным и сознательного использования этих данных. Если поражение слуховых центров в коре не столь обширно, если оно, например, ограничивается одним полушарием, то больной сохраняет в ясной форме способность слуховых восприятий, пораженной же оказывается собственно звуковая память — способность узнавания звуковых признаков. Такому субъекту родная речь кажется совершенно неизвестным ему языком. Подобное патологическое состояние Мунк назвал «*психической глухотой*» (*amnesia acustica*). Попытались провести более точную локализацию функций кортикального слухового центра: в первой височной извилине помещают центры, обладающие более высоким функциональным характером, во второй и третьей извилине — центры более служебные и низшие; пытались даже установить центры, соответствующие в отдельности всей гамме звуков. Мы, однако, не будем входить в обсуждение таких подробностей.

Область речи. Из всех центров больших полушарий раньше всех был найден центр высшей сознательно-волевой деятельности, именно центр речи. Мы уже знаем, что один из ранних учеников Галля И. Б. Бульо, еще в 1825 году, описав симптомы афазии, высказал, что иннервация речи имеет особый и независимый центр в лобных долях коры полушарий. Затем отец и сын Даксы — первый в 1836, второй в 1863 году — дали указание, что расстройства речи связаны с поражениями только левого полушария, т. е. что в отношении функции речи мы оказываемся своего рода «правшами». Наконец, Брока определил еще теснее кортикальный аппарат речи или, как он выражался, аппарат «памяти определенного порядка координации движений, нужных для словообразования». Местом

этого аппарата Брока указал в нижнем отделе третьей лобной извилины (*pars opercularis*) левого полушария. Место это и носит название «центра Брока» (рис. 68 и 61-А).

Центр речи у правой имеет только в левом полушарии; у левой — только в правом. «Абсолютного поля» для него не обнаружено, — иными словами, поражение указанного кортикального центра речи не влечет с неизбежностью расстройств речи.

Не следует понимать дело так, что аппарат речи иннервируется целиком и исключительно с названного коркового центра. Дело в действительности оказывается гораздо сложнее. Были нередко описаны случаи глубокого расстройства речи, при которых посмертное вскрытие не обнаруживало никаких нарушений в центре Брока. Впоследствии дело разъяснилось в том смысле, что центр Брока, как центр высшей координации речи, может быть в полной неприкосновенности и, тем не менее, речь будет более или менее глубоко расстроена, если подвергнутся заболеванию низшие центры продолговатого мозга, иннервирующие ближайшим образом язык, голосовые связки, гортань и проч. При таких заболеваниях нервной системы человек ясно понимает речь окружающих, в свою очередь может совершенно ясно и правильно изложить свою мысль на бумаге, но говорить не может, ибо ближайшие нервно-мышечные аппараты речи парализованы. Здесь внешний аппарат речи вообще парализован целиком или по частям. Такое расстройство может происходить от поражения лишь субкортикальных центров или же центров продолговатого мозга при целостности центра Брока.

Расстройства членораздельной речи носят общее название *афазии*. Чтобы речь вообще была возможна, необходимо, чтобы была сохранена двигательная координация тех аппаратов, которые принимают участие в словообразовании. Эта двигательная координация речи обусловлена, помимо сохранности центров продолговатого мозга и подкорковых областей, — целостью в коре центра Брока. Когда последний поражен, больной понимает слова, правильно ассоциирует с ними свои представления, правильно мыслит, может ясно изложить свои мысли письменно, но не может воплотить свою мысль в речь: именно двигательный аппарат речи отказывается ему служить. Такое заболевание, обусловленное нарушением центра Брока, носит специальное название *двигательной афазии*. Оно отличается от вышеописанного выпадения функции речи вследствие поражения низших центров тем, что ближайшие нервно-мышечные аппараты, принимающие участие в функции речи, не парализованы: и гортань, и язык, и голосовые связки спо-

собны действовать; выпало лишь высшее управление их иннервацией, которое координирует из более или менее беспорядочной фонации членораздельную речь.

Другая форма афазии выражается в том, что больной не только сохранил способность выражать свою, мысль письменно, но у него сохранилась и членораздельная речь, устройство же функции речи сказывается в том, что больной слышит разговор собеседника лишь как известное сочетание тонов и шумов, но не различает слов и, стало-быть, не ассоциирует со слышимыми звуками речи соответствующих понятий. Больной слышит и воспринимает человеческую речь приблизительно так, как это доступно обезьяне. В отношении речи больной производит впечатление глухого или слабоумного. Но это не глухота и не слабоумие, а дело лишь в том, что больной утерятил из памяти слуховые образы слов и, вследствие этого, слышимые звуки речи утерятили для него символическое значение слов и их сочетаний. Как оказывается, описанное заболевание связывается характерным образом с нарушениями в определенном участке коры, именно в задней трети первой височной извилины левого полушария. Заболевание получило от Вернике (1874) название *сензорной афазии*, а соответствующий участок коры получил впоследствии название «центра Вернике». Описанные явления сензорной афазии можно довольно точно определить, как явления «словесной глухоты», — глухоты на слова при сохранности общего восприятия слуха.

По смыслу своему очень близкую, но в то же время и существенно отличающуюся форму заболевания представляет так называемая «словесная слепота». Подобно тому, как при типической сензорной афазии звуки речи потеряли для больного значение символических словесных знаков, так при словесной слепоте письменные знаки теряют значение символика слов, и больной не может читать: оказываются утерянными из памяти зрительные образы слов. Словесная слепота может быть связана с нарушениями в зрительной сфере коры, но может протекать и совершенно независимо от них. Она наблюдалась при поражениях нижней теменной доли левого полушария. Главным же образом она вызывается нарушением ассоциативных путей между височными центрами (сферой слуха, центров Вернике) и долями лобной и затылочной.

Выпадение зрительных образов слов, связанное с прекращением способности чтения, рассматривается как частный случай афазии и носит название *алексии*. Другая картина представляется, когда у больного утрачиваются из памяти двигательные образы письма. Больной и читает и прекрасно

понимает написанное, но сам писать не может, хотя во всем остальном иннервация его рук вполне сохранилась. Это тоже частный случай афазии и носит название *аграфии*. Экспер считал возможным локализовать соответствующий кортикальный центр во второй лобной извилине левого полушария, что это не получило общего признания в науке.

Речь представляет из себя психо-физиологическую деятельность чрезвычайной сложности, — неудивительно поэтому, что и кортикальный аппарат ее оказывается весьма сложным, захватывая обширные области коры разнообразного функционального значения. С другой стороны, и нарушения речи могут быть чрезвычайно тонки и разнообразны, являясь подчас отдаленными предвестниками наступающих тяжелых заболеваний центральной нервной системы. Заболевание типа аграфии может выразиться в упорной неспособности писать некоторые буквы или дописывать слова. Предвестники афазии могут выразиться в легкой забывчивости на имена собственные, затем на существительные вообще, тогда как слова, выражающие действия и процессы (глаголы), запоминаются и произносятся легко.

Одним из отдаленнейших предвестников ужасной болезни головного мозга, известной под именем прогрессивного паралича, являются известные аномалии речи, например, затрудненность произнесения буквы «р». Говоря плавно и свободно, человек спотыкается, заикается и не может преодолеть затруднений при произнесении слов: «третья бригада артиллерии». Этот признак, рядом с некоторыми другими, дает опытному психиатру возможность обнаружить зачаточную фазу прогрессивного паралича задолго до того, как человек будет признан «больным» и принужден будет оставить свои занятия и службу.

В истории города Глухова описывается один из градоначальников по фамилии Брудастый. В голове этого градоначальника, в одном углу, был небольшой органчик, могущий исполнять некоторые нетрудные пьесы. Пьес было две: «разорю!» и «не потерплю!» Так было при вполне нормальном состоянии градоначальника. Но когда он несколько захворал, вследствие того, что отсырела его голова и органчик попортился, то градоначальник стал говорить невнятно, пропускал буквы и слога и, наконец, вместо привычных своих пьес стал кричать только: «п-плю!» Салтыков-Щедрин описал здесь довольно типическую картину заболевания афазией.

Иногда заболевание аппарата речи обнаруживается в упорном перепутывании слов, в употреблении одних имен вместо других. Больной хочет попросить ложку, но вместо того упорно

повторяет: «дайте ножик», хотя и сам прекрасно понимает, что говорит не то. Один помещик, больной прогрессивным параличом, но еще продолжавший заниматься хозяйством, упорно говорил, видя возвращающихся с поля работников: «вот идут котлеты». При этом больной конфузился, сознавая, что говорит не то. В этих случаях понимание того, что надо сказать, не утрачено, но волевые импульсы речи попадают, так сказать, на несоответствующие пути.

На основании изучения патологии речи и локализации отдельных центров, принимающих в ней участие, в аппарате речи следует различать следующие отдельные элементы: 1) слуховое или зрительное восприятие слов; 2) понимание словесной или письменной речи, т. е. связывание с воспринятыми звуковыми или зрительными впечатлениями тех или иных представлений; 3) процесс обдумывания воспринятого: синтез и различение представлений, построение суждения; 4) облечение ответной реакции (суждения) в словесную форму; 5) возникновение и координация двигательных импульсов и проведение их к периферическому аппарату речи.

Отсюда видно, что помимо описанных «центров речи» Брока, Вернике и др., в функции речи должны принимать прямое участие высшие центры ассоциации представлений, апперцепции и суждения.

Обратимся теперь к этим кортикальным центрам высшего порядка.

Если мы слышим название: «роза» или видим это слово написанным на бумаге, то у нас получается сначала впечатление низшего порядка в слуховой или зрительной области; затем, чтобы понять это слово, необходимо зрительное или слуховое впечатление сопоставить с представлением названного предмета, и при этом приходится вспомнить о цвете розы, о запахе, о форме ее лепестков, о шипах и т. д. В этом акте воспоминания будут участвовать слуховая, зрительная, обонятельная и осязательная сферы, т. е. огромная часть кортикального аппарата. В результате происходит акт сочетания элементарных образов и воспоминаний в одно представление о цветке розы. Акт сочетания образов и воспоминаний предполагает существование в коре аппарата, связующего отдельные кортикальные центры. Метод Флексига, с которым мы познакомимся несколько ниже, дает положительные указания о начале формирования и о месте такого аппарата связей в мозгу или как, выражается Флексиг, — ассоциативного центра коры. Флексиг определял время образования миелиновых оболочек нервных путей лучистого венца (*corona radiata*), подходящих к различным отделам коры по-

лушарий. Одевание миелином у того или иного пучка нервных путей заканчивается тогда, когда данный пучок достигает функциональной зрелости и вступает в работу. Образование первых оболочек начинается в мозгу человека на пятом месяце утробной жизни зародыша и продолжается до четвертого

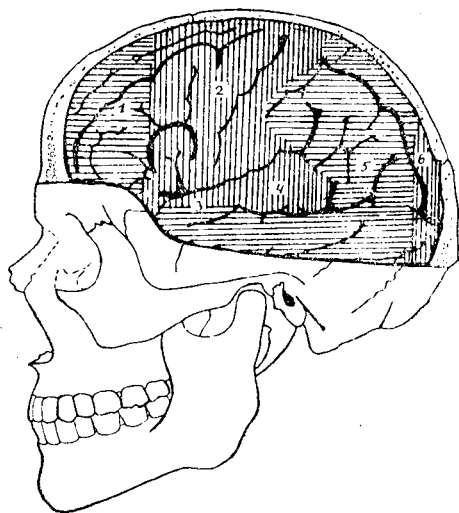


Рис. 69. Схема кортикальных центров Флексига (по Сикорскому)

1 — лобный ассоциативный центр; 2 — центр осязательной и мышечной чувствительности; 3 — центр речи; 4 — центр слуха; 5 — задний ассоциативный центр; 6 — центр зрения.

месяца после рождения. За этот период можно проследить постепенное функциональное созревание отдельных кортикальных центров, так что открывается еще новый путь для различения отдельных органов коры по анатомическим и эмбриологическим признакам. По анатомическим признакам корковые центры различаются на *двигательно-чувствующие*, в которых преобладают проекционные пути, соединяющие кору с нижними нервными этажами, и на *ассоциативные*, в которых преобладают ассоциационные пути, сообщающие отдельные кортикальные центры между собой (см. рис. 71). По эмбриологическим признакам корковые центры распадаются на *примордиальные*, созревающие к моменту рождения, *средние*, развивающиеся в первый месяц внеутробной жизни, и *терминальные*,

развитие которых начинается со второго месяца внеутробной жизни, заканчивается в крупных осевоцилиндрических путях на четвертом месяце, в коллатералиях же продолжается далее. Ассоциативные центры эмбриологически и оказываются терминальными, т. е. развиваются и созревают после всех прочих. Их работа уже предполагает зрелость и работоспособность низших проекционных центров, чувствительно-двигательных. Именно ассоциативные терминальные центры создают совместную сочетанную деятельность этих последних, и Флексиг видел в них органы ассоциации представлений, суждения и мышления. Он различал *лобный ассоциативный центр, обширный височно-затылочно-теменной ассоциативный центр и ассоциативный центр Рейлева островка* (рис. 69).

Еще ранее данных Флексига Гитциг, а потом Гольц предполагали, что в лобных долях должен находиться орган высшей психической деятельности, высшего абстрактного мышления. Подобно тому Вундт относит в лобные же доли коры свой «центр апперцепции». Повидимому более обоснованным представляется значение височно-затылочно-теменной области для высшей психической деятельности. Черепа великих людей обнаруживают особенно сильное развитие именно этих частей мозга. Так, черепа Канта, Гаусса, Дирикле отличаются громадным развитием теменной области; подобно тому мозги Делингера, Бишоффа, Лазо и Либиха резко отличаются от среднего человеческого мозга развитием именно теменных же долей.

Шарко обратил внимание на то обстоятельство, что люди довольно резко различаются по характеру своей памяти. У некоторых преобладает память к зрительным данным, так что наиболее легко и прочно запоминаются факты, связанные со зрительными ассоциациями: та или иная идея, вычитанная из книги, запоминается прежде всего, как тирада, напечатанная на такой-то странице, в начале или в конце ее, около такого-то рисунка. Это тип «*homme visuel*». У других людей вещи запоминаются, по преимуществу, по слуховым признакам. Это тип «*homme auditiv*». У третьих, наконец, наиболее прочно вещи запоминаются по осязательно-двигательным признакам. Это тип «*homme moteur*». В связи с этим у одних людей наиболее легко рождаются ассоциации представлений из зрительной сферы, у других — из акустической, у третьих — из осязательно-двигательной. Можно думать отсюда, что высшие ассоциативные центры коры могут становиться в более тесные связи то со зрительной, то со слуховой, то с осязательно-двигательной сферой коры полушарий. В связи с этим преимущественное развитие ассоциативных центров у различных людей

происходит, вероятно, в различных частях, и топография их может несколько изменяться.

Следует отметить, что названные выше ассоциационные центры Флексига топографически соответствуют тем областям коры полушарий, которые не дают эффектов или дают неопределенные эффекты при электрическом раздражении. Вследствие этого данные области были названы некоторыми авторами «нераздражительными зонами коры» (*unirregbare oder latente Zone*). С другой стороны, и более или менее значительные поранения этих областей не вызывают резких и определенных нарушений в жизнедеятельности животного, подобных тем, что происходят при поражениях двигательной, зрительной или слуховой сферы коры. Даже после грубых повреждений лобных долей человек поправляется вполне, так что для окружающих кажется, что поранение прошло бесследно. В литературе известно немало подобных случаев. Из протокола судебного следователя в Нижнем Новгороде известно, что зимним вечером на льду реки Оки между зимующими барками был поднят совершенно пьяный судовой рабочий, который полз по снегу и мычал, причем из головы его торчал какой-то предмет, принятый сначала суеверными сторожами за рога чорта. Торчащий предмет оказался навозными вилами, глубоко всаженными в лоб пьяницы. Когда через несколько часов из головы больного, доставленного в больницу, врачи вынули зубцы всаженных вил, то вытекла значительная часть мозга из лобных долей. Через некоторое время больной начал поправляться и мог рассказать, что в день, когда его подняли на Оке, он пьянствовал с товарищами; одного только не мог он понять и никогда впоследствии не мог вспомнить, как вилы попали ему в лоб. Через несколько месяцев после поранения больной вполне оправился и приступил к обычному своему заработку на судах, причем окружающие никаких недостатков в нем, сравнительно с предыдущей его деятельностью, не замечали.

Лонже приводит следующий случай: молодого человека ударили камнем по голове; образовалась рана пальца в три шириною и высоту. Камень пробил черепную коробку и вошел так глубоко в лобную область, что его не было видно снаружи.

После того, как камень удалили с некоторой частью мозга, у пациента через несколько дней вытекло еще некоторое количество мозгового вещества. Несмотря на это он выздоровел, и у него не наблюдалось в последующей жизни ни параличей, ни анестезий и вообще никаких нервно-психических расстройств.

Затем известен такой случай: американский рабочий, прыгая в шахту, случайно упал на железный стержень, толщиной в полтора дюйма, который вонзился около угла нижней челюсти и вошел до лобной области, порвав при этом зрительный нерв. По выздоровлении после такого тяжкого поражения у этого рабочего не замечалось никаких психических расстройств; он, конечно, ослеп на один глаз, но умственно был совершенно нормален и лишь стал несколько раздражительнее.

Бывают еще более обширные повреждения лобных долей, так например, одному служителю во время сильной драки ударили в правый висок: кость раздробилась и часть мозга вытекла. При удалении осколков кости пришлось снять и часть мозга. Через восемнадцать дней раненый упал с кровати, и у него опять вытекла часть мозгового вещества. Через некоторое время больной, напившись допьяна, сорвал повязку, и опять часть мозгового вещества вытекла, так что уже показались так называемые «балки», и рана, следовательно, дошла до мозолистого тела. Тем не менее больной выздоровел, не было заметно ни психических расстройств, ни анестезий, но остался односторонний паралич конечностей.

Вероятно, во всех этих случаях пострадала область коры, участвующая только в высших актах психической деятельности, и выпадение их не было заметно для врачей при поверхностном наблюдении, так как они не знали, насколько высоко была интеллектуальная деятельность субъекта до поранения.

Невропатологи называют те части мозга, с поранением или удалением которых не вызывается никаких заметных двигательных или чувствительных расстройств, — *«областью скрытых повреждений»*. Здесь дело касается более тонких нарушений высшей психической деятельности, уловить которые постороннему наблюдателю трудно. Только при очень тщательном исследовании и при условии хорошего знакомства с больным субъектом в прошлом, можно установить наличие тех или иных дефектов от поранения.

Случаи, подобные вышеприведенным, не колеблют учения о локализации функций в коре полушарий. Мы видели выше достаточно солидные основания для него. Еще Гитциг, вскоре после опытов, произведенных совместно с Фритчем на мозге собаки, имел случай убедиться непосредственно в существовании корковой локализации у человека. Будучи военным врачом во время франко-прусской войны, Гитциг имел на руках солдата, у которого снесена была пулей часть черепа с небольшим участком мозговой коры левого полушария; у раненого наблюдался паралич только в лицевых мышцах преимущественно на правой стороне лица. Солдат через некоторое

время умер от воспаления мозговых оболочек, вследствие случайного загрязнения раны, и Гитциг мог воспользоваться случаем для вскрытия и для сопоставления места мозгового поражения с характером расстройств, наблюдавшихся у солдата при жизни. Оказалось, что поражению подвергся именно тот участок мозга, на который Гитциг указал раньше, как на кортикальный центр лицевой мускулатуры (рис. 70). «Абсо-



Рис. 70. Клиническое определение левой кортикальной зоны мимической мускулатуры человека по статистическому методу (по Эксперу, из Цунца и Леви).

лютное кортикальное поле» мимической мускулатуры определено только в левом полушарии; возможно, что в правом его нет. На рис. 70 оно обведено пунктиром. Вне границы пунктира — «относительное поле» мимики. (Способ определения поля тот же, что на рис. 66 и 67). Место, обведенное на рис. 70 пунктиром, почти в точности соответствует месту поражения солдата пулей в случае Гитцига.

Так тонко и определенно локализованы в коре центры определенных двигательных аппаратов, зрения, слуха и пр. В других случаях невропатологический материал носит гораздо менее определенный характер: изменение или поражение затрагивает одну небольшую часть мозга, а расстройства функций распространяются на более или менее обширные области психической деятельности. Иногда, как мы видели, трубные поражения мозговой коры не дают совсем определенных функциональных расстройств. Надо полагать, что в коре

есть центры более узкого и локального функционального значения, как психо-моторные центры, центры зрения, слуха и пр., и центры более обширного и объемлющего значения, как высшие ассоциативные центры височной, затылочно-теменной и лобной долей. Высшую духовную и умственную деятельность нельзя связывать с ограниченным участком мозга, она есть результат сочетанной деятельности всех центров, заложенных в больших полушариях.

Обонятельная область. Обонятельную сферу коры определить очень трудно, во-первых, потому что на животном необыкновенно затруднительно установить, насколько оно тонко различает запахи при тех или иных условиях, и, во-вторых, потому, что к частям мозга, откуда отходят обонятельные нервы, трудно подобраться, не поранив выше- или нижележащие центры. Анатомо-патологический материал на людях носит слишком случайный характер; очень часто человек сам не замечает, что у него обоняние притуплено или даже выпало по отношению к определенным запахам. Почти исключительно на основании анатомических данных обонятельную область коры локализируют на медиальных поверхностях полушарий близ мозолистого тела (в *gyrus fornicatus*) и в медиальных частях височных долей (*uncus* и *gyrus hippocampi*).

Вкусовая область еще менее определена, ее относят к тем же частям, где предполагается кортикальная сфера обоняния.

В коре найдены центры не только для сознательно-волевых движений, но также центры, влияющие на органы растительной жизни. Например, при раздражении определенных точек коры наблюдается изменение ритма дыхательного аппарата, изменение в сосудодвигательном аппарате, изменение сердечного ритма, увеличение общего кровяного давления; можно получить даже изменение в температуре тела, как будто есть кортикальный термический центр. Об этом, однако, не будем здесь распространяться подробно, так как в отношении этого рода центров между авторами существуют значительные противоречия.

При искусственном раздражении коры полушарий были обнаружены также и *эффекты торможения*.

Эти явления впервые наблюдали Бубнов и Гейденгайн. Они заметили, что в некоторых стадиях морфийного наркоза мышцы легко впадают в длительную контрактуру после того, как подвергались сильному раздражению соответствующие корковые центры. Положим, что правая задняя лапа собаки находится в контрактуре, вследствие предварительного сильного раздражения соответствующего центра левого полушария. Если в этот момент приложить к той же самой точке коры

новое, и теперь уже слабое, раздражение, то лапа сейчас же расслабляется. Впрочем, такое же расслабление получается при слабом раздражении и любых других точек коры и заднего мозга. Подобного же рода наблюдения были повторены Шеррингтоном на обезьяне. Введенский, производя опыты одновременного раздражения на обоих полушариях собаки, то одноименных точек, то точек антагонистического значения, нашел следующее: раздражение, приложенное к двигательному центру левого полушария, т. е. для мышцы-сгибателя правой передней конечности, вызывает понижение раздражительности одноименного центра в правом полушарии, т. е. для мышцы-сгибателя левой передней конечности, и ведет к повышению раздражительности центра для мышцы-антагониста, т. е. разгибателя той же левой конечности. Два полушария в смысле иннервации сочетаны так, что одноименные центры тормозят друг друга, будучи возбуждены одновременно, т. е. когда, например, правая нога разгибается, то в левой ноге усиливается эффект сгибания, но тормозится разгибание. В сочетании возбуждающих и тормозящих эффектов наблюдается известная целесообразность: когда раздражение какой-либо точки коры вызывает соответствующий эффект в теле животного, то, наряду с этим, появляются условия, благоприятные для возбуждения центров, обычно сочетанных с раздражаемым центром, и в то же время наступают тормозящие влияния для центров, заведующих эффектами антагонистическими. По этому типу у высших животных совершается ходильный акт поочередным движением симметрических конечностей, — когда правая конечность сгибается, то левая разгибается. Описанные Введенским данные о сочетании возбуждающих и тормозящих влияний при раздражении коры полушарий были затем подтверждены в совместной работе Геринга и Шеррингтона, а также в работе проф. Миславского.

Может естественно возникнуть вопрос: рассматривать ли описанные сочетания торможения и возбуждения в конечностях, как специально корковую координацию деятельности конечностей, или же кортикальные импульсы только приводят в действие готовые центральные сочетания в спинном мозгу, так что описанная координация торможения и возбуждения в конечностях принадлежит по существу еще спинному мозгу? Принимая во внимание, что координация ходильного акта и соответствующее сочетание центральных торможений и возбуждений принадлежит еще спинному мозгу (см. выше, стр. 205, также 178 и 198), поставленный вопрос надлежит решить скорее во втором смысле. К такому заключению и приходил Ухтомский, изучая соотношения между эффектами от

раздражения коры и эффектами от раздражения периферических чувствующих нервов.

Кортикальная эпилепсия. Если при искусственном раздражении коры полушарий применять слишком длительное или слишком сильное раздражение какого-нибудь одного центра, то легко может произойти *местное перераздражение коры*, и тогда может произойти довольно бурный судорожный приступ, начинающийся с того органа, который ближайшим образом связан с раздражавшимся центром коры, и распространяющийся затем на прочие части тела.

Понятно, что начало эпилептических судорог происходит при этом на стороне тела, противоположной месту перераздражения коры, а по мере распространения судорог по телу животного эпилепсия передается и на ту же сторону, где раздражалась кора. Дознано, что в такой передаче кортикальных судорог с одной стороны тела на другую играют роль комиссуральные волокна *corporis callosi*: если последние перерезаны, — эпилептические судороги ограничиваются лишь одной стороной тела, противоположной раздражаемому полушарию. То, что причина судорог лежит в местном перераздражении кортикального центра, это доказывается тем, что быстрое вылучение участка серого вещества коры, подвергшегося перераздражению, тотчас прекращает судорогу, развивающуюся полным ходом.

Приступ кортикальной эпилепсии довольно легко отличить от эпилепсии, идущей из продолговатого мозга, именно на том основании, что при последней в судорогу впадает сразу почти все тело; кортикальная же судорога распространяется постепенно от места, соответствующего перераздраженному корковому участку, к прочим членам тела.

ПРОВОДЯЩИЕ ПУТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Центральная нервная система состоит, как мы видели, из ряда отдельных органов, которые возможно было отличить и морфологически, и по функциональному значению. Чтобы весь этот ряд нервных органов мог работать целиком, как единый нервный аппарат животного индивидуума, нужно, чтобы между отдельными частями центральной системы постоянно поддерживалось нервное проведение. Прежде всего, для того, чтобы отдать себе отчет в том, как кора полушарий большого мозга может развивать свое влияние на прочую нервную систему, необходимо знать проводящие пути коры и прочей мозговой оси. В этой области основные данные были установлены известным анатомом мозга и психиатром. Мей-

нервом. По воззрениям этого ученого, всякая чувствующая точка кожной поверхности посылает нервные пути в центральную систему, образуя как бы свою проекцию в коре полушарий, где таким образом получается своего рода проекционная ландкарта всей периферии тела. С другой стороны, двигательные импульсы, рождающиеся в коре, должны пройти определенный нервный путь и попасть в периферические аппараты через посредство субкортикальных и спинномозговых нервных центров; например, к конечностям двигательный импульс из коры проходит через центры, заложенные в передних рогах спинного мозга (см. рис. 41). Соответственно всей совокупности двигательных приборов тела в коре полушарий образуется еще новая, двигательная проекционная система, в которой имеют свое представительство различные мышцы и органы тела. Из различных точек этой двигательной системы коры спускаются проводящие пути в спинной мозг и, через посредство спинномозговых центров, поддерживают иннервацию мышц. Такова была первая схема путей проведения в нервной системе.

Физиологи, со своей стороны, пытались подойти к изучению проводящих систем мозга путем эксперимента. Применяли местные перерезки мозговой оси и отмечали, какие пути нарушаются при тех или иных определенных сечениях. Перерезки мозговой оси с экспериментальными целями делались уже Галеном. Очень ревностно разрабатывался этот метод почти с начала XIX столетия. Особенной известностью в свое время пользовались исследования французского ученого Броун-Секара. По этому автору, половинная перерезка мозговой оси на одной стороне влечет двигательный паралич на той стороне, где произведена операция, и сенсорный паралич на стороне противоположной; на стороне перерезки, наоборот, наблюдается даже гиперестезия. Отсюда делалось обобщение, что двигательные пути, спускающиеся в спинной мозг, переключаются преимущественно в спинном мозгу. К сожалению, данные Броун-Секара не были подкреплены параллельными микроскопическими исследованиями и опирались исключительно на наблюдения над только что оперированными животными, так что параличи могли происходить просто от шока.

Флорентийский физиолог Шифф производил перерезки то задних столбов спинного мозга, то передних и боковых, и наблюдал расстройства проведения в том и другом случае. На основании своих опытов Шифф пришел к убеждению, что двигательные импульсы проводятся по передним и боковым столбам, отчасти по самому серому веществу спинного мозга,

когда как чувствительные импульсы — по задним столбам и по серому веществу; притом безболезненно-осознательные импульсы восходят к головному мозгу по заднему столбу той же стороны, т. е. без перехода на другую сторону спинного мозга, а импульсы болевой чувствительности проводятся преимущественно серым веществом противоположной стороны.

В семидесятых годах появились исследования проводящих путей спинного мозга, предпринятые проф. Казанского университета Ворошиловым, работавшим одно время в лаборатории Людвига. Ворошилов построил специальный нож, движущийся в особом станке, чтобы производить более точные перерезки мозга. С помощью этого ножа он перерезал у кролика те или иные части спинного мозга и нашел, что главный путь проведения двигательных импульсов из головного мозга лежит не в передних столбах, а в боковых. Здесь же, в боковых столбах спинного мозга, лежат и чувствительные проводники. Рефлекторные сообщения между передней и задней частями животного прекращаются, как только перерезаны боковые столбы.

Вопросами о ходе проводящих путей немало занимался Гольц. Он широко практиковал опыты на собаках, производя односторонние и двусторонние перерезки спинного мозга на различных уровнях.

Оказалось, что спинной мозг может проводить импульсы даже при двусторонних его перерезках, разумеется, если перерезки той и другой стороны находятся не на одном уровне.

Двигательный импульс, по Гольцу, дойдя до места перерезки, находит себе другой, обходный, более трудный путь и идет по нему дальше к периферии; таким образом могут быть обойдены обе перерезки, сначала на одной стороне, потом на другой. По отношению к чувствующим импульсам Гольц утверждал то же самое, т. е. и для них, кроме обычного простого пути, существуют обходные и более затрудненные пути проведения, вступающие в дело за перерывом главного пути. Мало того, Гольц пришел к выводу, что при перерезке всего белого вещества в оставшемся нетронутым сером веществе еще возможна проводимость импульсов, но она относительно весьма затруднена.

Дальнейшему изучению проводящих путей в мозгу много помог метод вторичного перерождения по Уоллеру (см. стр. 148).

На известной высоте спинного мозга у собаки делали перерезку того или иного пучка проводников; когда животное оправлялось от операции, недели через две, производилось общее исследование проведения тех или иных возбуж-

дений в ее нервном аппарате, а потом собака убивалась, и мозг ее, разбитый на срезы, исследовался микроскопически, причем определялось, куда и как далеко распространялось перерождение нервных путей. Оказалось, что характерное для белого вещества уоллеровское перерождение с распадом миэлинового вещества в комковатые образования и изменение окрашиваемости волокон происходит в различных пучках в различных направлениях; например, в передних и боковых столбах перерождение происходит преимущественно ниже места перерезки; в задних же и в некоторых участках боковых столбов волокна испытывают перерождение выше места перерезки. Известно, что тот конец нервного волокна подвергается уоллеровскому перерождению, который разобщен с нервной клеткой; поэтому из приведенных опытов надо было сделать заключение, что для двигательных волокон клетки (центры) лежат выше спинномозговой перерезки — в головном мозгу; для чувствующих же волокон клетки лежат ниже перерезки — в спинномозговых ганглиях. Если поранить те или иные чувствительные и двигательные центры, то перерождаются определенные проводящие пучки, но опять не одни и те же в том и в другом случае.

Этот метод в сопоставлении с клиническим невропатологическим материалом дал очень определенные указания о ходе проводящих путей в мозгу. Посмертные вскрытия больных с местными поражениями центров и перерождениями путей дают также богатый материал для учения о нервных проводниках. Метод вторичных перерождений и изучение невропатологического материала дали возможность определить отдельные группы проводящих путей в белом веществе спинного мозга. Оказалось, что пути собраны здесь в отдельные пучки, сообразно их функции. Пирамидальный путь, сообщающий центральную область коры полушарий со спинномозговыми двигательными центрами, распределяется на два спинномозговых пучка: боковой, несущий перекрестившиеся волокна кортико-спинального пути и лежащий в боковом столбе белого вещества, ближе к заднему рогу, и передний, несущий неперекрещивающиеся волокна того же пути и лежащий у самой *fissura mediana anterior* (см. рис. 49 и 72). Чувствительные пути, восходящие из спинного мозга к голове, оказались собранными преимущественно в два пучка задних столбов (см. там же). Особыми же пучками боковых столбов поддерживается сообщение спинного мозга с мозжечком. (См. на рис. 49 наиболее периферические боковые пучки).

Большую роль для определения путей проведения сыграл так называемый миэлогенетический метод немецкого ученого

Флексига (1880—1904). Флексиг заметил, что гематоксилин Вейгерта окрашивает в синий цвет лишь мягкотные нервные волокна и оставляет бесцветными безмякотные. Пользуясь этим обстоятельством и исследуя гистологические срезы мозга, возможно было заметить, что белое вещество различных путей в мозгу формируется неодновременно. Мы имели случай

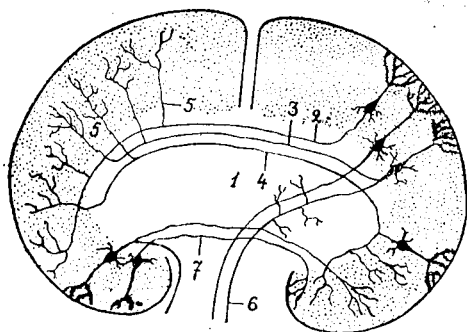


Рис. 71. Схема проекционных, ассоциативных и комиссуральных путей в коре полушарий большого мозга.

1 — corpus callosum; 2 — комиссуральный аксон от кортикальной клетки одного полушария к коре другого полушария; 3 — коллатеральная ветвь от проекционного нейрона, заходящая в противоположное полушарие; 4 — такая же ветвь от ассоциативного нейрона; 5 — отдельные коллатерали комиссуральных путей; 6 — проекционные пути из кортикальных нейронов; 7 — пути передней комиссуры (по Кахалю из Тестю).

увидеть, что образование миелиновых оболочек нервов начинается на 5-м месяце утробной жизни и заканчивается для главных путей на 4-м месяце после рождения. По предположению Флексига конец миелинообразования есть начало функциональной зрелости нервного пути. Далее Флексиг предположил, что пучки, формирующиеся в эмбриональной стадии человека, служат, вероятно, для более основных и элементарных функций; те же волокна, которые образуются в более поздних стадиях, во время формирования головного мозга, служат для последующих высших отправлений. Рефлекторная жизнь в спинном мозгу развивается рано, и, следовательно, проводники для нее должны образоваться раньше. Они формируются ранее всего в частях около передних и задних рогов; пути же, которые должны служить для проведения возбуждений в головной мозг и из головного мозга к передним рогам, формируются после рождения ребенка. Мы помним, что позд-

нее всего созревают и одеваются миелином проводники кортикальных ассоциативных центров.

Флексиг собрал громадный анатомический материал. Препараты его хранятся в Лейпциге и составляют целый музей. Метод Флексига оказался очень плодотворным и подтвердил, что разные пучки волокон в спинном мозгу служат для разных отправлений. Идя путем сопоставления срезов спинного мозга на разных стадиях развития, Флексиг обнаружил, как все более и более обильные связи устанавливаются между отдельными частями спинного и головного мозга. Открылись многие детали в строении спинного мозга. Обнаружилось, например, следующее: пучки белого вещества в боковых столбах, которые надо признать за мозжечковые пути, формируются ранее, чем путь, идущий к коре, — именно тогда, когда формируется сам мозжечок. Позднее развиваются сообщения с корой полушарий, так называемые *проекционные* пути чувствительные и затем двигательные. Еще позднее вступают в действие пути, связующие между собой отдельные центры коры (рис. 71). Это — волокна *комиссуральные*, связующие кору того и другого полушария между собою через *corpus callosum*, и волокна *ассоциативные*, связующие в одном и том же полушарии отдельные пункты коркового слоя. Функциональная зрелость комиссуральных и ассоциативных волокон устанавливается к моменту пробуждения сознательной жизни ребенка.

Миелогенетическим методом было подтверждено, что пути спинномозгового белого вещества собраны в пучки различного морфологического и функционального значения.

Пучок кортико-спинальных двигательных волокон, отходящих от центральной извилины коры, проходит между чечевицеобразным и хвостатым телом, собирается и спускается вниз: через внутреннюю капсулу (*capsula interna*), проходит через ножки большого мозга (ср. рис. 53 и 54) к Варолиеву мосту и вступает в продолговатый мозг; здесь, в так называемом перекресте пирамид (*decussatio pyramidum*), происходит переход части кортико-спинальных волокон на противоположную сторону мозговой оси, причем перекрестившиеся волокна вступают в боковые столбы спинного мозга (боковой пирамидальный пучок), подходят к двигательным клеткам переднего рога и иннервируют здесь двигательные центры спинного мозга. Правое полушарие через этот путь иннервирует спинномозговые центры левой стороны. Другая часть кортико-спинальных двигательных волокон образует пучок, который не испытывает перекреста в *decussatio* и спускается в спинной мозг, идя по своей стороне в медиальной части передних столбов, прилегающей к передней продольной борозде спин-

ного мозга. Эти волокна, впрочем, все-таки рано или поздно претерпевают перекрест, переходя на различных высотах спинного мозга через переднюю спайку на другую сторону и вступая в связь с соответственными нервными клетками передних рогов спинного мозга. Для верхних и нижних конечностей одни кортико-спинальные волокна переходят в *decussatio* пирамид на противоположную сторону, а другая часть тех же волокон тянется на своей стороне спинного мозга и лишь ниже, на уровне спинномозговых двигательных центров соответственных конечностей, переходит на противоположную сторону. Нельзя, однако, отрицать возможность и того, что неперекрещивающийся пирамидальный путь может иннервировать спинномозговые центры на своей же стороне, не переходя на противоположную.

Возможность такой своесторонней иннервации с коры доказана теперь рядом авторов, между прочим, проф. Бехтеревым.

Во всяком случае, кортико-спинальные волокна в спинном мозгу не проникают к периферии тела, а доходят лишь до двигательных клеток, лежащих в передних рогах, и уже через посредство их сообщают иннервации мышцам.

По отношению к чувствующим путям подтвердилось, что соответствующие волокна идут в задних столбах. В шейной части задних столбов происходит разобщение чувствующих путей на два отдельные пучка: пучок Голля, более медиальный и несущий в себе восходящие волокна от нижних конечностей и нижней части туловища, и пучок Бурдаха, более латеральный и несущий восходящие волокна от верхней части туловища и от верхних конечностей. Чувствительные волокна отчасти заканчиваются еще в спинном же мозгу, на различных его уровнях; но главная часть их поднимается по задним столбам своей стороны до продолговатого мозга, где заканчивается в соответствующих ядрах Голля (иначе — *nucleus gracilis*) и Бурдаха (иначе — *nucleus cuneatus*). От ядер Голля и Бурдаха возникает новый путь, перекрещивающийся в продолговатом мозгу на уровне нижних олив, и восходящий к *thalamus opticus* противоположной стороны. Этот путь носит название «медиальной петли» (*lemniscus medialis s. tractus bulbo-thalamicus*) (см. рис. 72, пути, восходящие от сегмента 6). К волокнам медиальной петли присоединяются еще собственно спинномозговые волокна от клеток задних рогов, дающих аксоны, перекрещивающиеся в передней комиссуре спинного мозга и восходящие рядом с пучками Говерса (рис. 49, клетки, обозначенные цифрой 7, стр. 175), а также волокна от чувствительных ядер продолговатого мозга. Ядра зрительного

Рис. 72. Схема главных проводящих путей головного мозга (скомбинировано по рисункам Тестю).

1 — кортикальный слой полушарий; 2 — thalami optici и commissura mollis; 3 — nucleus caudatus; 4 — nucleus lentiformis; 5 — проводящие пути внутренней капсулы; 6 — сегмент продолговатого мозга из уровня перекреста пирамид с ядрами Голля и Бурдаха; 7 — сегмент спинного мозга; 8 — перекрест путей двигательных и чувствующих в продолговатом мозгу; 9 — чувствующий нерв продолговатого мозга с его периферическим ганглием; 10 — чувствующие нервы задних спинномозговых корешков со спинномозговыми ганглиями; 11 — спинномозговые чувствующие лучки Голля и Бурдаха (задние столбы белого вещества); 12 — двигательный нерв продолговатого мозга; 13 — двигательные ядра продолговатого мозга; 14 — кортико-спинальный путь боковых столбов (перекрещивающийся пирамидальный путь); 15 — кортико-спинальный путь передних столбов (не перекрещивающийся пирамидальный путь); 16 — вставочный нейрон спинного мозга; 17 — мышцы; 18 — двигательные нервы передних спинномозговых корешков.

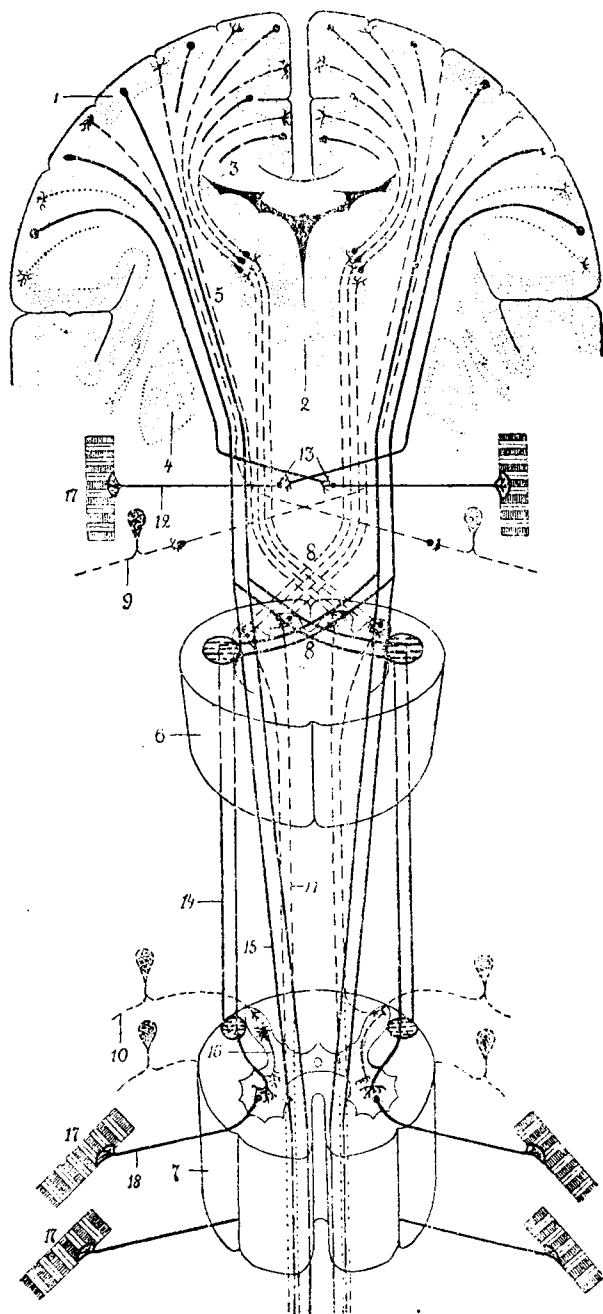


Рис. 32

бугра посылают свои волокна, как мы знаем, уже непосредственно к корковому слою полушарий.

В боковых столбах, как мы помним, находятся также пучки мозжечковые — путь Флексига и Говерса. И здесь же следует упомянуть нисходящий пучок Монакова, *tractus rubro-spinalis*, сообщающий красные ядра среднего мозга с двигательными центрами передних рогов. Пучок этот расположен несколько кпереди от бокового пирамидального пути, отчасти в нем самом, и медиально от пучка Флексига. Путь этот интересен в том отношении, что через него устанавливается окольное сообщение коры полушарий со спинномозговыми центрами, независимо от непосредственного кортико-спинального пути.

Здесь изложены только главнейшие пути проведения в центральной нервной системе.

Детальный обзор проводящих путей надо искать в специальных руководствах.

ОПЫТЫ ГОЛЬЦА НАД ГОЛОВНЫМ МОЗГОМ

В настоящее время можно считать вполне установленным фактом локализацию функций в больших полушариях. Однако до последнего времени было немало противоречий в толковании фактического материала в этой области, и одним из типичных и сильных критиков учения о локализации является знаменитый германский физиолог, профессор в Кенигсберге, затем в Галле и Страсбурге Ф. Л. Гольц (ум. в 1902). До самой смерти он сохранял обособленное положение по отношению к учению о локализации. Если и не разделять вполне его взглядов, то все же следует ознакомиться с его данными, заслуживающими тщательного внимания, так как они, не подрывая вышеизложенного учения о локализации в коре, в то же время дают много важного принципиально и интересного в частностях.

Гольц ставит вопрос таким образом: «положим, мне скажут, что на Марсе есть государство: я же возражу, что надо прежде доказать существование жителей на Марсе, а потом уже рассуждать о той или другой общественной организации их». Прежде чем рассуждать, что то или иное отправление организма имеет локализованный центр в мозгу, надлежит в точности выяснить и определить все физиологические элементы этого отправления. Является вопрос, чему обязан своим появлением сложный эффект, который получается в опытах с приложением электрического раздражения к определенным точкам коры полушарий: может быть, дело в том, что электрические токи, приложенные к одной точке коры,

распространяются дальше, ветвятся и вызывают возбуждение в подлежащих нервных проводниках.¹

Гольц потребовал также серьезной критики данных, добываемых методом экстирпации. По его мнению, экстирпация той или другой части мозга, как всякое более или менее сильное воздействие на нервную массу, должна сопровождаться подавлением функции в других частях мозга, оставшихся непосредственно незатронутыми операцией. Ведь и при перерезках спинного мозга, в нижних частях его замечается продолжительное подавление нервных функций (длительный шок). То же самое можно сказать и по отношению к вылушиванию тех или других частей коры.

Наблюдающиеся функциональные расстройства после экстирпации тех или иных участков коры зависят, может быть, не от того, что вырезаны некоторые центры, т. е. удалены определенные механизмы нервной системы, а просто от того, что оставшиеся центры подавлены временно в своей деятельности, впали в шок, т. е. в состояние торможения. Поэтому, говорил Гольц, нет смысла производить наблюдения над животными непосредственно за операцией и в ближайшие дни; надо выжидать недели и даже месяцы, пока на животном не установится стационарное состояние. Эти соображения следует, конечно, принимать во внимание при всех вообще экспериментах над центральной нервной системой. Сам Гольц вылушивал у собаки всю переднюю треть больших полушарий, выжидал затем стационарного состояния, и только это последнее принимал за характерное в функциональном отношении для животного с данным дефектом мозга. Затем он вылушивал еще часть мозга и через достаточный промежуток времени вновь производил наблюдения; в таком порядке он вел опыт постепенно, до совершенного удаления больших полушарий, пользуясь при этом особым, им же построенным ножом для устранения или, по крайней мере, значительного ослабления кровоизлияний из мозга.

Гольц справедливо полагал, что быстро действующий нож будет значительно меньше растягивать и травмировать ткань и будет давать более чистые срезы, подобно тому как ружейная пуля, пробивая стекло, оставляет в нем небольшое и правильное отверстие, между тем как брошенный рукою камень дает в стекле множество трещин. Нож Гольца состоял из двух спиральных лезвий и приводился в движение маховым колесом. У собаки вскрывают черепную коробку, затем

¹ Сомнения в этом смысле развивал затем Герман. Мы видели, какой фактический материал противопоставили им Франсуа-Франк и Питр.

быстрым вращением махового колеса приводят в движение ножи, срезающие мозг; срезанный мозг смывается струей физиологического раствора. Срезы получаются при этом настолько чистые, а кровотечение относительно такое ничтожное, что с методической стороны операцию можно считать почти безукоризненной. Здесь мы не будем описывать результатов, полученных Гольцом при половинной экстирпации лобных долей, а перейдем прямо к картине на животном, у которого удалены передние трети обоих полушарий. Затем перейдем к гольцевским опытам с вылушением задней трети обоих полушарий.

Если собаку без передней трети обоих полушарий привести в аудиторию, то неопытный глаз может не заметить в ней никаких особенностей. Собака бежит, прыгает, чешется, фыркает, правда, немного стремительна в своих движениях, но в общем представляется совершенно нормальной. Только более детальный анализ может указать на присутствие расстройств в функциональных отправлениях. В особенности поражает эта собака порывистостью, стремительностью и неудержимостью своих движений: если ей бросить кость, она обыкновенно бежит к ней, но при этом перебегает через нее; заметив свою ошибку, бежит обратно, снова перебегает далее, чем нужно, и так проделывает несколько раз, пока ей не удастся действительно поймать кость. Движения животного неуклюжи и неловки. Оно несколько волочит задние лапы, легко поскальзывается на гладком полу, но тотчас вскакивает и бежит далее. С трудом поймав брошенную ей кость, собака не может удерживать ее для глотания передними лапами, как это делает нормальное животное. Вообще наша собака ест пищу неловко и неопытно и делает при этом неожиданные и непривычные движения ногами, челюстью и языком. Если животное было ранее приучено подавать лапу, после операции этот навык оказывается утраченным навсегда. Напротив, *рефлекторная возбудимость животного оказывается чрезвычайно повышенной*. В то время как в нормальном состоянии собака была способна подавлять свои бульбо-спинальные рефлексы, теперь она в значительной степени утратила эту способность, и на ней можно почти так же легко вызывать рефлексы, как на квакательной лягушке; иными словами, операция значительно понизила способность животного к произвольному торможению рефлексов. В связи с этим стоит отмеченное Гольцом *изменение общего характера животного*: из спокойного, тихого и понятливого животного собака становится импульсивной, стремительной, сварливой и недружелюбной. В оперированной собаке можно отметить одновременно две новые черты: она

стала очень трусливой и, в то же время, озлобленной. К ней нельзя прикоснуться, так как она тотчас же огрызается и старается укусить. Для операции нарочно выбирали заведомо самых умных, тихих и спокойных собак, и после операции у них развивалась вздорность, озлобленность и раздражительность. Раньше, когда служитель приносил пищу собакам, они спокойно ждали своей очереди; после же оперирования собаки неудержимо бросаются вперед, хватают пищу, дерутся, кусаются и поднимают невероятный гам и лай. Постоянное беспокойство и необыкновенная подвижность оперированного животного влечет более или менее значительное его исхудание и даже истощение.

Для сравнения приведем теперь картину расстройств, наблюдаемых на животных, у которых удалена задняя треть обоих полушарий, т. е. область, где помещаются центры зрительные и затылочно-ассоциативные. При поверхностном наблюдении такую собаку, когда она оправится от острых последствий операции, тоже можно признать за нормальную: собака ходит по аудитории степенно, не мечется, обходит препятствия, как и нормальная. Однако при ближайшем исследовании в ней можно заметить целый ряд функциональных изменений противоположного характера, сравнительно с предыдущей собакой. Насколько первая собака стремительна и неудержима в своих движениях, настолько последняя осторожна и медлительна. Нормальная собака, которая до операции отличалась веселым, оживленным характером, обнаруживала склонность поиграть, — после операции делается неузнаваемой, она кажется как бы чем-то подавленной, постоянно в угнетенном настроении, очень пассивной и индифферентной к окружающему. Если ее поставить на стол, она осторожно ходит, но не спрыгивает со стола, дойдя до края; если взять ее заднюю лапу, она мало реагирует на это, и если опустить эту лапу, то она остается довольно долго в ненормальном положении. В общем собака производит впечатление слабоумной. Медлительность, чрезмерная осторожность, вялость движений есть несомненный показатель известных функциональных расстройств. В то же время, по наблюдениям Гольца, собака видит и слышит и этим руководствуется при хождении. Гольц обнаружил это следующим опытом: он ставил несколько пустых белых фарфоровых чашек и между ними помещал чашку с мясом; собака, лишенная задней трети полушарий, как бы ни была голодна, не отличает чашки с мясом от прочих чашек, но все чашки одинаково осторожно обходит, как препятствия; если на полу появится светлое пятно от солнечного луча, то собака обходит и его,

как какое-нибудь препятствие. Гольц ставил на пол газовую Бунзеновскую горелку с длинной каучуковой трубкой, пустив маленькое пламя; когда собака подходила близко к горелке, исследователь внезапно поворачивал кран и увеличивал пламя; собака также внезапно останавливалась и обходила пламя. Отсюда несомненно вытекает, что собака руководствуется зрительными впечатлениями, однако не так, как нормальная. Гольц толковал эти явления не в том смысле, как это делали многие исследователи вслед за Мунком, именно что у собаки развилась «психическая слепота», а объяснял дело тем, что оперированная собака получает неразборчивые, неотчетливые зрительные впечатления; она сознает то, что видит, но не может правильно ориентироваться, так как самые впечатления у нее неясны. Поэтому Гольц отрицал локализование сознательно-зрительных центров исключительно в затылочных частях больших полушарий и говорил, что они, быть может, находятся одинаково и в средних частях коры, но отсюда исходят неправильные возбуждения вследствие поранения или же угнетения нервного вещества после операции. Гольц допускал, таким образом, что сознательно-зрительные ощущения не все целиком осуществляются в затылочных долях, но что они зависят равным образом и от других частей мозга, с помощью которых собака может ориентироваться по зрительным признакам.

Подобно тому и на слуховые впечатления, после вылушения височных долей, собака еще реагирует, сознавая, по мнению Гольца, получаемые ощущения, но не может добраться до отчетливого ориентирования в них, так как сами впечатления оказываются смутными и неразборчивыми.

Стало быть, точка зрения Гольца такова: явления функциональных расстройств, наблюдающиеся у животных после удаления больших полушарий, зависят не от того, что удалены операцией центры психической обработки впечатлений а от того, что в центрах, оставшихся целыми, вследствие операционного потрясения получают неясные и неразборчивые впечатления. С другой стороны, когда по истечении известного времени после операции в нервной системе животного установится стационарное состояние, отсутствие тех или иных мозговых долей сказывается только в общем изменении характера животного. Животные, лишённые затылочных долей больших полушарий, тихи, индифферентны и вялы, они склонны к ожирению и живут годами. Напротив, животные без передних частей больших полушарий живут сравнительно гораздо менее, нередко только до полугода, тощают и кончают смертью в судорожных припадках, благодаря прогрессивно возрастающей

неугомонной подвижности и возбудимости. Эти данные Гольца являются серьезным возражением против того слишком упрощенного представления о коре полушарий, по которому она оказывается собранием отдельных механизмов с раз навсегда определенными и исключительными ролями в отношении тех или иных периферических органов.

Большинство современных исследователей не идет так далеко в отрицании общепринятого учения о корковой локализации, как это делал Гольц, но, во всяком случае, факты, указанные последним, заслуживают самого тщательного внимания. Гольц, как и Флюранс, склоняется к мысли, что функции более или менее разлиты в больших полушариях, т. е. что кора нормально действует вся целиком, и изменение в той или другой отдельной части большого мозга отражается собственно на всем характере животного. В известном отношении воззрения Гольца сближаются и с учением Фр. И. Галля, который помещал в передних отделах мозга функции рассудка, в задних же частях импульсивную сторону душевной жизни. Как бы то ни было, данные Гольца показали, что общепринятое учение о локализации функций в коре далеко еще не разрешает вопроса о том, как представлять себе нормальный способ деятельности коры. Какое значение для нормальной деятельности коры имеет ее органологическая дифференцировка, это вопрос, еще ожидающий дальнейшей разработки и ответа.

ОПЫТЫ ГОЛЬЦА НАД СПИННЫМ МОЗГОМ

Здесь уместно будет привести еще другие опыты Гольца, проведенные им отчасти вместе с учеником его Эвальдом. Цель этих опытов была в выяснении того, какое значение принадлежит центральной нервной системе в регулировании основных функций растительной жизни организма. Господствовавшее воззрение считало, что регулятором этих функций является спинной мозг и без него растительная жизнь организма невозможна.

Исследования Гольца выяснили следующее. После перерезки на известной высоте всего спинного мозга, в задних конечностях и в прочих частях ниже уровня перерезки наблюдаются параличи: не только прекращается мышечное движение, выпадают рефлексы, но расстраивается и деятельность кровеносных сосудов, обычно сжимающихся при холоде и расширяющихся при теплоте; с выпадением деятельности кровеносных сосудов в задней половине прекращается регуляция теплоты, и температура тела падает. Вместе с тем более или

менее глубоко расстраивается и функция питания тканей: наблюдаются местные отеки, лишай и пустулы. Заболевания кожи происходят главным образом в области заднего прохода и половых частей. Затем расстраивается деятельность кишечника и выделительных органов: вследствие параличей сфинктеров и полостных мышц пузыря кал выделяется из кишечника непрерывно, а моча — при надавливании рукой на брюшную стенку. Впрочем, собственно пищеварительная деятельность желез и выделительная работа почечного эпителия, повидимому, не нарушаются. Моча остается свободной от сахара и белка. В связи с упадком питания тканей, в местах ниже мозговой перерезки изменяется и волосяной покров тела: волосы теряют глянец, становятся хрупки и очень легко выпадают. В тех же местах очень легко образуются пролежни. Вообще оперированное животное требует самого тщательного ухода, согревания, частого обмывания.

При соблюдении всех благоприятных условий животное выживает, и что важно в особенности, функции постепенно восстанавливаются во всех частях ниже перерезки мозга. Разумеется, не могут восстановиться здесь сознательно-произвольные иннервации, ибо сообщения с головным мозгом исключены, но, если ниже перерезки были оставлены более или менее значительные части спинномозговой массы, например, поясничный мозг, то скоро после операции восстанавливаются в пораженных частях рефлекторные движения; из местных же рефлекторных движений может сложиться и довольно сложная иннервация той или другой задней конечности, напоминающая шагание. Восстанавливается деятельность сосудов — их способность реагировать на тепло и холод; следовательно, восстанавливается способность регулировать температуру в задней половине тела. Восстанавливается нормальная деятельность кишечного канала и мочевого пузыря: происходят периодически правильные выведения кала и мочи. Восстанавливается также более или менее нормальное состояние кожи: пролежни пропадают, не требуется более тщательного ухода за животным. Одним словом, задняя половина тела собаки начинает жить почти нормальным образом, но она все-таки разобщена с передними отделами мозга, на нее не распространяются влияния головного мозга, и животное оказывается в данном случае как бы разделенным на два самостоятельных отдела: передняя половина живет сознательно-волевым образом, а задняя часть тела ведет чисто рефлекторную жизнь. Обе половины имеют общий пищеварительный канал, общую выделительную, половую и кровеносную систему; в остальном же они разъединены. Отсюда очевидно, что в

спинном мозгу заложен целый ряд рефлекторных центров, которые нормально находятся под влиянием головного мозга, но могут действовать и самостоятельно. Падение функций тотчас после операции не есть следствие удаления или разрушения тех или иных центров; это следствие временного, хотя подчас и довольно продолжительного, послеоперационного шока.

Гольц производил перерезки не только в нижних отделах спинного мозга, но восходил перерезками до шейных уровней мозговой оси. Шейные отделы мозга приходилось шадить, так как отсюда исходит иннервация дыхания. Нарушать ее не приходилось, ибо для Гольца было важно вести очень длительные опыты с выживанием животного в течение многих месяцев, а поддерживать все время искусственное дыхание было невозможно. После высокой перерезки спинного мозга и после прохождения последующих явлений шока делалась другая перерезка спинномозговой оси — ниже первой; шок от этой второй перерезки оказывается значительно менее глубоким, чем первый, и явления его исчезают гораздо скорее, чем в первый раз. Сегмент мозга между двумя поперечными перерезками удалялся нацело. Когда проходили явления шока от второй операции, Гольц делал еще более низкую перерезку и опять удалял сегмент спинномозговой оси до этой новой перерезки. Путем таких последовательных операций в течение нескольких месяцев Гольц вылуцивал спинной мозг животного начисто, так что в распоряжении животного от центральной нервной системы оставался, кроме головного мозга, лишь шейный отдел спинномозговой оси, выше отхождения п. *truncis*. При тщательнейшем уходе животное выживает и, подобно тому как это происходило при перерезках мозга, у него постепенно восстанавливаются все основные растительные функции, направленные к поддержанию жизни: деятельность кровеносных сосудов, кишечного канала, мочевого пузыря... Естественно, что не восстанавливаются рефлексы скелетной мускулатуры, ибо спинномозговые центры отсутствуют. Половая деятельность до известной степени восстанавливается. Через несколько часов после того, как у беременной суки был удален громадный участок спинного мозга в 9,4 сантиметра длины, она разрешилась пятью щенятами. Молочные железы функционировали правильно, и щенок, оставленный при матери, был своевременно выкормлен. У этой суки отсутствовали поясничная и крестцовая части мозга.

В другом случае, когда у суки был перерезан спинной мозг на уровне первого грудного позвонка и животное достаточно оправилось, обнаружилось, что связь между половой сферой

и головным мозгом окончательно не нарушен. Вне периода течки оперированная сука рычала и отгоняла от себя кобелей; с наступлением же течки она благосклонно принимала их ухаживание, так что произошло совокупление; своевременно развился плод, своевременно последовало и разрешение от бремени одним живым и двумя мертвыми щенятами; собака съела послед от всех трех щенят, одинаково облизывала их и была очень нежна к живому щенку. Гольц объяснял возможность такой связи между половой сферой и головным мозгом после перерезки спинномозговой оси влиянием органов *через кровь*. Как бы то ни было, поразительным казалось, что картина течки, развитие эмбриона, родовой акт и лактация могут совершаться при полном разобщении поясничного отдела спинного мозга от высших центров.

В свое время д-р Рейн, впоследствии известный профессор-акушер, установил подобный же факт для человека. В практике Рейна был случай, когда пришлось перерезать все нервы, идущие к матке и отделить таким образом ее от центральной нервной системы. Тем не менее, акт развития плода и родовой акт совершился у его пациентки обычным образом. Что касается собственно родового акта, то известны случаи, когда он совершался у умерших женщин. Гиртль сообщает, например, случай разрешения от бремени повешенной женщины через четыре часа после момента смерти.

Итак, опорожнение пищеварительного канала, акт зачатия, акт развития эмбриона, акт родов, могут совершаться независимо от деятельности центральной нервной системы. Точно так же, независимо от деятельности нервной системы, забеременение матки может стимулировать млечные железы в смысле секреции. В последнем случае мы имеем перед собой прекрасный пример координации работы двух органов. Для прежнего времени казалось совершенно парадоксальным, что координация деятельности органов может быть достижима независимо от нервной системы. Гольц обнаружил громадную проницательность, высказав, что координация эта может быть достигнута влиянием одного органа на другой *через кровь*. Гольцу немало возражали. Но теперь мы знаем, что всякий орган при своей деятельности отдает в кровь некоторые специфические вещества и путем этой так называемой «внутренней секреции» развивает свое влияние на прочие аппараты тела. Так, эпителий верхнего отдела кишки в известные моменты своей деятельности отдает в кровь вещество, способное стимулировать в смысле секреции поджелудочную железу. Мы еще встретимся со многими подобными примерами, когда будем говорить о внутренней секреции органов. И во всех

этих примерах мы будем видеть, как деятельность одних органов координируется с деятельностью других, независимо от нервной системы, а лишь влиянием органов через кровь.

В тех частях тела животного, для которых центральная нервная система разрушена, жизнедеятельность и, до известной степени, координированная работа отдельных аппаратов поддерживается частью химическим взаимодействием органов через внутреннюю секрецию, частью же связью через симпатическую нервную систему. Обречены на бездеятельность и перерождение после вылушения спинного мозга только те органы, которые иннервируются непосредственно из центральной нервной системы, например скелетная поперечно-полосатая мускулатура. Скелетные мышцы вскоре утрачивают возбудимость индукционными токами, затем также и возбудимость постоянными токами, наконец, теряют эластичность и постепенно перерождаются в соединительнотканые тяжи. Иногда можно было видеть, что еще до потери мышечных свойств, т. е. еще в то время как данный мышечный пучок может развить известную работу, в нем пропадает поперечная исчерченность. Мышцы, получающие иннервации частью из центральной, частью из симпатической системы, сначала, после операции, парализуются, а затем, через несколько месяцев, восстанавливают свой тонус, возбудимость от внешних раздражителей и автоматическую деятельность. Такова картина на *m. sphincter ani externus*. Кости, вследствие операции, теряют в своем питании, — в них развивается характерная хрупкость.

Из изложенного видно, что деятельность центральной нервной системы для главных жизненных отправлений не является необходимой, однако она имеет свое влияние даже и на так называемые растительные процессы организма.

ИДЕОМОТОРНЫЕ АКТЫ И РАЗВИТИЕ СОЗНАТЕЛЬНО-ВОЛЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Как сказано выше, большие полушария служат органом сознательно-произвольной деятельности, аппаратом психической жизни. Спрашивается, насколько велика сфера сознательно-волевой деятельности в обыденной жизни человека и животных? Надо признать, что сфера эта гораздо уже, чем обыкновенно себе представляют. Возьмем примеры: если прикоснуться чем-нибудь к главному веку, оно закрывается, и притом совместно с веком другого глаза, как при обычном мигании; если мы услышим внезапный шум, то делаем то или другое движение телом; если в сфере нашего видения неожиданно появится свет, мы поворачиваем голову к свету. Все

это по существу своему рефлекторные акты, которые, однако, в общепринятии считаются за сознательно-волевые. На самом деле наше сознание констатирует их уже *post factum*. Выше было указано, что хождение есть также по преимуществу акт рефлекторный, выполняемый животными и после удаления больших полушарий, и даже с одного поясничного участка спинного мозга. В нормальных условиях этот акт носит тот же рефлекторный характер: опускание одной ноги родит в мозгу импульс для поднятия другой.

Человек может думать о чем угодно, деятельность его сознания может быть отвлечена далеко от ближайшей действительности и, в то же время, он идет между прохожими по улице и обходит бессознательно все препятствия, благополучно минуя столкновения: все это обуславливается сочетанием рефлексов с нервов зрительных, осязательных и приборов мышечной чувствительности. Во время езды на велосипеде, человек также действует руками и ногами рефлекторно-механически, и его сознание занято самим процессом езды только до тех пор, пока он не научился еще хорошо ездить и не втянулся в этот спорт. Сфера сознательно-волевой деятельности, таким образом, гораздо уже, чем обыкновенно думают: все привычные движения совершаются рефлекторно или даже автоматически, во всяком случае, ранее всякого вмешательства сознательного решения или сознательно-волевого импульса с нашей стороны.

Путем самонаблюдения можно заметить на себе следующее обстоятельство: в тот момент, когда в нашем сознании всплывает представление о каком-нибудь действии или движении, одновременно и мускульный наш аппарат обнаруживает возбуждение, направленное на воспроизведение этого действия или движения. Наше самонаблюдение застаёт одновременно и появление того или иного представления в сфере сознания и возникновение двигательного разряда в направлении этого представления. Отнюдь нельзя сказать при этом, что двигательный разряд будет следствием появления известного образа в сфере сознания, т. е. следствием известного сознательного импульса и волевого решения. Начало двигательного возбуждения и возникновения сознательного представления здесь именно одновременны; а подчас соответствующее представление становится совершенно ясным для сознания лишь после того, как двигательная реакция уже совершилась. Часто человек, услышав внезапный взрыв смеха своих собеседников и еще не зная хорошенько, что вызвало этот смех, уже улыбается сам, и лишь потом с ясностью отдает себе отчет, что тут было смешного. Можно наблюдать на лекциях,

что задумавшийся студент начинает улыбаться, как будто видит перед собой что-то веселое или смешное. Наверно студент при этом только задним числом спохватывается, что он улыбался: улыбка не была произвольным актом вследствие представления о смешном, но она совершенно бессознательно возникла одновременно с появлением в поле сознания смешного образа, и сознание замечает ее — улыбку, лишь уже как совершившийся факт. Двигательное возбуждение сопровождается появлением соответствующего образа в поле сознания: «Только что мы успели подумать о действии, как оно уже совершено нами — вот что дает нам здесь самонаблюдение», — так характеризует этого рода явления Джемс. Явления эти чрезвычайно типичны для нашей психической жизни. Карпентер дал им название «идеомоторных актов». Они до такой степени типичны, что можно утверждать следующее: если нет специальных задерживающих факторов и противодействующих представлений, то представление об известном действии непосредственно вызовет в действительности это действие. Это прекрасно можно видеть на пьяных, у которых высшие регулирующие центры угнетены, а зато очень сильно развиты идеомоторные акты, — человек жестикулирует сам с собою и ораторствует, обращаясь в пространство. Иногда идеомоторный акт становится навязчивым и насильственным: человека преследует известная мелодия, всплывающая в его памяти, и он ее бессознательно напевает; но внимание занято определенной задачей, мелодия отвлекает и мешает; человек хочет кончить с нею, отстать от нее, но как только забывает об этом, так опять мотив начинает бессознательно наигрываться, как в шарманке; в особенности легко это происходит с теми мелодиями, у которых конец похож на начало.

Что в самом деле течение наших представлений отражается на наших движениях независимо от нашей воли, это можно уловить с помощью специальных записывающих приборов. Можно, например, воспользоваться двумя пантографами.

Пантограф есть геометрический прибор для черчения подобных фигур в двух измерениях. Он состоит из четырех подвижносочлененных линеек, попарно параллельных и образующих параллелограмм (см. рис. 73):

$$AB = DC \text{ и } AD = BC$$

Точки O , B и P лежат на одной прямой. Если O неподвижна, то B и P будут описывать подобные фигуры, например многоугольники, с отношениями сторон: $a : a' = OA : OD$. Действуя рукою на точку B , мы будем точкою P воспроизводить в увеличенном масштабе все движения руки в плоскости пантографа.

Чтобы регистрация происходила не в той же комнате где находится подопытный субъект пантографа, воспринимающий движения руки послед-

него, сообщается с другим пантографом в другой комнате, передает ему свои движения, а уже этот второй пантограф производит регистрацию движений на бумаге. Сообщение между пантографами устанавливается путем мареевской воздушной передачи: две капсулы Мареев, поставленные перпендикулярно одна к другой, воспринимают давления соответственно от линеек OD и DP , развивающиеся в то время, как первый пантограф пишет известную фигуру. Капсулы эти каучуковыми трубками соединены попарно с двумя такими же взаимно перпендикулярными капсулами, находящимися в другой комнате и в таких же отношениях

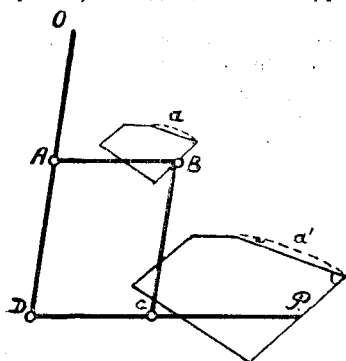


Рис. 73. Схема пантографа.

к соответствующим линейкам второго пантографа. Передача давлений из первой пары капсул во вторую пару капсул сообщит второму пантографу ту же последовательность движений в его плоскости, что производится первым пантографом и, стало быть, второй пантограф будет регистрировать движения руки в виде подобных фигур.

Один из пантографов будет воспринимать и воспроизводить произвольные движения испытуемого субъекта, а другой, в другой комнате и через посредство мареевской воздушной передачи, будет принимать и воспроизводить на бумаге движения

первого пантографа. Пантограф дает возможность уловить движения в двух измерениях. Опыт ведется следующим образом: испытуемого помещают в отдельной комнате и пишут в поле его видения, (например, на стене) цифру «8», при этом его не заставляют ничего делать, а лишь дают ему держать в руках рычаг пантографа. Через некоторое время в другой комнате, где стоит пара капсул Мареев с записывающим пантографом, последний воспроизводит цифру «8». Субъект и сам не знает, что он написал что-то своею рукой, а пантограф уловил бессознательное и произвольное движение, выполненное под влиянием зрительного образа. Тот же результат получается, если испытуемого в той же обстановке заставляют, например, упорно думать о каком-нибудь предмете, хотя бы, например, об определенной цифре. Фигура, напоминающая эту цифру, будет через некоторое время воспроизведена записывающим пантографом.

«Чтение мыслей» основано на улавливании таких несознательных движений, сопровождающих представления. Престижисты пользуются несознательными, подчас очень слабыми мышечными движениями, тренируются в их толковании и потом поражают своих зрителей проницательностью.

Один из зрителей по предложению фокусника задумывает, например, чтобы последний пошел в ту или другую комнату, к такому-то предмету; фокусник должен отгадать эту мысль зрителя. Задумавший кладет руку на фокусника, это и является средством передачи мыслей. Фокусник, на котором лежит рука зрителя, некоторое время стоит спокойно, потом начинает медленно, а затем увереннее и увереннее двигаться именно туда, куда задумал зритель. Публика поражена. В действительности фокусник с самого начала тщательно применяется к легким мускульным возбуждениям в руке задумавшего, делает одно-два пробных движения, если при этом он взял верное направление, то «индуктор» бессознательно подталкивает его, в противном случае бессознательно же слегка задерживает отгадывателя. Вообще индуктор на всем пути бессознательно руководит фокусника своими произвольными, чуть заметными идеомоторными возбуждениями. Из следующего примера это видно с достаточной ясностью. Престижиджигатор предлагает кому-нибудь из публики задумать ту или другую, более или менее известную мелодию; затем задумавший прикладывает пальцы своих рук к шее отгадчика, а последний должен написать отгаданную мелодию мелом на доске. На первый взгляд зрителям показался в особенности поразительным тот факт, что отгадчик одному из задумавших мелодию, после неудачных попыток воспроизвести ее, с досадой сказал: «да вы не играете!» В публике это заявление произвело необычайный эффект, так как действительно задумавший оказался не играющим ни на каком инструменте. На самом же деле здесь не было ничего удивительного, и как раз это-то замечание и объясняет весь процесс «отгадывания»: раз задумавший не музыкант, то у него нет соответствующих, более или менее определенных движений в пальцах для записывания или воспроизведения мелодий, а отгадыватель пользуется именно этими бессознательными идеомоторными реакциями пальцев, которые совершаются у музыкантов при воспоминании известных мелодий. Подобными же бессознательными движениями мимических мышц пользуются гадалки, хиромантки, цыганки и пр.

Все привычные акты выполняются таким механическим путем, ускользающим от нашего сознания, а это имеет вполне определенный смысл, так как если бы высшие сознательно-волевые аппараты постоянно должны были вмешиваться в эти акты, то сознательная сфера была бы чрезмерно отягчена массой мелочной деятельности, и человек был бы всецело поглощен только ближайшей средой и только настоящим моментом времени. В действительности работа сознания и воли

привлекается к делу лишь тогда, когда жизнь наталкивает на новые и неиспытанные комбинации явлений, предстоит сделать выбор между несколькими одинаково возможными родами деятельности и требуется выработать новые приспособления и навыки. Но как только эти новые реакции и движения сделаются достаточно тонко координированными и сложатся в привычные акты, они уходят из сознательно-волевой сферы, погружаются ниже порога сознания и приобретают рефлекторный и инстинктивный характер. Только что родившийся ребенок умеет сосать, и цыпленок, едва вылупившийся из яйца, может встать на ноги, бегать и клевать; общеизвестно, что эти акты не сознательно-волевые, а инстинктивные, унаследованные от предков: лишь у предков в свое время, в периоды выработки этих реакций, они были когда-то сознательными, — допускает эволюционная психология. Собственно сознательно-волевая деятельность начинает вырабатываться у ребенка и цыпленка с развитием больших полушарий, через некоторое время после рождения. Когда ребенок учится ходить и говорить, он на первых порах посылает волевые импульсы, так сказать, наудачу и лишь постепенно начинает различать между получающимися реакциями более целесообразные и более удачные. Отбирая эти более удачные реакции, он как бы ощупью доходит до выработки более или менее координированных движений, его импульсы делаются все более и более тонкими и рассчитанными; и вместе с тем, выработавшаяся и усовершенствованная реакция делается обычной, — становится навыком и опускается под порог сознания. Точно таким же путем складывается и во взрослых годах каждый вновь приобретаемый способ деятельности, и притом, чем менее при выработке жизненных навыков помогают унаследованные инстинкты, тем большее участие в них приходится принимать сознанию и воле, пока новый навык не станет привычным. Когда человек учится кататься на коньках или на велосипеде, то вначале эти виды спорта требуют значительной затраты сознательного внимания, и все-таки в первое время совершается множество ненужных и бесполезных движений, при этом импульсы, так же как и у ребенка, посылаются наудачу. Всякое, даже незначительное, препятствие на пути заставляет начинающего велосипедиста напряженно изыскивать подходящее движение, чтобы сохранить равновесие, которое все-таки зачастую теряется и человек падает или наезжает на препятствие. Всякое неожиданное внешнее впечатление, например, внезапный звук, окрик и т. п., нарушает устойчивость неумелого велосипедиста, так как при этом совершаются рефлекторные дви-

жения. Но по мере разучивания акта езды на велосипеде он более и более совершенствуется, делается привычным и, вместе с тем, переходит в ведение субкортикального аппарата. Велосипедист тогда может ехать, думая о чем угодно, мало обращая внимания на дорогу и на работу своих ног и рук, и равновесие у него сохраняется все время: подсознательная сфера выполняет доступные ей привычные реакции превосходно.

По определению Иоганна Мюллера, упражнение заключается в том, чтобы в ряде действий и иннерваций, направленных на определенную цель, постепенно исключить все излишнее и случайное и ограничить акт только необходимым минимумом движений. Начинаящий писать и с трудом выводящий на бумаге буквенные знаки нередко при писании с усилием выгибает шею, делает гримасы лицом, задерживает дыхание и пр. Дело упражнения — постепенное устранение всех этих побочных и ненужных, неэкономных иннерваций с тем, чтобы акт писания ограничился работой относительно очень небольшой группы мышц руки при покое остального тела.

Если человек, не играющий на рояле, захочет согнуть один только средний палец на руке, то при этом неизбежно придет в движение и четвертый палец. Значит импульсы, посылаемые к сгибателям среднего пальца, распространяются также и на другие мышцы, и получаются так называемые «сочувственные движения». Однако при известном навыке у взрослого, так же как и у ребенка, путем упражнения вырабатывается механизм тонких изолированных движений; импульсы, с одной стороны, стимулируют движения ограниченной группы мышц и, с другой стороны, тормозят сокращение мышц, обычно участвующих в сочувственных движениях. Является возможность производить более тонко изолированные и координированные движения, как, например, поочередное движение в отдельности каждого пальца руки у пианистов.

Подобно тому, при первых восхождениях на гору новички, полные сил, утомляются гораздо скорее, чем какой-нибудь старый, но привычный турист. У человека, не привыкшего к восхождению на горы, совершается множество сопутствующих бесполезных движений; со временем все эти лишние движения постепенно устраняются и получается упрощенный и в то же время полусознательный процесс; и сердце и дыхательный аппарат работают при этом только настолько, насколько это необходимо, т. е. в меру необходимого минимума.

Когда выработанный путем упражнения волевой акт делается привычным, он начинает совершаться уже без участия воли — рефлекторным или идеомоторным путем. Для

пианиста разучивание новой пьесы есть сознательный акт и происходит подчас со значительным напряжением внимания и воли; но по мере того, как разучивание успешно подвигается вперед, исполнение мелодии в значительной степени переводится в подсознательную, рефлекторную сферу: глаза видят ноты, пальцы бегают по клавишам; а пианист в это время может думать и говорить уже о чем-нибудь другом.

ПСИХОФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН ВЕБЕРА-ФЕХНЕРА

Внешние воздействия на наши органы чувств вызывают в нашем сознании известные ощущения, при помощи которых мы ориентируемся среди окружающего нас мира и руководствуемся в своих действиях. По своим ощущениям мы судим о тех или других свойствах окружающей нас действительности, о взаимных соотношениях ее отдельных элементов и об отношении ее к нашему внутреннему миру. В громадном разнообразии ощущений мы разбираемся благодаря группировке и обобщению их в нашем сознании прежде всего по качественному сходству и различию. Мы отличаем, например, обширную группу зрительных ощущений, а среди них выделяем более тесную подгруппу ощущений цветовых, т. е. ощущений белого, красного, синего и др. цветов. В обширной группе слуховых ощущений мы различаем качественно особые тоны, тембры и пр.

Учение об ощущениях относится собственно к главе об органах чувств, — там мы и будем рассматривать их более подробно; здесь же отметим лишь одну общую черту органов чувств и соответствующих им нервных аппаратов — качественную специфичность впечатлений для каждого отдельного высшего органа восприятия. Чем бы мы ни раздражали зрительный орган (световым лучом, давлением на сетчатку, схватыванием нерва пинцетом или действием электрического тока), в результате будет получаться ощущение зрительного качества: впечатление разлетающихся искр, блеска, освещения. Подобно тому самые разнообразные способы раздражения слухового нерва и слухового центра в коре вызывают ощущения все слухового качества — впечатление тонов и шумов. Качественные различия ощущений в значительной степени зависят от особенностей тех нервных аппаратов, в которых ощущения развиваются. Это положение было высказано в 1840 году знаменитым берлинским физиологом Иоганном Мюллером и получило название «закона специфических энергий органов чувств». По смыслу этого закона качество ощущения, родящегося от возбуждения, которое проникло в

организм, зависит собственно от того, к каким *центрально-ым аппаратам* в мозгу проникнет данное возбуждение. Значение же периферического органа восприятия сказывается в том, что в каждом отдельном органе чувств он приспособлен в особенности к определенным внешним раздражителям, т. е. наиболее легко возбуждается каким-нибудь одним определенным видом энергии. Например, периферический аппарат слуха способен возбуждаться колебаниями с длиной волны, приблизительно, от 30 метров (самый низкий звук) до 0,0012 метра (самый высокий звук), зрительный же аппарат воспринимает колебательные движения от 810 миллимикрон (красные лучи) до 380 миллимикрон (фиолетовые лучи). Колебания с длиной волны 70 000—810 миллимикрон, воспринимаемые чувствительным термометром (тепловые лучи), недоступны для нашего аппарата зрения, т. е. не способны его возбудить. «Если бы наши глаза были столь восприимчивы в отношении этих невидимых тепловых лучей, насколько они восприимчивы к лучам световым, то мы, естественно, видели бы тепло так же, как и свет» (Ч. Снайдер). Собственно нерв, как проводник от того или иного периферического органа восприятия к определенному центральному органу в мозгу, несет лишь служебную и пассивную роль проводника и со своей стороны не вносит ничего специфического в проводимое возбуждение (ср. стр. 146 и 150), так что, если бы было можно срастить, например, периферический конец зрительного нерва с центральным концом слухового, то, по всем данным, раздражение сетчатки глаза вызвало бы слуховое впечатление какого-нибудь шума. Качество ощущения определяется в центральном мозговом аппарате, где ощущение складывается.

Кроме *качественного* различия ощущений мы можем различать их еще и количественно; именно: при одном и том же качестве ощущений, может быть различной их *интенсивность*; мы различаем более сильное и яркое освещение от освещения более умеренного и слабого, так же — звуки громкие и резкие от тихих и нежных. По интенсивности ощущения мы судим обыкновенно об относительной силе внешнего раздражителя.

Физиологи и психологи пытались установить, какая же действительная зависимость существует между интенсивностью раздражения и интенсивностью ощущения. Когда в обыденной речи мы говорим, что чем сильнее звук, тем сильнее мы его ощущаем, то мы предполагаем как бы прямую пропорциональность между величиной раздражителя и величиной впечатления: когда сила раздражения возрастает в 2—

3 раза, и сила ощущения возрастает также в 2—3 раза. На самом деле мы не имеем никакой возможности устанавливать такие точные отношения в силе ощущений: «вдвое, втрое сильнее»; мы можем только констатировать, что ощущение, которое мы сейчас переживаем, сильнее чем предыдущее, или слабее, или приблизительно одинаково с ним. Впрочем, некоторые наблюдения дают нам видеть, что между силой раздражения и силой ощущения во всяком случае нет простой пропорциональной зависимости. Одна и та же сила звука, например, громко произнесенное слово, может произвести потрясающее впечатление в ночной тишине и едва различается днем на шумной улице. Также электрическая лампочка в десять свечей может произвести ослепляющее по силе ощущение, когда мы зажжем ее ночью в темноте, но мы почти не заметим ее света в солнечных лучах яркого летнего дня. Значит, когда предыдущие ощущения в данном органе чувств были ничтожны, данная величина раздражения могла произвести впечатление значительной силы, а когда предыдущие ощущения в органе были и без того интенсивны, та же величина раздражения производит ничтожные, едва различимые впечатления. Стало быть, сила ощущения возрастает, во всяком случае, медленнее, чем сила раздражения.

Эрнст Гейнрих Вебер сделал попытку определить более точно, в каком отношении к предыдущему раздражению должно стоять вновь прилагаемое раздражение для того, чтобы впечатление от него могло быть уловлено нашим сознанием. В 1831 году он формулировал свой закон, согласно которому прилагаемое раздражение становится различимо для нашего сознания только тогда, когда оно составит количественно определенную часть от предыдущего раздражения. Так, например, тяжесть гирьки, положенной на руку, производит некоторое уловимое впечатление в сознании лишь тогда, когда вес гирьки составит около $\frac{1}{17}$ от предыдущей тяжести, действовавшей на руку. Если на руку действовал груз в 2 фунта, то мы ощутим увеличение груза тогда, когда вновь приложенная гирька будет весить около 11 золотников. Если же действовавшая тяжесть достигла пуда, то надбавка веса будет уловлена только от груза в 2 фунта 34 золотника.

В опытах Вебера открылся, между прочим, следующий интересный факт: если человек держит отягощаемую руку на весу, от этого постепенное отягощение влияет не на одну только осязательную чувствительность поверхности руки, но также на напряжение мышц, удерживающих руку в согнутом положении, следовательно — на чувствующие аппараты, заложенные в массу мышц; в этом случае способность различения тяже-

стей оказывается значительно выше, чем в том случае, когда рука покоится на подставке и груз действует лишь на осязательную чувствительность ладони. По данным Вебера, в первом случае мы улавливаем нарастание груза на $\frac{1}{17}$ первоначального веса, во втором — только на $\frac{1}{3}$. Таким образом активное участие наших мышц в значительной степени обостряет нашу чувствительность, а значит и способность различения во внешнем мире.

Опыт Вебера можно воспроизвести следующим образом. На ладонь испытуемого субъекта, обращенную кверху, кладется пробковая пластинка так, чтобы субъект не мог видеть, что мы будем делать с его рукой; затем на пробковую пластинку накладываются те или иные гири и разновески. Если мы хотим, чтобы субъект не мог руководиться показаниями своей мышечной чувствительности, а пользовался бы лишь осязанием, в таком случае под руку устанавливается какая-нибудь подставка: например, ладонь тыльной стороной укладывается на стол. Когда же мы хотим, чтобы субъект руководился и осязанием и мышечной чувствительностью, рука его оставляется в согнутом в локте положении на весу. Данные Вебера подвергались неоднократной проверке и оказались правильными для различных видов ощущений, пока раздражения умеренны. Эти данные отмечают, во всяком случае, весьма важный эмпирический факт.

Впоследствии явились попытки вывести из данных, отмеченных Вебером, некоторый более общий закон. Знаменитая попытка этого рода принадлежит Фехнеру (1860). Фехнер сделал допущение, что наименьший, только что различимый прирост ощущения соответствует усилению ощущения всегда на определенную постоянную величину. Тогда положение Вебера приобретает такое значение, что в то время, как сила ощущения возрастает на определенную постоянную разность (в арифметической прогрессии), сила раздражения должна возрастать в определенном постоянном отношении к предыдущему раздражению (в геометрической прогрессии). А так как члены арифметической прогрессии при определенных условиях являются логарифмами соответствующих членов геометрической прогрессии, то формула Фехнера может получить еще такой вид: при постепенном возрастании силы раздражения сила ощущения растет, как логарифм соответствующих численных значений раздражения, т. е. сила ощущения находится в логарифмической зависимости от силы раздражения, — зависимость силы ощущения от силы раздражения может быть представлена в виде логарифмической кривой:

$$E = k \log R + c,$$

где E — интенсивность ощущения, а R — сила раздражения.

Пример такой кривой представлен на рис. 74. Начерченная кривая удовлетворяет уравнению: $E = \log_2 R$; по оси абсцисс отложены силы раздражения, ординаты представляют соответствующие силы ощущения. Раздражение начинает вызывать заметное ощущение лишь с того момента, как оно достигнет некоторой достаточной величины, подобно тому, как нервно-мышечный препарат начинает возбуждаться от прикладываемого раздражения только с того момента, как раздражение достигнет «порога». В данном случае мы говорим о

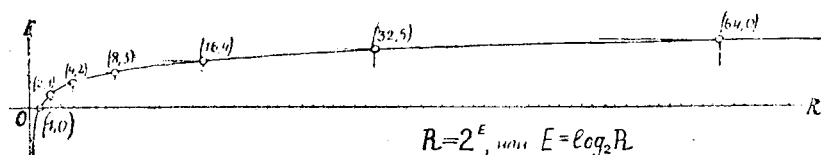


Рис. 74. Примерная логарифмическая кривая.

«пороге ощущения». На приведенной кривой порог соответствует раздражению, едва превышающему 1, ибо если $R=1$, то $E=0$. Когда раздражение возрастает до 2, 4, 8, 16, 32, 64..., сила ощущения растет соответственно до 1, 2, 3, 4, 5, 6... Стало быть, для того чтобы сила ощущения возросла от 2 до 3, требуется усилить раздражение с 4 до 8; для того же, чтобы сила ощущения поднялась от 5 до 6, требуется усилить раздражение уже с 32 до 64, — так относительно медленно растет ощущение при постепенном усилении раздражения.

Изложенная зависимость ощущения от раздражения, так называемый «психофизический закон» Фехнера — формулируется еще так: *ощущение пропорционально логарифму раздражения*.

Мы видели, что выкладка Фехнера исходит из определенного допущения, принятого на веру, именно: будто всякое осязаемое приращение в силе ощущения есть, для каждого вида ощущения, величина определенная и постоянная. Отсюда-то и открывалась кажущаяся возможность измерять силу ощущения некоторой единицей, так что если, например, начиная от порога при постепенном росте раздражения, мы заметили усиление ощущения, положим N раз, — это значило, что в конце опыта общая сила ощущения оказывалась равной N единицам. Как только мы допустим сомнение в закон-

ности этой вполне произвольной предпосылки Фехнера, так поколеблется и теоретическое значение психофизического закона. Практического значения в науке этот закон также не имел. Важной и интересной остается та эмпирическая зависимость между силой раздражения и нашей способностью различения, которая замечена со времен Вебера в пределах несильных и умеренных раздражений. Заслуга Фехнера заключается главным образом в том, что он с необыкновенным трудолюбием и тщательностью разработал экспериментальные средства для проверки зависимости Вебера в области различных ощущений и сделался одним из основателей экспериментальной психологии.

Сама по себе абстрактная формула психофизического закона многим представлялась очень заманчивой. Фехнер считал, что ею разрешается древняя философская проблема об отношении «физического» к «психическому». Другие авторы указывали, что она имеет чрезвычайно широкое применение в душевной жизни, даже в области высших нравственных и общественных чувствований. Приводили такой пример: если мать пятерых детей потеряет одного из них, она не испытывает такого острого горя, как мать, утратившая своего единственного ребенка. Если нищему подадут гривенник, он этому очень обрадуется, тогда как миллионер не обратит никакого внимания, если его капитал возрастет на десять рублей. Само собою разумеется, что все это лишь сравнения и параллели, и сколько-нибудь обязательного значения в этих областях психической деятельности психо-физический закон не имеет. Очень часто мы наблюдаем, что мать многочисленного семейства оказывается более любвеобильной к детям, чем мать одного ребенка, в котором видит стеснение свободы в своих удовольствиях. С другой стороны, есть много очень богатых людей, которые, подобно Плюшкину, испытывают истинную радость при появлении всякой новой копейки в их кошельке.

Некоторые физиологи пытались распространить логарифмическую зависимость на все вообще соотношения между раздражением и возбуждением в живом веществе, начиная с наиболее простых препаратов и организмов. В этом отношении интересно указание Пфеффера, что сперматозоиды папоротника возбуждаются яблочной кислотой в смысле положительного хемотаксиса (плавая в воде, они энергично устремляются к пункту, в котором опущена капля яблочной кислоты), причем сила этой реакции пропорциональна логарифму концентрации кислоты. Мы знаем, что и на нервно-мышечном препарате наблюдается нечто подобное: при по-

степенном усилении раздражения возбуждение мышцы возрастает относительно довольно быстро только около порога раздражимости, дальнейшее же усиление возбуждения становится все менее и менее заметным (см. стр. 58). Но мы знаем также, что, усиливая раздражение сверх известного предела, мы получим уже не усиление возбуждения, хотя бы и слабое, но, напротив, ослабление возбуждения, так что для нервно-мышечного препарата имеется определенный оптимум силы раздражения, а, стало быть, логарифмическая зависимость между раздражением и возбуждением уже не выдерживается. Совершенно также в опытах Пфедффера некоторое чрезмерное усиление концентрации одного и того же вещества может превратить положительный хемотаксис организмов в хемотаксис отрицательный; иными словами, и здесь имеется определенный оптимум силы химического раздражения, а следовательно, логарифмическая зависимость не выдерживается. Логарифмическая кривая не имеет критических точек и, стало быть, не предусматривает возможности оптимума.

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПСИХИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Интересно решить вопрос, с какой быстротой совершаются реакции в центральной нервной системе, т. е. с какой скоростью передаются в центрах нервные импульсы.

Задолго до того как этим вопросом занялись физиологи, заинтересовались им астрономы. Для них было важно как можно точнее отмечать время прохождения звезды через меридиан места наблюдения. Уже небольшие неточности при этих определениях вели к значительным ошибкам в дальнейших результатах по определению места светила на звездной карте. Между тем, было давно замечено, что если несколько лиц наблюдают один и тот же момент, всегда получается некоторая и довольно значительная разница в отметках времени (иногда до одной секунды), причем это обстоятельство не могло быть объяснено случайными причинами, как, например, рассеянностью или небрежностью наблюдателей. Знаменитый астроном Фр. Вильгельм Бессель высказал предположение, что вариации в определении времени зависят от некоторых постоянных физиологических условий и подтвердил свое предположение опытным путем: вместе с другим астрономом он предпринял ряд одновременных определений через трубу, у которой был один объектив и два окуляра, причем каждый из наблюдателей отмечал свои данные по одним и тем же часам; результаты определений оказались различными, притом результаты одного наблюдателя отличались от

результатов другого постоянно в одну и ту же сторону, так что стало возможным согласить данные того и другого, внося в них постоянные «личные поправки».

Наблюдения и данные астрономов дали повод Гельмгольцу к изучению скорости нервного проведения (см. стр. 99—105). Методы, примененные Гельмгольцем для периферического нерва, были приложены потом к исследованию проведения через рефлекторную дугу и высшие центры. Дело, вообще говоря, сводится к следующему: испытуемому субъекту наносится известное раздражение, например, перед его глазом сверкает электрическая искра или на его палец действует индукционный удар; в то же мгновение отмечается время на хроноскопе. Затем субъект производит мускульную реакцию на раздражение, и момент этой реакции также отмечается на хроноскопе автоматически. Промежуток между двумя отметками хроноскопа и составляет время от момента раздражения до момента реакции, так называемое «время реакции» (Reaktionszeit).

Часть этого времени расходуется на проведение возбуждений собственно по нервным стволам — чувствующим и двигательным. Зная приблизительную длину этих периферических проводников и скорость проведения по ним, можно вычислить, какое время требуется на течение реакции в самом центральном аппарате. Это вычисленное время развития реакции в центрах называется «приведенным временем реакции».

Утрехтский физиолог Дондерс производил определения времени реакции для различных органов чувств, вводя, вместе с тем, в условия раздражения различные осложняющие моменты; например, он определял, насколько быстро человек реагирует на самое простое слуховое впечатление, затем повторял тот же опыт с более сложным слуховым впечатлением, где нужно, например, различить тот или другой определенный звук и т. п. Венский физиолог Экснер также производил немало исследований в этой области. Выяснилось, что скорость психических реакций у разных людей и для разных возрастов — различна; дети и старики, вообще говоря, реагируют медленнее, чем люди среднего возраста. Кроме того, для различных органов чувств реакции протекают с различной скоростью. Большинство людей реагирует на слуховые восприятия скорее, чем на зрительные и осязательные, а на эти последние — скорее, чем на обоняние и вкус. Средние величины времен реакций таковы: на слух около 0,15 сек., на осязание около 0,17 сек., на зрительное впечатление около 0,2 сек., на обоняние 0,24—0,29 сек. Путем постепенного уп-

ражжения можно значительно сократить время реакции. В смысле сокращения же времени влияет напряжение внимания. При этом обнаружился интересный факт, что если внимание подопытного субъекта направлено на двигательную реакцию, которую он должен выполнить, то время реакции будет значительно короче, чем в том случае, когда внимание сосредоточено на ожидаемом раздражении, например, на каком-нибудь условленном заранее сигнале. В первом случае Ланге нашел среднее время реакции 0,123 сек., во втором, при прочих равных условиях, 0,23 сек. Время реакции у людей сангвинического темперамента оказалось неожиданным образом длиннее, чем у меланхоликов. Это объясняется тем, что сангвиники часто отличаются рассеянностью и нерешительностью в критический момент.

Крепелин исследовал, какое влияние оказывают алкоголь и морфий на скорость психических реакций. Оказалось, что эти факторы могут несколько ускорять реакцию, а затем значительно замедлять ее, в зависимости от стадии отравления организма. Субъективная оценка скорости реакции, при приеме алкоголя, не соответствует действительности. В одном случае в нормальном состоянии исследуемый субъект реагировал на раздражение через 0,19 сек., а после того как он выпил 2 бутылки рейнского вина, время реакции на то же раздражение у него было равно 0,29 сек. При этом испытуемый уверял, будто бы во втором случае он реагировал лучше и скорее, но это выражалось только в том, что он сильнее стучал по электрическому ключу, которым отмечалось время на хроноскопе. Напротив, при уравновешенном состоянии нервной системы человек способен различать промежутки времени со значительной точностью. Так, подопытный субъект в одном случае говорил, что реагировал быстро и хорошо, а в другом — плохо, при этом объективные цифры для первого случая оказались 0,178 сек., а для второго случая — 0,199 сек.: следовательно, в нормальных условиях субъект был способен заметить разницу еще в 0,02 секунды.

В качестве хроноскопа в опытах, о которых идет речь, употребляются чаще всего так называемые *часы Гиппа*. В этих часах имеется два циферблата, на одном стрелка отмечает десятые доли секунды, на другом — тысячные. Стрелки эти двигаются не постоянно, а только в то время, как они вводятся в соединение с часовым механизмом, имеющимся внутри прибора. Введение же стрелок в соединение с внутренним часовым механизмом достигается при помощи электромагнита, который в момент своего намагничивания надвигает механизм стрелок на оси часового механизма, в момент

же размагничивания опять освобождает их от влияния часового механизма. Обмотки электромагнита вводятся в гальваническую цепь, которая замыкается в момент нанесения раздражения и размыкается в момент начала реакции у подопытного субъекта. Следовательно, стрелки часов будут двигаться и отметят соответствующий промежуток времени только с момента раздражения до момента начала реакции.

Другой, более сложный и кропотливый, но зато и более точный способ измерения времени реакции пользуется, в качестве хроноскопа, *электромагнитным отметчиком, пишущим на вращающемся цилиндре кимографа доли секунды*. В цепи отметчика ставится камертон, настроенный на определенный, более или менее высокий, тон; камертон этот производит соответствующее число колебаний в 1 секунду и столько же перерывов тока, действующего на отметчик. Если камертон настроен на 500 колебаний в 1 сек., это значит, что наш отметчик способен зарегистрировать на цилиндре 0,002 секунды и может служить для измерения времени с соответствующей степенью точности. В цепи камертона и отметчика ставятся два ключа; когда подопытному субъекту наносится раздражение, то одновременно автоматически замыкается ток в нашей цепи при помощи первого ключа, а когда подопытный субъект начинает реагировать, — ток размыкается при помощи второго ключа. Таким образом электромагнитный отметчик будет работать и записывать на цилиндре маленькую синусоиду только в промежуток времени от момента раздражения до момента реакции. В остальное время перо отметчика чертит на цилиндре просто прямую линию. Если перо запишет во время опыта, скажем, 68 колебаний, а в цепи, как сказано, стоял пятисотенный камертон, это будет значить, что время реакции длилось 0,136 сек. При обыкновенном сотенном камертоне 14 колебаний отмечают 0,14 сек.¹

Изложенным способом можно производить определения времени и значительно более сложных реакций, когда к делу привлекаются различные высшие мозговые центры, например,

¹ Инертная масса камертона не сразу раскачивается под влиянием тока; поэтому если бы камертон получал ток только в момент начала времени реакции, и этот ток всякий раз прекращался бы с концом времени реакции, то опыт был бы весьма неточен: отметчик давал бы время всегда значительно меньшее действительного времени реакции, т. е. время реакции минус время, затраченное на раскачивание камертона. Чтобы избежать этого, камертон снабжается, *помимо цепи отметчика*, в которой производятся определения времени реакции, *еще побочной цепью*, которая поддерживает колебания камертона в периоды, промежуточные между определениями времени реакции. Сопротивления в той и другой цепи подбираются одинаковые.

когда реакция предполагает со стороны подопытного субъекта известное различие, обсуждение и выбор. Субъект, например, предупреждается, что он будет видеть несколько разноцветных сигналов, но реагировать должен лишь при появлении зеленого. По определениям проф. Каттеля, прирост времени реакции, требующегося для различения сигналов разного цвета, достигает около 0,105—0,117 сек. Если подопытный субъект предупреждается, что перед его глазами пройдут вразбивку буквы азбуки, реагировать же он должен только тогда, когда появится, например, буква «Щ», то для такого различения потребуется также удлинение времени реакции приблизительно на 0,119—0,116 сек. Для такого же различения целого слова из ряда других слов, по данным того же исследователя, требуется удлинение времени реакции на 0,118—0,158 сек., в зависимости от длины слова и степени знания языка, из которого слова взяты. Каттель обращает внимание на то обстоятельство, что различение цельного слова требует немногим больше времени, чем различение отдельной буквы; отсюда следует, что при различении слов мы не производим различения в отдельности каждой его буквы, но берем слово целиком, как один образ.

Немалый интерес представляют определения времени ассоциации представлений. Подопытному субъекту говорят то или иное слово, — это и соответствует моменту раздражения. Реагировать же субъект должен тогда, когда в его сознании всплывает представление, связанное со слышанным словом. Можно таким образом исследовать ассоциации по сходству и различию представлений, затем по соподчинению их, по степени общности, когда подопытному субъекту задается вызвать в уме имя класса, к которому принадлежит названный предмет, или, наоборот, ему задается назвать какой-нибудь частный пример к общему имени, которое сказано. Например, субъект слышит слово «цветок»; реагирует же, когда в его сознании явятся имена: «василек», «незабудка»... или субъект слышит: «Галич», реагирует же, когда в его сознании явится: «город». В опытах четырех экспериментаторов время реакции по ассоциации оказалось: 1,009; 0,896; 1,037 и 1,154 сек. Чтобы из этих цифр получить «истинное время ассоциации», надлежит, по Вундту, вычесть из них время простой реакции на слуховое восприятие и время, потребное на воспризнание слова (т. е. по Вундту, так называемое «время апперцепции») у того же субъекта. Самое короткое время ассоциации было таким образом определено в лаборатории Вундта в 0,341 сек. В известных условиях ассоциации могут значительно ускорять течение реакций. По на-

блюдениям Каттеля «требуется вдвое больше времени для того, чтобы прочитать вслух как можно скорее бессвязный ряд слов, чем для того, чтобы прочитать ряд слов, составляющих осмысленные фразы, и вдвое больше времени для того, чтобы прочитать бессвязный ряд букв, чем для того, чтобы прочитать ряд слов».

Чтобы отличить во времени реакции тот период, который приходится собственно на психический акт, т. е. на работу собственно центрального аппарата, исключается, как мы видели, приблизительное время, потребное на проведение возбуждения по нервным стволам от периферии к центрам и от центров к периферии. Но и в том остатке, который получится за этим исключением, т. е. в так называемом приведенном (или редуцированном) времени реакции авторы различают несколько моментов: время собственно восприятия нового впечатления в сознании (перцепция), время воспризнания этого впечатления в связи с предыдущими сходственными и различными (апперцепция) и время возникновения волевого импульса к реакции. На основании наших общих представлений о строении и работе центрального нервного аппарата, надо предположить, конечно, что требуется особое время для прохождения возбуждения (скажем, слухового) через соответствующие центры продолговатого и среднего мозга, особое время для передачи отсюда в кору полушарий, затем особое время для совместной работы кортикальных центров — ассоциативных и сенсомоторных и, наконец, особое же время для передачи возбуждения из коры к двигательным аппаратам мозговой оси.

Само собой понятно, что установить в отдельности, сколько времени требуется на каждый из этих моментов в течение психической реакции, чрезвычайно затруднительно. Неудивительно, что попытки измерения в отдельности, например, «времени апперцепции» дают у различных авторов и для различных субъектов цифры очень различные. В самих этих различиях перцепции и апперцепции есть немало условного. Во всяком случае общие результаты описанных измерений имеют совершенно определенный смысл: если раньше предполагали, что психические процессы совершаются неизмеримо быстро, то после экспериментального исследования этой области, оказалось, что они протекают во времени не только с измеримой скоростью, но притом со скоростью незначительной, по сравнению со многими физическими процессами, как, например, с распространением света и электричества.

СОН НОРМАЛЬНЫЙ И ГИПНОТИЧЕСКИЙ

Явление нормального сна связано с временным функциональным изменением в нервных центрах. С давних пор его рассматривают, как отдых нервной системы; он служит также, несомненно, отдыхом и для прочих органов тела. Сон — явление, общее всем животным: все животные время от времени впадают в состояние, если не настоящего сна, то, во всяком случае, состояние, аналогичное ему. Правда, травоядные животные как будто не имеют сна в собственном смысле, однако и у них существует состояние сонливости; лошади впадают в это состояние большей частью, стоя на ногах, в стойле или в поле; коровы испытывают его же, лежа на боку, во время жвачки. Лошади во время продолжительных переездов с малыми остановками, достаточными только для кормежки, повидимому, могут не спать очень долгое время; но на самом деле они в это время спят на ходу. Подобное состояние частичного сна можно наблюдать иногда и на сильно утомившихся людях, например, во время продолжительных военных переходов солдаты зачастую спят, идя в строю; конные почтальоны спят верхом на лошади, а ямщики, сидя на козлах.

У других животных наблюдается, наоборот, периодическое наступление чрезвычайно глубокого и продолжительного сонного состояния, как, например, зимнее оцепенение сурков, сонь, барсуков, зимняя спячка медведя, хомяка и белок. В состоянии, подобном глубокому сну, переживают неблагоприятные времена года также пресмыкающиеся и амфибии.

Мы знаем из самонаблюдения, что, по мере засыпания, наш психический мир постепенно суживается, — все труднее и труднее протекают ассоциации представлений, угасают восприятия органов чувств, — прежде всего, зрения, затем слуха и, наконец, осязания. Но усыпление органов чувств может все время оставаться неполным: при так называемом частичном засыпании человек продолжает бодрствовать по отношению к определенной сфере восприятий; например, спящая около ребенка мать не чувствительна к постороннему, даже очень сильному шуму, но стоит пошевелиться или заплакать ребенку, как она тотчас же просыпается; мельник спит под грохот жерновов, но тотчас просыпается, как только жернова начинают работать впустую и надо засыпать зерно. Привычное внимание матери на ребенка и мельника на ходе помола продолжает быть более или менее бдительным и во сне. Ямщик спит на перегоне, и множество впечатлений до его сознания не доходит, но у него рождаются все время им-

пульсы, необходимые для поддержания равновесия тела на облучке.

Во время глубокого сна человек оказывается, можно сказать, изолированным от внешнего мира: впечатления, рождающиеся в органах чувств и доходящие до центров низшего порядка (что и играет свою роль при сновидениях), не достигают до сферы сознания, как будто органы чувств во время сна разобщены от центров сознательной сферы. Головной мозг во время сна снабжается кровью менее обильно, — кровяное давление понижается. Это можно наблюдать на раненых людях со вскрытым черепом, — у них мозг во время глубокого сна спадается, заметно для глаза уменьшается объем его, и вновь увеличивается при пробуждении. Впрочем, в нормальных условиях, при целостности черепной коробки, вероятно, не происходит такого спадания мозга, так как давление в черепной полости, падающее, благодаря изменению кровонаполнения сосудов, выравнивается притекающей сюда цереброспинальной жидкостью.

Во время сна многие органы, если не совершенно прекращают, то во всяком случае значительно понижают свою деятельность. Поэтому животные и человек, готовясь ко сну, ищут такого положения тела, чтобы мышцы по возможности не производили работы; обыкновенно животные перед засыпанием ложатся, так как при этом мышцы могут быть в наиболее расслабленном состоянии; очень немногие мышцы остаются в некотором напряжении, как, например, внутренние и верхняя прямые мышцы обоих глаз, благодаря сокращению этих мышц зрительные оси во время сна сведены.

В то же время понижается деятельность дыхательного аппарата — уменьшается число и глубина дыханий, самый тип дыхательных движений несколько изменяется. Во время наиболее глубокого сна, в особенности у детей и у стариков, в дыхательном ритме наблюдается известная периодичность: дыхательные движения постепенно ослабевают, так что появляется группа чрезвычайно ослабленных влываний и выдыханий, а затем следует снова группа более энергических движений грудной клетки, и так во все время глубокого сна происходит периодическая смена ослабленных и более сильных дыхательных движений. Кроме того, во время сна в значительной степени ослабевает деятельность диафрагмы и дыхание, по типу своему, становится по преимуществу грудным.

Далее, понижается деятельность сердца, его удары становятся реже и слабее.

Уменьшается отделение железистых органов; особенно это заметно при насморке: обильное при бодрствовании отде-

ние слезы из катаральной слизистой оболочки носа и частое рефлекторное чихание прекращается во время сна. Отдельная способность слюнных желез и слизистой оболочки рта уменьшается; вследствие этого во рту человека, пробудившегося от глубокого сна, наблюдается значительная сухость. Отделение слюны прекращается; дети говорят перед засыпанием, что у них «песок в глазах», отмечая сухость оболочек глаза, и усиленным потиранием глаз инстинктивно усиливают секрецию слезных железок и конъюнктивы: механическое раздражение роговицы рефлекторно повышает деятельность слезоотделения. Экскреция мочи во время сна тоже уменьшается — человек спит часов восемь и больше, и за это время не происходит процесса мочеотделения, тогда как днем за такой промежуток отделение мочи происходит несколько раз. Можно сказать, что и деятельность пищеварительного канала понижается: отделение пищеварительных соков более вялое и менее обильное, ослабляется также перистальтика кишок. Поэтому не рекомендуется ложиться спать с наполненным желудком. Отдыхает также сосудодвигательный аппарат; известно, что во время глубокого сна у человека бледнеет лицо; это указывает на меньший приток крови к голове. Правда, под влиянием тех или иных грез лицо спящего может покраснеть, да и во время спокойного сна у разных людей наблюдаются в этом отношении известные вариации. Когда человеку приходится спать немного и организм привыкнет к краткому сну, надо думать, сон должен быть более напряженным, процесс обновления тканей должен совершаться более энергично, — и тогда приток крови к мозгу, вероятно, должен быть значительнее. У людей с более продолжительным периодом сна все процессы идут более вяло, и у них лицо во время сна значительно бледнеет.

Производились исследования, в какой зависимости стоит глубина сна от его продолжительности. При этом в качестве мерила пользовались силой звука, способного разбудить спящего. Человека в разных стадиях сна пробуют будить звуком той или иной силы и определяют таким образом минимальную силу звука, которая будит человека через 1, 2, 3 и т. д. часов сна. Из сопоставления этих минимумов строится кривая, характеризующая глубину сна на разных его стадиях. Оказывается, что глубина сна возрастает сначала очень быстро, затем, приблизительно через час, она достигает максимума, держится на этой высоте недолго, довольно быстро падает и затем, приблизительно с третьего или четвертого часа сна, постепенно и медленно ослабевает, вплоть до пробуждения. (См. рис. 75, сплошная кривая). Некоторые авто-

ры предполагают, впрочем, что такая картина не обязательна для всех людей. С другой стороны, «глубина сна», в смысле большей или меньшей затруднительности пробуждения от звукового раздражения, может быть непропорциональна степени освежающего влияния сна. Если бы это было так, то недоспать 4—5 часов за ночь не имело бы почти никакого значения, ибо начиная уже с четвертого часа глубина сна ничтожна. На самом деле мы по опыту знаем, что недосыпание 2—3 часов за ночь уже очень ощутительно и иногда на целый день. Наконец, глубина сна в вышеприведенном значении слова может иметь у некоторых людей не один максимум, а два; помимо максимума в начальные часы сна у некоторых людей был обнаружен вторичный максимум, часа за 2 до пробуждения. Этот вторичный максимум был найден у людей с некоторыми функциональными расстройствами в нервной системе и, возможно, что именно для так называемых «нервных людей» в особенности важно досыпание в последние часы ночи (см. рис. 75, пунктирная кривая).

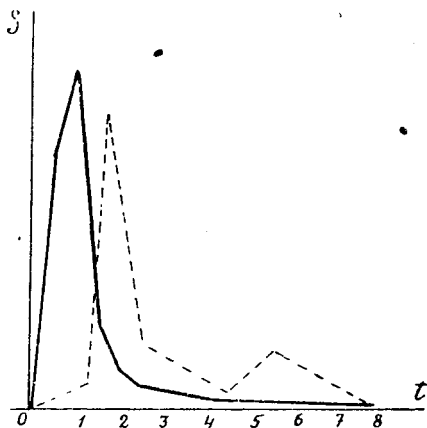


Рис. 75. Кривые глубины сна.

По оси абсцисс отложено время (в часах) с момента засыпания; ординаты обозначают интенсивность звука, необходимого для пробуждения. Сплошная кривая — по Кольшюттеру, пунктирная — по Мёнингофу и Писбергелу. Последняя кривая, с характерным вторичным углублением сна под утро, считается некоторыми авторами типической для неврастеников.

Психическая жизнь во время сна не прекращается, она выражается в *сновидениях*. Впрочем, наиболее глубокий сон не сопровождается сновидениями; они появляются большей частью в последние часы сна, когда он становится все более и более поверхностным. Может быть, на них возможно смотреть, как на начинающееся пробуждение деятельности головного мозга, когда возбуждения из органов чувств и из субкортикальной сферы начинают частично достигать коры полушарий. Если присмотреться к содержанию сновидений, в них можно усмотреть те же законы ассоциации представлений и те же логические пути суждений, которые известны бодрствующему сознанию; подчас это простое повторение, с небольшими вариантами, того, что действительно пережито з

прошлом. Но в связи с прекращением нормальных восприятий из зрительной и слуховой сферы, во сне значительно тускнеет представление о пространстве и времени и, вследствие этого, смена картин и образов в сонных грезах приобретает обрывочный и фантастический характер. Сонная фантазия не связана законами непрерывности в пространстве и времени. Определяющее, объективное значение для содержания и характера сновидения имеют, повидимому, впечатления общего чувства и эмоциональное настроение спящего, — фабула сновидения является лишь их иллюстрацией. Поэтому-то, исследование сновидений дает иногда ценный диагностический материал врачу, исследующему душевное состояние больного. «Почти всякая эмоция, — говорит Сикорский, — связана с известной фабулой, и хотя концепция фабулы представляется нередко ничтожной и ребяческой, сопровождающая ее эмоция может быть живой и глубокой. У больных с измененным настроением духа, в особенности перед помешательством, сновидения имеют тревожный характер и сопровождаются более или менее сильными аффектами — стыдом, ужасом, отчаянием...».

Дальнейшей характерной особенностью сновидений оказывается относительная узость сферы представлений, которая вовлекается в ассоциации спящего: с появляющимся в поле сознания образом или представлением сонная психика ассоциирует гораздо менее смежных представлений и данных, чем это было бы сделано в бодрственном состоянии; благодаря этому спящий может говорить с другом, совершенно не принимая в расчет имеющегося в его мозгу сведения об этом друге, что он умер несколько лет тому назад. Относительная бедность действующих образов и впечатлений в спящем сознании может иногда послужить благоприятным условием для того, чтобы в мозгу окончательно выяснилась та или иная идея, уже давно вынашиваемая в душе, но заслоняемая в бодрственном состоянии текущими делами обыденности. Рассказывают, что Кекуле уловил абстрактную схему преобразования трех частиц ацетиленового бензольного кольца именно в сонной грезе. Разумеется, все данные для этой схемы были выношены автором заранее, и только сама она, как бы заслоняемая чем-то при дневном многообразии впечатлений, блеснула впервые перед сознанием со всей ясностью во сне. Приводят случаи, когда таким же образом математики улавливали во сне окончательные пути разрешения тех проблем, которые занимали их внимание в предыдущие дни. Вольтер видел во сне новый вариант своей «Генриады», а Тартини записал некоторые свои сонаты так, как услышал их

во сне сыгранными кем-то другим. Фабула сна очень часто является лишь известным, более или менее фантастическим толкованием переживаемых во сне ощущений. На спящую даму из пульверизатора прыскают водой, и она во сне говорит: «идет дождь, надо взять извозчика»; когда ей подносят к носу духи, она говорит: «ах, какой скверный запах в этом месте». Другой пример: у спящего озябли ноги, а ему снится, что он ходит по воде, росе и т. п. У А. Толстого описывается подобное сновидение в стихотворении «Сон статского советника Попова»; вероятно, что у Попова озябли ноги, и оттого сон приобрел такую фантастическую форму: ему грезилось, что он пришел на прием к министру, и тут оказалось, что на нем не имеется панталон, так что приходилось в трепете прятать свою фигуру за других. Когда наступает приступ астмы во время сна, русский крестьянин грезит, что его душит домовой, а какой-нибудь англичанин, привыкший путешествовать, видит при этом сон, будто на него набросилась и хватается за горло громадная обезьяна. При сердцебиениях школьнику снится, что его вызвали отвечать, а он не может вспомнить урока; человеку другого положения снится при этом, что он опоздал на поезд или падает с горы. В зависимости от индивидуальных привычек, от темперамента, от рода занятий и от общего мировоззрения восприятия и впечатления во время сна вызывают у человека различные картины и настроения. Замечательно еще и то, что чем глубже сон, тем из более ранней жизненной поры приходят ассоциации и толкования впечатлений, как будто при неглубоком сне затрагивается лишь более поверхностный слой воспоминаний, а при глубоком сне получают толкования из сферы более глубоких, давно отложенных впечатлений. У наших крестьян сложилось поверье, что если приснятся давно умершие родители, то это значит, что быть дурной погоде; в этом, пожалуй, есть свой смысл, так как перед дурной погодой обыкновенно бывает состояние более глубокой сонливости, которая и характеризуется образами, vyplывающими во сне из давно пережитого. Говоря вообще, во всех приведенных примерах сновидений мы видим как бы частичное бодрствование сознания, но бодрствующая часть сознания, которая привлекается во сне к толкованию текущих впечатлений и ощущений, относительно очень узка, ассоциации движутся в тесных пределах, и этим определяется оторванность сновидений от действительности и их крайняя субъективность.

Существует несколько опытов физиологического объяснения состояния сна, но, в сущности, удовлетворительной теории пока нет. Пфлюгер предполагал, что сон сводится на

разобщение органов чувств от центров высшего сознания в коре. Засыпая, мы стараемся отстранить от себя всякие внешние впечатления и, если окружающий мир не действует на внутренний мир человека, то человек впадает в сон. В пользу этого говорят некоторые наблюдения. В практике известного клинициста Штрюмпеля был пациент с полной анестезией кожи и со значительными дефектами в сфере высших органов чувств, так что с внешним миром сознание его сообщалось при помощи только двух «окон» — одного глаза и одного уха. Когда этому субъекту закрывали здоровый глаз и затыкали действующее ухо, — чему он очень сопротивлялся, — то пациент быстро впадал в сон. Вначале он как бы удивлялся внезапному выпадению впечатлений, точно не мог понять, что с ним сделали; он выражал беспокойство, колотил себя кулаками, как бы желая вызвать выпавшие впечатления из внешнего мира; но затем быстро засыпал и просыпался лишь тогда, когда ему открывали глаз и ухо.

Случай Штрюмпеля как будто является подтверждением теории Пфлюгера: стоит лишь разобщить у человека центры сознания с внешним миром, и человек засыпает. Но такое толкование сна является недостаточным. Известны случаи, когда люди засыпают под грохот пушек, под барабанный бой, на ходу во время похода. Каким образом в этих случаях можно было бы допустить отобщение высших мозговых центров от возбуждений, идущих из органов чувств? Думали объяснить это как следствие утомления нервных центров. Действительно, сон тем быстрее наступает и тем он глубже, чем более человек утомлен. Физиологи предполагают, что в организме при нормальной деятельности его постоянно накапливаются продукты распада и вредные для центральной нервной системы вещества («токсины утомления»). Накопившись в значительном количестве, вещества эти производят своего рода наркоз нервных центров. За время сна продукты распада и вещества утомления перестают накапливаться, а те, которые накопились, вымываются кровью, разрушаются или нейтрализуются, соединяясь с другими веществами, и как только вещества утомления перестанут действовать на нервную систему, так прекращается и сон. Все сводится, стало быть, на наркотическое влияние веществ утомления на нервные центры. Исследователи путем вытяжек пытались найти такие «утомляющие вещества», подобно тому, как были выделены токсины, вызывающие утомление в мышцах. Однако до сих пор не удалось выделить и указать определенным образом вещества этого рода, т. е. специфические наркотики нервных центров, вырабатывающиеся в самом организме при нормальной работе.

Существует еще своего рода гистологическая теория сна, опирающаяся на невронную теорию строения нервной системы. По воззрениям некоторых авторов, протоплазматические отростки нервной клетки и концевые разветвления аксонов обладают подвижностью, — способны изменять свою форму, удлиняются, втягиваются и т. д.; в зависимости от этого изменяется взаимное отношение нейронов, т. е. то устанавливается более или менее тесный контакт между группами нейронов, то он прекращается или заменяется контактами с новой перегруппировкой нервных единиц (ср. выше, стр. 160). Предполагают, что во время сна концевые разветвления осевых цилиндрических отростков одних клеток отходят от дендритов других, благодаря чему нервные центры разобщаются между собой, и тем устанавливается преграда для передачи возбуждений с одних нервных аппаратов на другие. Если стать на эту точку зрения, возможно допустить, например, что нейроны разобщаются целиком или частично в высших центрах сознательно-волевой жизни, в тех центрах, которые мы называли ассоциативными, затем в кортикальных центрах зрения, слуха и т. д., тогда как субкортикальные аппараты еще способны функционировать. С разобщением нервных единиц в коре большого мозга впечатления от внешнего мира перестают получать психическую обработку. Если представить себе, что ассоциативные, зрительные и слуховые центры коры частично бодрствуют, но в очень узких пределах, субкортикальные же аппараты органов чувств разобщены от коры полушарий, то мы и получим ту картину, когда слабые внешние раздражения, вызывающие во время сна те или другие рефлексy, не доходят до мозговой коры; в коре бродят частичные ассоциации прежних впечатлений, а двигательные импульсы, возникающие в коре под влиянием сновидения, не доходят до спинномозговых центров или же доходят до них в очень ослабленном виде: спящему человеку кажется во сне, что он сделал очень сильное движение, что он бежал и кричал; проснувшись же он убеждается, что на самом деле почти никакого движения с его стороны не было, и идеомоторный акт, освободившийся во время сна, был едва замечен внимательному наблюдателю. Более сильные внешние раздражения способны привести в движение отростки нервных клеток и восстановить контакты между ними в более широких областях, — тогда наступает пробуждение.

Эта теория красива и кажется заманчивой по своей простоте. К сожалению, сама невронная теория встречает в последнее время существенные возражения со стороны ученых, способность движения нервных отростков и разветвлений не

может считаться доказанной, и изложенное учение остается не более, как очень схематической гипотезой.

Гипнотический сон рассматривается, как модификация сна нормального, некоторые же авторы видят в нем скорей патологическое состояние. Вызывается он не только на людях, но и на животных. На животных его описал в семнадцатом веке Швендтнер, а затем аббат Кирхнер под именем «*Experimentum mirabile*». По описанию последнего, если у курицы связать крылья и ноги, положить животное боком на стол, вы-



Рис. 76. Гипноз раков.

тянув ему шею так, чтобы клюв прикоснулся к поверхности стола, и провести затем мелом прямую черту от клюва по столу, то курица остается лежать в этом положении и после удаления повязок. Кирхнер объяснял это тем, что курица воображает, будто она привязана к столу той белой линией, которая проведена от ее головы. Но оказывается, что не нужно ни накладывать повязок на курицу, ни проводить черты по столу, достаточно поддержать животное в одном, более или менее необычном для него, положении некоторое время и затем осторожно отнять руки — животное впадает в гипнотический сон и остается в оцепенении более или менее долгое время.

В первой половине прошлого столетия гипнотическими опытами над животными занялся Ганс Чермак и выяснил, что подобное состояние вызывается не только на птицах, но и на других самых разнообразных животных, причем одни из них легче поддаются гипнозу, другие труднее, и гипнотическое состояние вызывается у них различными приемами (поглаживанием, придерживанием, неожиданным сильным впечатлением, встряхиванием и пр.). Можно, например, до-

вольно легко загипнотизировать рака, поставив его на голову и придерживав в таком положении некоторое время; когда животное перестанет шевелиться и сопротивляться, надо осторожно отнять от него руки, и рак будет долго стоять на клешнях и голове, пока его не разбудит какое-нибудь внешнее раздражение (см. рис. 76). Во время этого гипнотического состояния растительные функции в организме рака продолжают протекать: сердце пульсирует, в дыхательном аппарате заметно движение. Подобное же состояние можно вызвать на лягушке; надо положить ее на спину и попридержать в этом положении: животное остается лежать без движения, когда мы осторожно отнимем от него руки, тогда как лягушка и без полушарий непременно переворачивается, если ее положить на спину. На раках можно заметить, что опыт с гипнозом удастся еще лучше, если его подряд проделать несколько раз на одном и том же живомом. Просыпание рака от гипнотического состояния происходит, видимо, постепенно: можно заметить, что ножки на задних сегментах начинают двигаться, в то время как передние сегменты остаются еще в покое.

Если взять голубя и, положив на спину, подержать его в таком положении некоторое время, поглаживая по груди (что соответствует «пассам» профессиональных гипнотизеров), то он в конце концов тоже поддается гипнозу; глаза у него могут быть при этом закрыты или открыты, дыхание глубоко и спокойно, как во сне; но достаточно только дунуть на загипнотизированного голубя, и он тотчас же просыпается, вскакивает и обнаруживает растерянность и испуг перед неожиданной средой, которая его окружает. Важно отметить, что подобное же состояние может быть вызвано на голубе и тогда, когда у него удалены полушария большого мозга. Это значит, что гипноз сопровождается особым состоянием нервных центров, лежащих ниже коры головного мозга. Как это мы видели на раках, так и здесь при опытах на голубе, чем чаще гипноз вызывается на одной и той же особи, тем легче он наступает. Легкостью наступления повторного гипноза давно пользовались уличные фокусники, применяя его на канарейках: канарейки помещаются на виду у публики в клетке; они оживленно порхают, поют, прыгают; фокусник заявляет зрителям, что он убьет всех птичек, с этими словами он ловит канареек одну за другой и кладет их на край стола, свешивая головки вниз, как будто сворачивая им шею; загипнотизированные птички лежат без движения. Затем фокусник отходит на некоторое расстояние и стреляет из пистолета; птицы от шума и сотрясения воздуха просыпаются и летят домой — в клетку.

На людях гипноз вызывается различными приемами; одни приемы рассчитаны на то, чтобы произвести более или менее сильное влияние на психическую жизнь гипнотизируемого; другие исходят из продолжительных и монотонных раздражений чувствующих нервов. Несомненно, что под влиянием чисто психического момента, например, какого-нибудь аффекта, можно загипнотизировать животное: известны случаи, что птицы при виде очковой змеи внезапно парализуются в своих движениях; также пойманное в силки животное в первые моменты поражается, цепенеет и не пытается убежать; часто птица, только что вынутая из западни, лежит на ладони и не думает улететь; при этом она дышит спокойно, как во сне, — она впала в гипноз. При посадке лошадей с пристани на корабль, они брыкаются и сильно беспокоятся, пока их подводят под подъемный конец лебедки; но как только лебедка их поднимет на воздух, лошади сразу успокаиваются, и даже тогда, когда их опустят на палубу, в первое время они остаются как бы парализованными. Вероятно, во всех этих и подобных случаях мы имеем на животных состояние, весьма близкое к гипнозу, и вызывается оно психическим моментом: страхом, испугом, ужасом и пр. Подобное же состояние может быть вызвано аффектами и на людях. По мнению некоторых ученых, гипноз может быть всегда вызван сильным сосредоточением внимания на каком-нибудь определенном образе или идее.

Уже с давних пор магнетизеры на своих публичных сеансах применяли так называемые «пассы», т. е. легкие поглаживания руками по лицу усыпляемого субъекта, или просто проводили руками на некотором расстоянии от лба и глаз усыпляемого так, чтобы он мог ощущать только монотонное тепловое раздражение, исходящее от рук гипнотизера. И таких легких и монотонных раздражений было достаточно для того, чтобы субъект впал в состояние гипноза.

Другой прием гипнотизеров заключался в том, что усыпляемого заставляли фиксировать взор на какой-либо блестящей точке, например, на световом блике, который образовался на металлическом предмете от электрической лампочки; через некоторое время у испытуемого при этом развивается неприятное ощущение; ему всячески хочется отвести свой взор от блестящей точки, но, подавив это желание, субъект в скором времени впадает в гипнотический сон.

У гипнотизеров пользовалась славой так называемая «кристаллоскопия»: усыпляемого заставляли вглядываться в кристалл, и это вскоре вызывало в нем гипнотическое усыпление. Тот же эффект производит на некоторых субъектов

тиканье часов, звук камертона и тому подобные однообразно повторяющиеся ритмические раздражения. Гейденгайн с помощью звучащего камертона загипнотизировал 75% своих слушателей в аудитории, поставив предварительно условием, что все они будут внимательно слушать тон, издаваемый камертоном. Глинка чутьем художника угадал обстоятельство, важное с физиологической точки зрения для гипноза. В его опере «Руслан и Людмила», — в то время, когда Черномор похищает Людмилу и все присутствующие на свадебном пиру впадают как бы в гипнотическое состояние, — несколько тактов подряд раздается один сильный монотонный звук, гипнотизирующий до известной степени всех слушателей оперы.

Особенно легко вызывается гипноз у людей при многократных повторениях сеансов, а также у людей, подверженных истерии: в этих случаях бывает достаточно с убедительностью сказать усыпляемому: «вы спите», и субъект засыпает.

В чем же выражается состояние гипноза? Оно характеризуется несколькими стадиями, причем гипноз может быть более или менее глубоким. В начальной стадии усыпляемый отдает себе отчет, что он поддается гипнозу, его сознание еще довольно отчетливо работает, но волевая сфера уже парализована — это самая слабая стадия гипноза; такому субъекту гипнотизер внушает, что он, например, не может открыть глаз, и усыпленный, несмотря на все сознательные усилия, действительно не в состоянии поднять век. В дальнейшей стадии начинается повышение рефлекторной возбудимости параллельно с упадком сознательных реакций: загипнотизированный слышит и различает слова, но может отвечать на них только так, как ему приказано, или как своего рода автоматическое эхо: на «да» отвечает «да» и т. д. Внешние впечатления при этом, очевидно, воспринимаются, но ориентировка в них прекратилась, реакции стали механически-повторяющимися, рефлекторными. В этой стадии развивается подражательность, на все движения, совершаемые гипнотизером, усыпленный хочет ответить такими же движениями, словно ребенок, который, улыбаясь, видя улыбающихся перед ним, и делает плаксивую физиономию, когда окружающие плачут. Можно сказать, что в этом состоянии воля усыпленного находится уже во власти гипнотизера. Третья стадия гипноза характеризуется значительным повышением мышечной возбудимости, причем уже от самых легких раздражений, например, от прикосновения или поглаживания, вызываются местные контрактуры мускулов. В связи с этим появляется так называемая катаlepsia, т. е. склонность тонически удержи-

вать те положения частей тела, которые были приданы им пассивно: гипнотизер берет, например, руку усыпленного и придает ей горизонтальное положение с неудобным сгибом в локте, усыпленный потом удерживает это положение уже активным тоническим возбуждением своих мышц, несмотря на неудобство и на стремление руки опуститься под влиянием силы тяжести. В каталептическое возбуждение можно привести мышцы почти всего тела.

В этом отношении особенно нашумели в свое время сеансы Ганзена в Бреславле, послужившие точкой отправления для изучения гипноза со стороны бреславльского профессора Гейденгайна. Ганзен поглаживанием мышц загипнотизированного субъекта приводил в каталептическое состояние почти все его тело, затем клал его на раздвинутые стулья таким образом, что затылок опирался на край одного стула, а пятки на край другого. Загипнотизированный, большая часть тела которого была навесу, лежал, как палка, а Ганзен еще при этом садился на него, вставал ногами на живот, подпрыгивал. Испытуемый оставался в оцепенелом состоянии, как будто в нем развилось трупное окоченение. В этой стадии гипноза, представляющей необыкновенный интерес для физиолога, возбудимость мышц чрезвычайно напоминает то, что наблюдается на животном после перерезки среднего мозга. Там также можно видеть легкое развитие контрактур и склонность тонически удерживать то положение органов, которое было им придано пассивно. Это состояние получило от Шеррингтона характерное название «пластического тонуса» мускулатуры. Определяется оно, с одной стороны, упадком влияния головного мозга на спинно-мозговые аппараты, с другой же — чрезвычайным повышением рефлекторной возбудимости спинного мозга. Каталептическое состояние постепенно проходит. Чтобы скорее прекратить его, гипнотизеры прибегают к особым «пассам».

Одним из наиболее характерных моментов в состоянии гипноза является, конечно, та стадия усыпления сознания, когда прочий нервно-психический аппарат загипнотизированного оказывается способным к более или менее разнообразной деятельности, но, в то же время, утерев ориентирующую инициативу со стороны сознания и воли субъекта, подчиняется почти всецело власти гипнотизера, так называемому «внушению» с его стороны.

Загипнотизированному можно внушить какое-нибудь отдельное ощущение или образ, а они по ассоциации вызовут в нем ряд других образов и соответствующих действий. Усыпленному дают картофелину и говорят, что это прекрасная

груша: субъект откусывает и ест ее с видимым наслаждением. Загипнотизированной женщине кладут в руки полено и говорят, что это ее дитя, и женщина нянчится с поленом, как со своим любимым ребенком. Сознание загипнотизированного может быть настолько сужено, что он понимает речь и воспринимает впечатления только от гипнотизера, но его органы чувств совершенно закрыты для прочих окружающих: он реагирует на все, что говорит ему гипнотизер, и в то же время не воспринимает ничего из того, что касается других людей. Это очень напоминает то состояние обыкновенного сна, при котором некоторые впечатления еще доходят, повидимому, до кортикального слоя, тогда как все прочие остаются в сфере субкортикального восприятия.

Замечательно, что внушение может касаться не только таких действий и реакций, которые должны быть выполнены тотчас же, в состоянии гипноза, но внушены могут быть и такие представления и образы, которые разрешаются в соответствующее действие лишь спустя определенное время после сеанса. Это так называемое «внушение на срок». Человеку внушается в состоянии гипноза, что он не должен более пить вина, что вино должно быть ему отвратительно; и человек, после одного или нескольких сеансов, действительно начинает чувствовать, что вино ему противно и перестает его пить. Почему это так, т. е. отчего вино стало противным, он сказать не может, или же придумывает различные толкования *ad hoc*, фактически же это является следствием внушения в предыдущие гипнотические сеансы.

Надо сказать, что нередко субъекты, отучаемые от тех или иных привычек путем гипнотического внушения, обнаруживают очень курьезные приспособления к тем требованиям, которые им внушены, — своего рода хитрые уловки, создающиеся, однако, без какого-либо сознательного намерения. Человеку, например, внушается, что он должен бросить пить водку, и он действительно бросает водку, но через некоторое время усиленно принимается за пиво: очевидно, потребность в известной порции алкоголя за день осталась, субъект бессознательно изыскивает средства для ее удовлетворения, помимо запрещенной ему водки, и находит удобный выход — принимается за пиво, о котором никакого предупреждения со стороны гипнотизера не было. Все это совершается независимо от ясного сознания, все это своего рода «хитрость подсознательного», как выразился один автор.

Подобным же образом одному старику, который очень много курил — трубку за трубкой — и тем самым расстраивал здоровье, было внушено в состоянии гипноза, что

он не смеет курить более одной трубки в день; старик повиновался, стал в последующие дни курить всего по одной трубке, — что-то властное, хотя и не сознаваемое им, не давало ему взяться за вторую трубку. Однако старик, видимо, испытывал большое беспокойство, — старая потребность в табаке сказывалась; бедный старик томился, чувствовал себя ненормально и стал худеть. Но вот однажды он нашел в лавке огромную старинную трубку, в которую помещалось сразу чуть не полфунта табаку, с радостью приобрел ее и после того успокоился: он теперь мог, не нарушая внушенного повеления, курить в день всего одну трубку, но такую, которой хватало на целый день. И все это делалось притом без сознательного понимания своих действий со стороны старика, ибо он не мог отдать отчета, отчего он попросту не вернулся к прежнему способу курения трубки за трубкой, вместо покупки старинной громадной трубки, которую можно тянуть целый день. Лишь для гипнотизера и для посвященных людей была известна и понятна истинная связь событий.

Настоящих мотивов для поступков, внушенных на срок, субъект не знает. Когда о них его спрашивают, он или ничего не может сказать, или придумывает объяснение *ad hoc*. Шарко внушил одной истеричке, что она, очнувшись от гипноза, будет пить кофе и украдет при этом ложечку; она так и сделала, и когда ее спросили о мотивах ее поступка, то она, ничего не подозревая о внушении, ответила, что ей просто захотелось взять ложку. Гипнотизеры широко пользуются этим постгипнотическим внушением для представлений. Так, в одном бельгийском городе, во время гипнотического сеанса, было внушено местному известному артисту, что он пойдет на другой день в двенадцать часов в определенную, мало посещаемую кофейню и потребует там себе завтрак. Любопытствующей публики на другой день собралось, конечно, множество. Действительно, в назначенный срок артист приходит в кофейню, и здесь очень удивляется необычайному скоплению публики. Однако он проделывает все, что ему было внушено. Когда его при этом стали спрашивать, зачем он пришел, он тотчас нашелся: «давно не был здесь». Подобно тому, человеку внушают в гипнозе, чтобы через час после того, как он проснется, он перевернул определенную книгу на своей книжной полке; он выполняет это в срок, и на вопрос, зачем он перевернул книгу, отвечает: «я полагаю, что так ей будет лучше стоять».

Сфера явлений, которые могут быть подчинены гипнотическому внушению, оказывается чрезвычайно широкой: она не ограничивается областью высших нервных актов, но включает в себя и различные стороны растительной жизни орга-

низма. Например, загипнотизированному проводят по руке костяшкой, рисуя восьмерку, и говорят, что это ему прижгли руку: у субъекта вскоре развивается на руке воспалительный процесс, и как раз по линии прикосновения холодной костяшки к коже. Можно ускорить внушением перистальтику кишок, вызвать местное расширение кровеносных сосудов; мы знаем, что это нормально совершается непроизвольно. У женщин внушением же можно вызвать наступление менструаций раньше положенного срока, что опять-таки путем сознательно-произвольного импульса сделать никогда не удастся. Удавалось при посредстве гипноза вызывать у людей цветную слепоту: загипнотизированные переставали, например, различать красные и зеленые части спектра, и когда им давали куски красной и зеленой материи, то они говорили, что материя одного желтоватого цвета. Здесь искусственно вызывалось явление, известное под именем дальтонизма. Надо, впрочем, сказать, что вызов цветной слепоты в гипнозе удастся, повидимому, только на тех людях, которые имеют представление о явлении дальтонизма. Совершенно не слыхавшие о том, что такое цветная слепота, не могут вызвать ее на себе и в гипнозе.

Говоря вообще, в прежнее время полагали, что гипноз есть явление вполне своеобразное и не имеет ничего общего с нормальной жизнедеятельностью организма. В связи с этим и гипнотизеры склонны были выдавать себя за людей, одаренных особой, таинственной силой, — «магнетической силой», как выражались в старину. Но ближайшее знакомство с гипнотическими явлениями показало, что они имеют очень много общего с нормальным сном, а с другой стороны, связаны многочисленными точками соприкосновения и непосредственными переходами с явлениями нормальной бодрственной жизни. Например, та узость восприятий при гипнозе, при которой субъект замечает и слушает только своего гипнотизера, напоминая узость психической жизни во сне, в то же время имеет очень родственное для себя явление бодрствующего сознания, наблюдающееся при сильном сосредоточении внимания на чем-нибудь: по преданию, Архимед, углубившись в математическую проблему, не заметил, что родные его Сиракузы были взяты неприятелем.

Сосредоточение внимания всегда сопровождается заслонением от сознания множества впечатлений действительности; притекающих с органов чувств. Момент безотчетной раздражительности, отмечаемый в известной стадии гипноза, также часто встречается в обыденной жизни и в отношении более обычных действий, в то время как главная деятельность

сознания отвлечена на какие-нибудь важные задачи данного момента или подавлена каким-нибудь аффектом. Множество наших мелких поступков и приемов, в то время, как мы сидим в обществе или идем по многолюдной улице, совершается путем простой подражательности. Следующий случай чрезвычайно напоминает слепое звукоподражательное повторение слов, напоминающее эхо и характерное для известной стадии гипнотического сна. В данном случае оно происходило при бодрственном состоянии, но при наличии аффекта. При въезде императора Николая I в один захолустный городок его должен был приветствовать местный священник приличествующим словом, которое было выработано заранее. Но в момент встречи царя священник так струсил и растерялся, что не мог вспомнить ни одного слова из заготовленной речи и стоял, молча и в трепете смотря на Николая. Сзади ему шепчут: «ну, начинай же, что же это такое?». Батюшка безотчетно повторяет, как бы обращаясь к царю: «что же это такое?». Тогда сзади доносится встревоженный шопот: «вот так история!» и батюшка повторяет царю, как эхо: «вот так история! . . ».

Могущественная власть внушения, наблюдающаяся в гипнозе, точно так же имеет место в большей или меньшей степени во вседневной жизни. Какая-нибудь одна мысль, засевавшая в сознании неизвестно откуда, может совершенно изменить образ жизни человека, направить его поступки по новым и неожиданным направлениям. И очень часто человек не может дать отчета, откуда и как вошла в его душу эта, господствующая в настоящий момент над его жизнью, идея. «Идея блеснула передо мною» или «мне был голос», — так выражаются люди в этих случаях. А насколько могущественна может быть власть такой идеи над всей прочей жизнью личности, можно видеть, например, из биографии Жанны д'Арк: крестьянская девушка, увлеченная своей идеей, стала полководцем, действия которого изучаются военными историками.

Теперь часто говорят о «самовнушении»: человек носит с какой-нибудь своею мыслью, страдает от нее и не может от нее освободиться только оттого, что все его внимание поглощено этой навязчивою мыслью, и он не видит самых простых и ближайших способов для выхода из-под ее власти. Еще недавно здесь в клинике был пациент, в общем совершенно нормальный, но убежденный, что он не может ходить. Как его ни уверяли, что он совершенно здоров, хорошо владеет ногами, этот господин продолжал лежать в кровати, боясь приподняться. Его стали насильно водить, вернее — таскать под руки, так как он вовсе не двигал ногами, —

и при этом его уверяли, что он прекрасно ходит и ноги его отлично работают. Таким образом в конце концов удалось внушить пациенту, что ходильный аппарат его в порядке, и он стал ходить самостоятельно.

Исторические общественные деятели, полководцы, правители, законодатели во все времена широко пользовались силой внушения для того, чтобы осуществить свою власть над людьми: они успевали дать людям такой образ или идею, которые завладевали потом поведением целых людских масс. В этом отношении представляют громадный интерес психологические этюды М. И. Драгомирова о Наполеоне I.

Таким образом явления, наблюдающиеся при гипнозе, не оказываются чем-то совершенно своеобразным и не имеющим ничего общего с законами бодрствующего сознания. Законы там и тут одни и те же. Можно сказать, что ознакомление с гипнотическими явлениями только подчеркнуло в особенности те стороны бодрственного состояния, на которые до сих пор мало обращала внимания школьная психология. Даже такие паразитические явления, как вызов местных воспалительных процессов и сосудодвигательных расстройств, могут иметь место при бодрственном состоянии. Еще в средние века были записаны случаи, когда у религиозных экстаиков, живо переживавших воспоминания о страстях Христовых, появлялись на руках и ногах раны на месте ран Христовых от гвоздей. Подобный факт известен и в XIX столетии. Бельгийская девушка, по имени Лато, показала, что в страстную пятницу, в те часы, когда по преданию был распят и страдал на кресте господь, у нее появлялись кровавые пятна на руках и ногах, именно в тех местах, которые соответствовали ранам Христа. Бельгийская Академия наук снарядила особую комиссию для исследования этого случая. Одну из рук девушки тщательно забинтовали и даже запечатали; в страстную пятницу, в часы крестных страданий Христа, печати были вскрыты, повязка снята, и обнаружилось, что и на запечатанной руке действительно появились местные кровоподтеки. Таким образом и в бодрственном состоянии, путем своего рода самовнушения, возможны местные влияния на сосудодвигательную систему и на местные растительные процессы. Шарко приводил немало поразительных примеров этого рода из своей практики.

Что касается внушения «на срок», то тут наиболее удивительным кажется то, что подсознательная сфера может с такой точностью отмечать и соблюдать заданные промежутки времени. Конечно, это поразительный факт; но он не является исключительной особенностью гипнотических состояний.

Есть люди, которые, ложась спать, говорят себе, что им необходимо проснуться в таком-то часу; и они действительно просыпаются в этот срок. Значит, то, что было намечено и решено сознанием, все время держалось где-то в подсознательной сфере, в свое время выплыло на поверхность сознания и вызвало его к работе. «Я сплю, а сердце мое бдит», — говорит древний писатель. И очевидно, что подсознательная сфера обладает довольно точным чувством времени.

Впрочем, мы знаем, что чувство времени достигает высокого развития и у животных, в зависимости от того, конечно, что суточный оборот создает в организме определенную, правильно повторяющуюся периодическую смену событий. Пение петухов искони служило людям в качестве хорошего и надежного указателя времени. Домашние животные, а также дикие звери в зоологических садах, прекрасно знают время, когда им должны дать корм. В одной помещицкой семье жил старый пудель, который привык в определенный час после ужина идти за хозяевами в спальню, чтобы лечь там на своей подстилке. Как-то раз приезжие гости заставили хозяев, против обыкновения, засидеться за полночь. Пудель обнаруживал большое беспокойство, которое все возрастало, потому что на него не обращали внимания. Наконец, бедная собака куда-то ушла, но затем снова появилась со своей подстилкой в зубах, уложила ее посреди гостиной и улеглась спать. Гости поняли, что пора дать покой хозяевам.

Во многих частях нашего организма мы встречаем правильную периодичность в протекании явлений: например, ритмику сердцебиения, дыхания, шагания и пр. Справедливо говорят, что отсюда в самом нашем организме могла появиться первая доступная шкала для сравнения промежутков времени и вообще для «ощущения времени». В самом способе жизнедеятельности нашего организма нам даны довольно точные часы. Вспомним, кстати, исторический факт, что отправным пунктом для установления научной «единицы времени» послужили законы качания маятника, а отправным пунктом для установления этих законов послужило наблюдение Галилея, сделанное им в 1583 г. в Пизанском соборе, что качания паникадила, подвешенного на длинном канате, совершаются так, что на каждое из них приходится одно и то же количество ударов пульса. Значит и в истории науки самыми первыми «часами» явилась периодика явлений внутри нашего организма. На нее же, конечно, опирается и наша подсознательная сфера в своих, подчас поразительно точных, определениях времени.

Что наше внутреннее чувство способно различать еще доли секунды, это мы видели, когда шла речь об определениях времени психической реакции (ср. стр. 327 и след.).

При изучении явлений гипнотического сна и внушения обнаружился следующий замечательный факт. Выполняя заданное ему дело, человек, получивший внушение «на срок», ничего не знает о мотивах и о действительном происхождении тех побуждений, которые толкают его на данный поступок. В лучшем случае он, как мы видели, придумывает какой-нибудь подставной мотив в момент совершения внешнего действия. Но оказывается, что, если снова загипнотизировать того же субъекта и, в особенности, если по возможности воспроизвести всю обстановку предыдущего гипноза, то в новом гипнотическом состоянии наш субъект вспомнит, что происходило в прошлый сеанс, — расскажет, как и что было ему внушено и т. д., — как будто с возобновлением гипнотического состояния человек возвращается в тот мир, который окружал его в прошлый гипнотический сон и который был прерван бодрствованием. В бодрственном состоянии субъект не знает, и не помнит, что было с ним в гипнозе, хотя и носит в своей подсознательной сфере то, что было ему в нем внушено: как будто поток бодрственного сознания и воспоминаний прерывается с погружением в гипноз с тем, чтобы возобновиться лишь по прекращении гипнотического сна. Итак, получается впечатление, что наш субъект живет в двух мирах и, соответственно, в двух связанных потоках воспоминаний: один — это тот, который известен ему с детства и в котором он живет в бодрственном состоянии; другой — это тот, в который он погружается в состоянии гипнотического сна. Чем чаще применяется к субъекту гипнотическое усыпление, тем более определяется этот второй поток воспоминаний нашего субъекта и тем резче отобщается он от мира бодрственного сознания. Так, что рядом с той личностью, которою человек живет в бодрственном сознании, мало-помалу определяется особая личность, к которой переходит психическая жизнь субъекта в гипнозе.

Оказывается, что и это «раздвоение личности» не представляет из себя чего-то специфического именно для гипноза. В гипнозе лишь в более резкой форме подчеркнут факт, довольно часто встречающийся в обыкновенных условиях психической жизнедеятельности. Единая, всегда себе равная личность есть скорей идеал нашей мысли и нравственных требований, чем действительность. Фактически наша конкретная личность всегда содержит в себе немало несовместимых элементов, и так называемое самоопределение личности в

том или ином волевом решении и сколько-нибудь важном жизненном деле всегда сопровождается колебаниями и борьбой между несколькими несовместимыми возможностями. Когда человек, в связи с теми или иными условиями, будет идти то по направлению одной из этих несовместимых возможностей, то в сторону другой, — это неизбежно поведет к расслаблению его личности, к ее «диссоциации», а затем к образованию в его психике зачатков новых личностей, различных и, в то же время, допускающих компромисс в пределах одного и того же психо-физиологического организма. Поэтому Джемс прав, когда говорит, что «на практике всякий человек имеет столько же различных социальных личностей, сколько имеется различных групп людей, мнением которых он дорожит».

Конкретно единство личности и сознания опирается на единство и непрерывность памяти, в которой комбинируются все вновь и вновь приходящие впечатления. Я говорю о себе, что я являюсь той же самой личностью, что жила во мне двадцать лет назад, — поскольку все события жизни с того времени и до сегодня связываются для меня в одной непрерывной, все объединяющей памяти. Однако в действительности моя сознательная память, с которой я имею дело при ежедневной нормальной деятельности, удерживает прошлое, в особенности отдаленное прошлое, лишь в самых общих чертах, и многое, что в свое время меня глубоко волновало, утрачено почти совершенно для моей теперешней сознательной памяти, — потому что утерять интерес для моей теперешней личности. Правда, в тайниках подсознательной сферы мы находим подчас множество очень ярких воспоминаний из давнопрошедшего, иногда с поразительной наглядностью встают перед душой наши прежние обстановки со всеми мелочами; но всплывание на поверхность сознания этих остаточных образов прежней жизни для нашей теперешней сознательной памяти есть нечто случайное и исключительное, и мы сами более всего удивляемся тому, как это могли удержаться в каких-то наших клеточках такие мелочи и детали из прошлого, не имеющие никакого значения в теперешней нашей жизни!

Многие из нас испытывали, конечно, попав после долгой отлучки в тот дом, где протекало детство или молодые годы, что здесь старые стены, давно знакомые образы и звуки воскрешают в душе до удивительной ясности переживания, мысли и чувства той далекой поры, но что для этих чувств и мыслей нет более места в современном течении жизни. Только случай вызвал в душе эти старые ассоциации, но они вос-

стают перед сознанием очень ненадолго, — только пока сознание остается в «созерцательном бездействии» и не возвращается к своим текущим интересам дня, — потому что они принадлежат другому миру, другому содержанию личности. Следуя за ними, мы уходим временно от фактических задач настоящего момента; а возвращаясь к этим последним, теряем снова нить прежних воспоминаний, «как прерванный сон». И здесь мы имеем в сущности не один поток ассоциаций и воспоминаний в своей душе, но два: один — случайно воскресший в сознании ненадолго под влиянием возобновления прежней среды, и другой — поток, связанный с реальными интересами настоящей нашей личности. Переход из сферы одних ассоциаций и воспоминаний в сферу других — не меньший, чем переход психической жизнедеятельности гипнотизируемого от «личности гипнотического состояния» к «личности бодрствующего сознания», — только переход более постепенный, не столь внезапный, и оттого сопровождающее его изменение личности не производит такого удивительного впечатления.

Впрочем, иногда переход этот может стать тоже весьма резким, и тогда даже для постороннего наблюдателя видно, как изменяется в связи с этим характер воли и личности. Одна старушка-помещица, отличавшаяся очень отзывчивым и деятельным характером, — постоянной хозяйственной заботливостью о своих многочисленных воспитанниках и воспитанницах, — принуждена была обстоятельствами жить в чужом городе, где ее жизнь и деятельность значительно сузились. Здесь она имела несчастье заболеть раком груди, и под влиянием болезни ее душевный мир мало-помалу погрузился в мрачное безразличие к окружающему, стремление оградить себя от людей, в особенности от прежних знакомых; для внешнего наблюдателя ее состояние представлялось мрачной и тревожной замкнутостью и пассивной бездеятельностью; старушка говорила чрезвычайно мало, всего несколько слов за целый день, и то лишь для того, чтобы высказать свою тревогу или оградить себя от разговоров или от передвижения в другую комнату. Незадолго до конца старушку перевезли на ее родину, в родной дом, где когда-то протекала ее деятельная и хлопотливая жизнь, окруженная людьми, которые в ней видели свою опекуницу и покровительницу. В дороге больная обнаруживала признаки настоящего психоза, мизантропическое настроение обострилось, всякое приближение людей было для нее мучительно, мрачная тревога заполняла душу, и временами была видна спутанность сознания. По приезде домой старушку уложили отдыхать от дороги. Поле-

жав немного, она неожиданно встала, и тут обнаружилось, что душевный мир ее совершенно преобразился. Для сестры милосердия, которая ее сопровождала и которая не знала ее в прежнем здоровом состоянии, перемена казалась просто чудом — так она была резка и неожиданна; старые же знакомые видели лишь переход душевного мира старушки в прежнее, старинное ее состояние. Встав с дивана, на котором ее уложили, она отправилась прежде всего распорядиться по хозяйству, — обнаружила тревожную заботливость о том, накормлены ли сестра милосердия и окружающие люди, где и как они будут ночевать; выражала нежное участие к людям, которые из-за нее беспокоятся; вспоминала о семейных переменах некоторых из окружающих, расспрашивала о делах, жалела о неудачах. Одним словом, в этот первый день возвращения в родную обстановку воскресли прежние черты внимательной, милой, заботливой хозяйки, опекуни по призванию, которую здесь знали тридцать и двадцать лет назад. Знакомые впечатления и образы родной обстановки помогли восстановиться прежней личности человека.¹

Немало примеров вполне внезапных и резких перемен личности при определенных патологических условиях собрано в книге Бинэ «*Les altérations de la personnalité*». Довольно типический случай приведем здесь. Один молодой человек, лет 16-ти, служил на винограднике; во время работ он натолкнулся на змею, при этом был так потрясен, что впал в обморок. Когда он очнулся, его ноги оказались парализованными; кроме того, обнаружились глубокие изменения в психике: вся более поздняя полоса жизни оказалась забытой, все более поздние приобретения жизненного опыта выпали; он представлялся сам себе девятилетним мальчиком и вел себя во всех отношениях так, как это соответствовало той поре его жизни: плохо читал, писал, как начинающий, жил исключительно впечатлениями и интересами своего девятилетнего возраста. Вследствие паралича ног его переместили из виноградника в швальню. Через некоторое время он научился шить, вновь обучился грамоте и занялся профессиональной портного. Через несколько лет с нашим портным происходит новое сильное потрясение и новый продолжительный обморок; когда он вернулся к сознанию, паралич его ног исчез, в его памяти восстановилась вся забытая полоса более поздней жизни его в винограднике, предшествовавшей его встрече со змеей; но зато оказалось забытым все, что касалось

¹ Этот, на мой взгляд, чрезвычайно выразительный пример я позволил себе привести из моих личных наблюдений. — А. Ухтомский.

жизни в швальне, а также исчезли и все сведения и навыки по портняжному делу. Получается впечатление, как будто различные эпохи жизни откладывали свои впечатления в мозгу послойно и как будто эти слои впечатлений и следов от прежних переживаний могут выходить из деятельного состояния и вновь вступать в него каждый в отдельности.

Только что описанный субъект впоследствии попал в руки психиатров, которые знали его прошлое и обстоятельства, сопровождавшие его заболевание. Врачи стали вызывать те или иные состояния больного искусственно — путем гипноза. Его то убеждали, что он мальчик лет 9—10, и он, проснувшись от гипнотического сна, вел себя так, как подobaет мальчику; при этом он был убежден, что он работает в швальне и что у него парализованы ноги; и он действительно в этом состоянии не мог ходить, но прекрасно владел иглой. Затем, в следующие сеансы ему говорили, что он работает на винограднике; проснувшись, он вел себя, как человек, на самом деле работающий там, шить при этом он совершенно не умел, ноги же действовали нормально. Гипноз вызывал, таким образом, искусственно то, что раньше совершалось под влиянием катастрофических потрясений нервной системы, и при этом оба состояния больного сближались между собой во времени.

Подобное состояние, когда человек, вследствие ли потрясения нервной системы или патологического процесса в организме, или же вследствие гипнотического влияния, как бы перевоплощается из одной личности в другую, носит название «раздвоения сознания», или «раздвоения личности». Различные стадии раздвоения сознания описаны во многих местах сочинений Достоевского; эти состояния глубоко занимали великого психолога. Можно указать, прежде всего, на забавные самонаблюдения бедного действительного статского советника Пралинского, неожиданно запьяневшего на свадебном ужине своего подчиненного в «Скверном анекдоте»; затем ряд картин и переживаний в «Вечном муже»; наконец, развитие полного раздвоения личности у господина Голядкина в «Двойнике» и в кошмарах Ивана Федоровича в «Братьях Карамазовых».

Изменения характера личности, появление чрезвычайно живых галлюцинаторных образов и переживаний, изменения опыта, наблюдающиеся при гипнотическом сне, самым тесным образом примыкают к описанным явлениям изменения, диссоциации и раздвоения сознания. Различие только в том, что вызыванием тех или иных переживаний и образов, тех или

иных свойств личности при гипнозе руководит намеренным образом воля гипнотизера.

Многие авторы видят наиболее существенный момент гипноза именно во внушении — в том, что гипнотизер владеет психикой спящего. Но для внушения не требуется непременно глубокий сон того, на ком оно применяется, и мы уже видели, что в моменте внушения гипнотическое состояние опять-таки сближается со многими сторонами бодрственной и нормальной душевной жизни. Из описания многих авторов — путешественников, врачей, офицеров, ученых — видно, что факиры в Индии способны в высокой степени владеть психикой толпы, притом не только туземной толпы, но и англичан. Факир, например, бросает вверх разматывающийся клубок бечевки и говорит при этом, что по бечевке вверх ползет обезьяна, и зрители действительно видят, что обезьяна быстро взбирается вверх и скрывается в вышине. Только с помощью фотографии потом убедились, что при таком опыте в действительности никакой обезьяны нет, и видение есть плод лишь чрезвычайно яркого воображения, направляемого факиром. Здесь перед нами пример массового внушения — гипноза толпы.

И во вседневной жизни роль внушения чрезвычайно велика. Когда, собираясь купаться, человек будет предубежден, что вода сегодня слишком холодна, она действительно покажется ему нестерпимой, и он в воду так и не войдет; чтобы победить в человеке это самовнушение, надо с убеждением сказать ему, что вода, против ожидания, оказывается очень теплой, и тогда нередко бывает, что человек не только войдет в воду, но и в самом деле убеждается, что она довольно тепла, хотя в действительности она, может быть, холоднее обыкновенного. Часто в человеческой жизни совершаются крупные неудачи и потери только оттого, что человек заранее сказал себе, что ничего хорошего ожидать нельзя; и столь же часто из самых трудных обстоятельств человек выходит неожиданно победителем только оттого, что кто-нибудь ему внушил во-время, что робеть нечего и цель непременно будет достигнута. Внушение оказывается громадной общественной силой. Значение его можно усмотреть во все великие исторические эпохи. Под его влиянием отдельные люди забывают свои маленькие выгоды и удобства, не замечают даже страданий и ложатся костями за ту или иную идею. И в педагогическом деле сила авторитета и внушения играет первенствующую роль.

Надо сказать, что в свое время происходило значительное увлечение гипнозом, — ему были склонны приписывать

чуть ли не чудодейственную силу и возлагали чрезмерные надежды. На съезде гипнотизеров в Париже один французский врач утверждал, что гипнозом можно возвратить слепому зрение, глухому — слух, паралитика можно заставить ходить и тому подобное. Разумеется, это чрезвычайное преувеличение значения гипноза; в действительности никаких совершенно новых сил в организм внушением не вносится, а лишь используются и целесообразным образом перегруппировываются силы, уже имеющиеся в организме. Лечение гипнозом по методу Шарко больных, страдающих анестезией (см. выше стр. 193), могло в свое время создать впечатление, что гипнозом можно действительно все сделать. Но впоследствии оказывалось, что например, у истерички, излеченной внушением от правосторонней гемиянестезии тела, через одну — две недели начинала развиваться нечувствительность и паралич на другой половине тела. Гемиянестезия больной происходила от истерического самовнушения, и, когда постороннее внушение успешно побеждало его в отношении правой половины тела, болезненное самовнушение через некоторое время снова давало о себе знать, но теперь уже в отношении не спорной, правой половины тела, а стороны противоположной. Кажущееся всемогущество гипноза побудило одну женщину привести к врачу своего сына с просьбой загипнотизировать его, чтобы из ленивца он сделался примерным учеником; доктор внушил мальчику то, что просила мать, и он действительно, стал более внимательным и прилежным; однако успешность его была недолговременна, и мальчик вскоре сделался таким же ленивым и безвольным, каким был ранее. Более прочные влияния создаются лишь повторными сеансами.

Но и кроме того, что гипноз может иметь лишь временное влияние на психику, нужно иметь в виду, что он далеко не безвреден для гипнотизируемого. Чем чаще подвергают человека гипнозу, тем легче он поддается ему. Впоследствии стоит такому человеку иногда только подумать о докторе, производившем внушение, или стоит только посмотреть на блестящий предмет, и он впадает в гипнотический сон. При этом оказывается, что личная сознательно-волевая сфера у такого человека расслаблена, характер отсутствует, пациент стал слабым, безвольным существом. Привычка подчинения чужой воле обезличила его. Повторный гипноз может повести к настоящим нервным расстройствам. Гейденгайн, впервые изучавший научно явления гипноза на человеке, приводит такой факт: жена служащего в его лаборатории, обладавшая, вообще говоря, прекрасным здоровьем, после ряда гипноти-

ческих опытов, которые над ней были произведены, заболела нервным расстройством и вылежала недель 5—6 в больнице, и еще по прошествии года после того у нее оставались признаки расстройства. Поэтому врачи могут пользоваться гипнозом лишь с крайней осторожностью. Кстати сказать, лечение алкоголиков путем гипнотического внушения имеет, в большинстве случаев, лишь временное значение, а повторение его не проходит часто безнаказанным для пациента, так как личная самодеятельность субъекта, подвергавшегося многократному гипнозу, все более и более притупляется, и воля его ослабевает.¹

В то время как частое гипнотическое внушение со стороны другого расслабляет, таким образом, жизнь личности и воли, победа над своей подсознательной сферой путем самовнушения, предпринятого сознательно, ведет всегда к укреплению личности (ср. ниже стр. 375).

ВЛИЯНИЕ НАРКОТИКОВ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Под влиянием наркотиков расстраиваются с различной скоростью отправления центральной нервной системы. Здесь мы коснемся воздействия лишь более распространенных из них, именно этилового алкоголя, морфия, опиума и гашиша.

Действие этилового алкоголя на нервную систему складывается из нескольких стадий: первая стадия заключается в том, что постепенно развивается паралич высших центров

¹ Многократное применение гипноза, само по себе, может повести к *болезненному раздвоению личности* в пациенте. Др. Сайдис объясняет наступление его следующим образом: гипноз нарушает в человеке, прежде всего, тот синтез (концентрацию) психических элементов, который мы называем «бодрственным сознанием» и «личностью» человека; так что безличная психика загипнотизированного представляется, как диссоциированное, или «диффузное», сознание. Но в диффузном сознании тотчас же, при первой попытке деятельности и реакции на среду, по необходимости начинают возникать новые ассоциации и синтезы, новые приспособления; таким образом, первоначально бесформенное подсознательное, будучи лишено руководства со стороны личности, начинает вырабатывать, *faute de mieux*, из своей глубины новые формы и синтезы, а затем — со временем — и новую личность. В последовательных сеансах новая личность получает возможность упражнения и постепенно укрепляется рядом с прежней личностью человека. Подобное же явление происходит и помимо гипноза, в тех случаях, когда власть личной воли над подсознательной сферой недостаточно сильна. С этой точки зрения формирование «второй личности» есть реакция подсознательной сферы, лишенной руководства со стороны личной воли и предоставленной своим силам. — А. У.

сознания. Под влиянием небольших доз алкоголя люди становятся подвижнее и развязнее, развивается болтливость: выпившие люди начинают рассказывать такие вещи, о которых они умолчали бы в нормальном состоянии («что у трезвого на уме, то у пьяного на языке»); внешние раздражения при этом оцениваются не так хорошо («пьяному море по колену»). В то время как высшие центры парализуются, мозговые центры низшего порядка работают по прежним законам ассоциации, подобно тому, как это происходит и во сне. В связи с упадком контролирующей деятельности сознания, опьяневший перестает строго различать действительность и случайно возникающие в его воображении картины. Здесь опять получается сходство с состоянием неглубокого сна. С прогрессирующим опьянением очень облегчается освобождение двигательных импульсов во вне, — чрезвычайно выражены идеомоторные акты: появление какой-нибудь мысли в пьянеющем сознании сопровождается тотчас соответствующим действием или высказыванием. Сильно опьяневший и горько задумавшийся господин Пралинский, в «Скверном анекдоте» Достоевского только *post factum* замечает, что он не только думает, но и все время говорит что-то такое своим соседям по обеденному столу: «Иван Ильич вдруг открыл в себе одну неожиданную способность, именно плевать... Заметил он это на Акиме Петровиче, которому забрызгал щеку и который сидел, не смея сейчас же утереться из почтительности. Иван Ильич взял салфетку и вдруг сам утер его. Но это тотчас же показалось ему до того нелепым, что того вне всего здравого, что он замолчал и начал удивляться... Иван Ильич сообразил теперь, что он уже чуть не четверть часа говорит о какой-то самой интереснейшей теме, но что Аким Петрович, слушая его, не только как будто сконфузился, но даже чего-то боялся... Окинув глазами гостей, он увидал, что многие смотрят прямо на него и хохочут...». Это великолепное описание того, как сознание улавливает иногда идеомоторные акты уже после того, как они выполнены (ср. стр. 314—315).

Вторая стадия алкогольного отравления характеризуется более или менее значительным повышением рефлекторной возбудимости при почти полном потемнении сознания. Это состояние, аналогичное более глубокому сну. В третьей стадии опьянения наступает, напротив, более или менее обширный паралич рефлекторных аппаратов, и дело может кончиться параличом даже и продолговатого мозга: происходит замедление дыхания, сильное побледнение, затем возможен паралич сердца и дыхания.

Производились исследования того, как влияют специально на умственную деятельность умеренные и небольшие приемы алкоголя. Время психической реакции, как мы выше видели, вообще удлиняется, хотя это и не замечается субъективным впечатлением: в действительности человек только более энергично стучит по сигнальному ключу, а ему кажется что он реагирует скорее и лучше, чем обыкновенно. В лаборатории проф. Крепелина исследовали, как прием алкоголя влияет на простые операции, с числами, например, на сложение, умножение, извлечение корня. Продуктивность вычислительной работы за определенную единицу времени отмечали высотами ординат и по этим высотам вычерчивали кривую, которая выражала колебание вычислительной работы во времени. Обыкновенно такая кривая в первые часы работы постепенно поднимается, затем несколько опускается и, наконец, устанавливается на некотором уровне. Если теперь дать испытуемому дозу алкоголя, кривая вычислительной работоспособности сильно понижается и лишь медленно и постепенно поднимается потом до прежнего уровня, а с новым приемом алкоголя она опять понижается. Значит, уже небольшие порции алкоголя вредят умственной работоспособности, и вредят надолго. Еще через 24 часа после приема обнаруживается угнетающее влияние алкоголя на умственную продуктивность.

В Швейцарии были произведены опыты с влиянием больших доз алкоголя на ружейных стрелков. Оказалось, что процент попадания после приема напитка сразу резко понижался, хотя стрелки были убеждены, что они стреляли особенно тщательно и хорошо.

Что касается привычного и постоянного приема алкоголя, то крайний вред его общеизвестен. Он ведет к тяжким душевным заболеваниям и к вырождению. В происхождении душевных болезней он играет, по данным психиатрической статистики, еще более крупную роль, чем наследственность. В среднем до 20% обитателей русских сумасшедших домов приходится специально на так называемые алкогольные психозы, т. е. такие психозы, в происхождении которых пьянство играло непосредственную роль. Но и в остальной группе психозов пьянство играет большей частью роль, как вспомогательный момент к другим причинам заболевания.

В то время, как приемы алкоголя влекут за собой явное повышение двигательной возбудимости, облегченность идеомоторных явлений, морфий повышает возбудимость преимущественно аппаратов восприятия и воспроизведения впечатлений при более или менее значительном ослаблении двига-

тельных реакций. Морфий представляет из себя алкалоид, добываемый из опиума, т. е. из сгущенного сока семенных коробочек мака (*papaver somniferum*); здесь его содержится в среднем около 10%. При умеренных приемах морфия обнаруживается необыкновенная живость и облегченность ассоциаций и смены представлений; внешние впечатления очень легко вызывают обильные и разнообразные образы памяти в разнообразных и быстро преходящих комбинациях. Непостоянство и крайняя субъективность этих комбинаций придают им характер фантастических и причудливых мечтаний. Обилие и легкость смены образов и представлений сопровождается общим повышенно-приятным тоном настроения — так называемой эйфорией. Зато идеомоторная и общая двигательная возбудимость оказываются пониженными, — отравившийся морфием переживает свои мечтания преимущественно в неподвижно-сидячем или даже в лежащем положении, произвольное внимание бездействует, человек переживает смену проходящих перед ним картин, как пассивный зритель. За стадией возбуждения и здесь следует стадия угнетения нервной деятельности: человек начинает ощущать свое тело отяжелевшим, как свинец, и погружается в глубокий сон.

Довольно близок к морфию по характеру влияния на нервную систему гашиш — препарат конопли (*cannabis sativa*), очень распространенный в Турции, Персии, Индии, Китае, нашем Туркестане и пр., где из него готовят материал для курения и для еды: гашишное тесто, пилюли, конфеты и т. д. Действующее начало гашиша — безазотистый токсин каннабинон — применяется иногда в медицине как успокоительное средство. При обычных способах употребления гашиша в курении, в пище и пр. на людях наблюдается в начале эйфория, подобная той, что бывает у опиофагов: повышенно-приятное самочувствие при необыкновенной живости и облегченности ассоциаций и образов, когда какой-нибудь случайный внешний шум превращается в сознании отравленного в прекрасную оркестровую симфонию, а в поле зрения; в то же время, по ассоциации возникают галлюцинаторные образы танцующих фигур. За стадией облегченных ассоциаций могут наступить в помутненном сознании бредовые идеи, и тогда вместо совершенно пассивного, бездвижного и мечтательного переживания вызванных образов и приятных настроений может наступить очень опасная стадия маниакального возбуждения и буйства. В конце концов дело и здесь кончается глубоким сном.

Употребление наркотиков, как морфия, опия, гашиша и пр., в особенности опасно потому, что оно чрезвычайно легко делается привычным.

Расслабленная психика морфиниста или курильщика гашиша требует для себя возбудителя. При привычном же употреблении этих ядов наступает хроническое отравление, ведущее к тяжелым психозам и вырождению.

УСЛОВИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ УМСТВЕННОЙ РАБОТЫ

В заключение нашего изложения физиологии нервных центров интересно остановиться над практическим вопросом, какие условия надлежит соблюдать для производительности умственной работы. Опираясь на физиологические сведения о центральной нервной системе, мы можем почерпнуть в этом отношении несколько существенных указаний, которые окажутся полезными и, пожалуй, в особенности для русского интеллигентного общества, где так часто слышатся жалобы на умственное переутомление, нервные расстройства от напряженной духовной работы и т. п. Конечно, чрезмерным умственным трудом можно довести себя до крайних пределов усталости, граничащих с болезненным состоянием; но, присматриваясь, в частности, к нашей русской общественной жизни, часто видишь, что, — рядом с несомненными признаками психического утомления от работы — действительно производительной работы оказывается очень мало. И возникает немного парадоксальная мысль, — не от того ли именно у нас так сильно и утомляются люди, что они *мало работают* в истинном смысле слова — не умеют *работать productively*. Ведь пока человек не научился работать productively, он, естественно, принужден затрачивать гораздо более и времени и энергии на выполнение того дела, которое легко и быстро спорится в руках привычного и экономного мастера! Множество данных говорит нам за то, что при умелом распределении умственного труда можно не только развить громадную по своей продуктивности работу, но притом сохранить на долгие годы, быть может на всю жизнь, умственную работоспособность и общий тонус своей жизнедеятельности. Устают и изнемогают не столько оттого, что много работают, а оттого, что плохо работают!

Каковы же нормальные условия производительности труда?

Первое условие, необходимое для обеспечения духовной работоспособности, заключается в том, что во всякий труд надо входить *постепенно*. Это общее и в высшей степени

важное правило при всевозможных видах работы и физической и нервно-психической. В области мышечной работы значение его сказывается в очень выразительной форме. Человек, который в течение долгого времени не занимался тяжелым физическим трудом, принявшись сразу за работу, очень скоро теряет силы, утомляется и истощается; это испытывают на себе всякий работник, возвращающийся с зимних городских заработков домой, в деревню, на летние полевые работы; то же испытывает волжский крючник в первые дни своего труда весной, когда он только что пришел на караван после относительно бездельной зимы в деревне. Первые дни труда отзываются очень болезненно: во всем теле развивается своеобразное, неприятное ощущение утомления, появляется дрожание мышц, иногда нарушается заметным образом общее питание организма, дело доходит до явно патологических явлений. В последующие дни человек постепенно вытягивается в труд, он становится для него уже не таким утомительным и, в то же время, ежедневная производительность труда возрастает. Точно так же и в сфере умственного труда успех обеспечивается только в том случае, если работник входит в дело, не налегая слишком сильно сразу, а развивая свои силы постепенно.

Второе условие плодотворности умственного труда заключается в *мерности и ритме* работы. Значение этих моментов уясняется тоже нагляднее всего на мышечной работе. Известно, что она оказывается наиболее продуктивной при вполне определенном ритме мускульных возбуждений: слишком быстро идущий человек быстро утомляется; с другой стороны, и слишком медленное движение, например, когда взрослый, гуляя с детьми, приспосабливается к детскому шагу, — также вызывает сравнительно быстрое утомление. Порывистость в работе, внезапные усиления ее оказываются неблагоприятным признаком для ее производительности: период форсированного напряжения сменяется по необходимости продолжительным периодом бездеятельности. Для мышечной работы это превосходно демонстрируется в опытах с эргографом (см. стр. 75). При не слишком большой нагрузке и при целесообразно подобранном умеренном темпе мышечных сокращений *высоты отдельных сокращений*, установившись на некоторой величине, удерживают ее часами (З. Тревес). Но то же правило остается и для высших видов нервно-психической и умственной деятельности. Поэтому-то еще в сознании древних труд, терпение в деле и дисциплинированная мерность работы почитались за добродетели почти тождественные, как единственно надежное основание здра-

вого мышления. «Дело — якорь для мысли, и только оно дает мысли надежное направление», ибо «покой тела дает мысли свободу кружиться», т. е. делает ее рассеянной и разбросанной; всякое же дело красится своим темпом и мерой: «всякую вещь красит мера, а без меры обращается во вред и то, что почитается прекрасным».

Повидимому, разным людям присущ более или менее различный ритм работы. С этим приходится считаться в войсках на походе: когда переход длинен и труден, солдатам предлагается идти вольным шагом, — так что один может шагать чаще, другой реже, так как маршировка в ногу и строгое подчинение общему темпу движений утомляет отдельных индивидумов скорее. Подобно тому непривычно быстрое чтение быстро утомляет внимание слушателей, и притом в различной степени, так что и для умственной работы следует допустить некоторый, более или менее определенный для каждого индивидуума, темп нормальной деятельности.

Третьим условием успешности работы является привычная последовательность и систематичность деятельности. Зависит это от объективных условий работы и от степени приспособленности работника к данному делу. При ходьбе по песку, по снежным сугробам, по обледенелой дороге мы скоро утомляемся, потому что при этом наши мышцы сокращаются необычным порядком: становясь на зыбкую или скользкую почву, наши ноги постоянно должны приспособляться к неожиданным положениям, чтобы поддерживать тело в равновесии, и, следовательно, в деятельность аппарата, координирующего локомоцию, вносятся внезапные и разнообразные моменты, путающие и затрудняющие простой и привычный, сложившийся в центрах, акт ходьбы.

В умственном труде, равным образом, играет огромную роль последовательность и систематичность работы. При чтении несистематично изложенной книги, где мысли разбросаны, недостаточно связаны между собой или же где они связаны логически правильно, но неясно выражены, приходится делать большие усилия мысли для того, чтобы следить за смыслом, — и это действует очень утомительно на читающего. Неожиданные толчки и препятствия, которые испытывает при этом мысль читателя, доверчиво идущего по следам автора, сильно затрудняют ее течение и оказывают на нее действие, подобное тому, как шатающаяся походка идущего впереди пьяного человека влияет на наш шаг, требуя постоянного внимания, заставляя делать неожиданные уклоны в стороны или не менее неожиданные остановки и «оборонительные» движения.

Четвертое условие, весьма важное для плодотворности умственной работы, заключается в правильном чередовании труда и отдыха. Из мышечной физиологии известно, что для сохранения большей работоспособности полезно прерывать физическую работу на известное время уже в первые стадии утомления. При несоблюдении этого условия, т. е. когда человек, чувствуя утомление, не обращает на это никакого внимания и продолжает работать попрежнему, впоследствии уже и очень продолжительный отдых не будет способен восстановить нормальную мускульную работоспособность. То же наблюдается и в умственной сфере. По мере утомления мысли вяжутся в нашем сознании все вялее и вялее, внимание не удерживается с прежним напряжением на идеях, которые нас занимали, дело доходит до болезненного ощущения. Необходимо в самом начале такого состояния дать себе отдых; вначале будет достаточно совсем незначительного отдыха для полного восстановления умственных сил, тогда как если во-время не будут приняты соответствующие меры, потом придется оставить работу надолго.

Говоря вообще, в нормальных условиях работоспособность человека в каждый последующий день не ниже, чем в предыдущий. Если этого нет, это значит, что либо есть посторонние патологические условия, либо человек переработал и не дал себе во-время отдыха, не обратив внимания на начальные стадии утомления. Люди, привыкшие к правильной и регулярной умственной работе, сознательным или бессознательным путем всегда улавливают этот момент. Лица же, работающие под влиянием аффекта или увлечения, легко могут не заметить первых фаз утомления, что не замедлит отразиться затем на их умственной работоспособности. Среди нашей учащейся молодежи часто приходится наблюдать нервное переутомление после экзаменов, так как обыкновенно, мало работая в течение года, наши студенты сосредоточивают всю громадную работу перед самыми сроками экзаменов. Нервные заболевания на почве переутомления в особенности часто наблюдаются у биржевых дельцов, работа которых носит чрезвычайно лихорадочный характер, так как им приходится действовать в условиях ажитации и аффекта, бдительно следя за калейдоскопически меняющимися новостями по части изменения курсовых ценностей. Нет ничего удивительного, если и в ученом мире встречаются лица, очень рано прекратившие свою деятельность, ограничившись защитой магистерской или докторской диссертации. В большинстве случаев это объясняется тем, что человек в продолжение небольшого срока, чрезмерно напрягая свои силы, тру-

дился над подготовкой диссертации, не обращая внимания на необходимость в своевременном отдыхе, и таким образом, довел себя до умственного переутомления.

Можно привести немало примеров того, как выдающиеся работники мысли умеют распределять свою умственную работу. Известна поразительная работоспособность Наполеона I в пору его наиболее кипучей деятельности. Он начинал рабочий день с обзора дел момента, например, с обдумывания военных вопросов; затем он переходил к вопросам международной политики; потом к вопросам финансовым, экономическим, юридическим и т. д. Обладая выносливой организацией, Наполеон, кроме того, экономизировал свои силы, методически чередуя предметы внимания в течение целого дня; благодаря этому он не испытывал утомления и развивал громадную и поразительно плодотворную деятельность. По его собственным словам, занимаясь поочередно всеми этими вопросами, он как бы выдвигал последовательно один за другим ящики своего стола и, наконец, задвинув последний ящик, спокойно засыпал. Отдых, таким образом, не предполагает обязательно полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела, — переносом внимания в новую сферу деятельности.

Образцом педантического распределения рабочего времени и огромной умственной трудоспособности по праву считается знаменитый кенигсбергский философ Иммануил Кант: даже семидесятилетним старцем он был способен творить гениальные образцы мысли. Насколько точно распределен был его день, можно судить по тому, что кенигсбергские жители определяли время по его возвращению домой или по выходу его из дома: «семи часов еще нет, — говорили они, — потому что профессор Кант еще не проходил домой». Он вставал всегда в пять часов утра и никогда не отступал от этого правила, ложась также всегда в десять вечера. До семи часов утра он работал в своем кабинете, а затем отправлялся на лекции в университет. После лекций — снова работа в кабинете до трех четвертей первого. Затем обед, являвшийся в то же время временем беседы с гостями. После обеда — прогулка, большей частью уединенная, во время которой обдумывались текущие работы; в эти же часы иногда — посещение знакомых. С семи часов вечера опять работа дома.

Лев Толстой сохранял свою работоспособность также почти до последних дней жизни и еще на смертном одре составлял планы новых работ. Из его биографии видно, с какой правильностью и систематичностью он распределял свое время и как умело чередовал труд с отдыхом.

То же можно сказать про Сеченова, Менделеева, Пфлюгера, Вундта и других крупных ученых, которые, достигнув преклонного возраста, сохранили ясность мысли, духовную трудоспособность и физическое здоровье.

Повидимому, правильная деятельность нервных центров отражается благотворно и на общем здоровье организма, на общем тоне жизненного процесса. Наоборот, у таких типов, как Обломов, умственная работа которых прекращается рано, очень скоро развивается общая расслабленность организма, апатичность, тупое безразличие. Конечно, к старости общая пластичность мозговых процессов, во всяком случае, ослабевает; тем не менее, у людей, не прекращающих правильного и систематического духовного труда, работоспособность сохраняется прекрасно, у людей же, работающих беспорядочно, нервные центры начинают дряхлеть значительно раньше, и умственный аппарат как бы изнашивается преждевременно.

У нас в России, к сожалению, очень распространено мнение, будто это особенность собственно тупиц — усидчиво и методически работать над делом, людям же действительно способным приличествует работать только экспромтом, по вдохновению. Это, без сомнения, в высшей степени вредный и ложный взгляд. Только по первому впечатлению может казаться, будто то или другое решение вопроса приходит внезапно, как бы невзначай, по наитию, независимо от усилий мыслящего человека; на самом деле и то решение вопроса, которое возникает «по вдохновению», — есть результат, может быть, скрытой в прошлом, но все же упорной и систематической работы; и гениям мысль никогда не приходит без предварительной подготовки, ибо «из ничего ничего не бывает». Отсюда понятно то определение, которое дал Ньютон, когда его спросили, что такое, по его мнению, гений: «гений — это труд». Гений — это, прежде всего, гениальный труженик! Затем — это человек, обладающий в высшей мере способностью произвольного внимания. И если для того же Ньютона, — как говорит предание, — принцип тяготения открылся вдруг, когда он сидел в саду и увидел падающее с дерева яблоко, а закон образования коэффициентов в ряде, в который разворачиваются степени двучлена, предстал его умственному взору неожиданно, когда он сидел на званом обеде, — то и тот и другой случай был во всяком случае только завершением упорной скрытой работы, происходившей в уме Ньютона в предшествующее время в области проблем, намеченных Галилеем, Кеплером и Паскалем. О том, как упорно и настойчиво работал Ньютон, сохранились

достоверные сведения: отдаваясь идеям, которые его захватывали, он изолировался от людей на целые недели.

Классический пример того, что называют внезапным «озарением» при научном открытии, известен из рассказа Витрувия о том, как Архимед пришел к идее о потере веса телом, погруженным в жидкость. «Опустившись в ванну, он заметил, что вода выливается из ванны по мере того, как он в нее опускается. Догадавшись о причине этого явления, он, не теряя ни минуты, выпрыгнул из ванны и голый побежал домой, громко крича, что нашел то, что искал. Он кричал „εὕρηκα, εὕρηκα...!“» Архимед внезапно догадался, что его тело и вытесняемая им вода находятся в таком же отношении, как грузы, действующие на две чашки весов. Само собой понятно, что наблюдение Архимеда над водой в ванне могло навести его на новую идею только потому, что великим ученым древности были уже выработаны представления сначала о рычаге и затем о равновесии тяжестей. Образ Архимеда, как напряженного работника, всецело уходящего вниманием в предмет своей мысли, ярко выступает в известном рассказе о его смерти при взятии Сиракуз римлянами. Он, повидимому, не отдавал себе отчета, что город взят, и ворвавшихся солдат просил только об одном, — чтобы они не испортили его чертежей.

О Канте известно, что он очень подолгу, целыми годами, обдумывал свои труды по вечерам, всячески ограждая при этом свое внимание от внешних рассеивающих впечатлений и педантически охраняя свою привычную обстановку; только после длительного и напряженного мыслительного труда он приступал к писанию, которое шло сравнительно быстро. По его собственным словам, труд обдумывания «Критики чистого разума» потребовал у него двенадцати лет, написано же это сочинение было в пять месяцев.

Наш Тургенев также подолгу готовился к своим работам; обыкновенно, лежа на диване, который он называл «самсон», он отдавался мысли, комбинировал образы, занимавшие его сознание, пробовал различные сочетания, — словом, производил громадную умственную работу, и нет ничего удивительного, если после такой подготовки из-под его пера выливались почти сразу его новые сочинения, почти не требуя переработки.

О громадном труде, который развивал Л. Н. Толстой в процессе творчества, говорят многочисленные живые свидетели его деятельности. Некоторые свои работы он вынашивал в себе по несколько лет, как бы подготавливая для них благоприятную почву. Например, трактат «Что такое искусство?» был начат еще в 70-х годах. «Но взявшись тогда за работу,

Л. Н. увидел, что многие краеугольные вопросы искусства еще недостаточно укреплены в нем. И только по истечении семнадцати лет, когда все перебрало в его сознании и улеглось, он взялся, наконец, за начатую работу...». Л. Н. постоянно и много писал, пускал же в печать далеко не большую часть из написанного. В 1896 году он закончил «Воскресение» и уже читал его тогда некоторым знакомым, но за тем совершенно отложил эту работу. Потом он вернулся к ней из филантропических побуждений, в голодный год, и теперь всю ее переработал заново, — изучал для нее тюремный вопрос, юридическую практику. «Своей манерой работать Лев Николаевич напоминает прежних живописцев. Установив план работы и собрав большое количество этюдов, он сначала как бы набрасывает эскиз углем и пишет быстро, не думая о частностях. Написанное таким образом он отдает переписать начисто... Пишет Л. Н. обыкновенно на четвертушках простой бумаги... исписывая иногда в день по 20 страниц, что составляет более половины печатного листа... Работает он преимущественно утром, между девятью и тремя часами, считая этот промежуток времени наилучшим для работы... Когда новое произведение Л. Н., начисто переписанное, появляется на его рабочем столе, оно подвергается немедленной переработке. Но это опять все еще нечто в роде эскиза углем. Рукопись быстро испещряется пометками и вставками между строками, сбоку, снизу и с переносом на другую страницу. Целые фразы заменяются другими, которые, как молнией, освещают иногда выводимый образ с новой стороны... Второй раз переписанная начисто работа подвергается той же участи. В третий раз — то же самое. Некоторые главы переписываются Л. Н. более десяти раз. Между тем он почти вовсе не заботится о внешней отделке и пытается даже некоторого рода отвращение ко всему подстриженному в искусстве... Все более и более вооружаясь, по мере писания, своими воспоминаниями и новыми сведениями по вопросу, который он затрагивает, Л. Н. упорно, пытливо и настойчиво работает над каждой главой, делая лишь небольшие перерывы для отдыха и прибегая обыкновенно к раскладыванию пасьянса в затруднительные минуты... Напряженное доискивание рельефа и ясности в каждом изображаемом им лице составляет в это время самую главную заботу для Л. Н. и он любит говорить по этому поводу, что золото добывается усиленным просеиванием и промыванием...». Новый и тоже громадный труд для Л. Н. наступал тогда, когда работа появлялась набранной в корректурах. «Л. Н. превращал корректурные листы в сплошную сеть поправок. Со вто-

рой корректурой происходило то же самое. И можно сказать, не преувеличивая, что если бы Л. Н. пришлось держать девяносто девять корректур какого-нибудь из своих произведений, то и девяносто девятая корректура была бы испещрена поправками. В корректуре умственная зоркость его еще более изощряется, и иные главы выходят до неузнаваемости изменившимися...» (П. Сергеевко). Вот, стало быть, каким огромным и методическим трудом Льва Толстого рождались его творения!

Может показаться, что, по крайней мере, вдохновение поэта дается ему даром, как внезапное осенение, и не предполагает в нем труда над собой и над своими идеями. Можно подумать, что так и понимал творчество поэта Пушкин, когда он писал:

Пока не требует поэта
К священной жертве Аполлон,
В заботах суетного света
Он малодушно погружен,
Молчит его святая лира,
Душа вкушает хладный сон
И меж детей ничтожных мира,
Быть может, всех ничтожней он
Но лишь божественный глагол
До слуха чуткого коснется,
Душа поэта встрепенется,
Как пробудившийся орел...

Но Пушкин, может быть, лучше, чем кто-нибудь другой, различал творческое вдохновение, опирающееся на глубокий труд мысли, и минутную, более или менее случайную вспышку поэтической восторженности. «Критика смешивает, — писал он, — вдохновение с восторгом... Вдохновение нужно в геометрии, как и в поэзии. Восторг исключает спокойствие — необходимое условие прекрасного. Восторг не предполагает силы ума, располагающего частями в отношении к целому. Восторг непродолжителен, непостоянен, следовательно, не в силах произвести истинное, великое совершенство. Гомер неизмеримо выше Пиндара. Ода стоит на низших степенях творчества. Она исключает постоянный труд, без коего нет истинно великого...».

И мы узнаем из биографических данных о Пушкине, как он глубоко и настойчиво работал над изучением эпох, исторических материалов, русской речи и письменности. Достаточно посмотреть оставшиеся после него записки, заметки, исторические отрывки, чтобы понять, какой сильный и бодрый работник был он.

В настоящее время все более утверждается убеждение, как у нас, так и, в особенности, в Западной Европе, что поэту необходимо правильно и систематически работать над выразительностью и стилем языка, над рифмой, над созданием образов и пр. Подчас дело доходит почти до ремесленного труда. Золя, например, считал своим ежедневным долгом — дневным уроком — написать не менее восьми страниц. На первый взгляд может показаться даже унижительным для поэта и великого ума такое почти ремесленное отношение к делу, но в действительности в нем кроется глубокий смысл: это наилучший способ для приобретения большой работоспособности.

В русском обществе найдется очень немного людей, работающих систематически — правильно. У нас глубоко укоренился обычай работать отдельными приступами труда с большими, и подчас очень большими, перерывами. По мнению такого тонкого наблюдателя и знатока русской жизни, каким был проф. Ключевский, в этой склонности работать отдельными энергическими порывами сказывается, быть может, то обстоятельство, что самый коренной труд русского человека искони был труд земледельческий с необходимостью развить необыкновенную энергию работы наспех в короткое лето и с продолжительным, вынужденным полубездействием в долгую суровую зиму. Но если и можно найти историческое извинение тому, что мы мало работаем методически, то это не изменяет того, что в современных условиях жизни интеллигентного общества мы непроизводительно и рано переутомляемся, не выполнив далеко того, что должны были выполнить, и чрезвычайно много теряем главным образом из-за отсутствия правильного и систематического труда, и, стало быть, выработка и воспитание привычки к нему в наших новых поколениях есть дело необходимости.

К рассмотренным нами четырем условиям производительности умственной работы следует прибавить еще *пятое* условие, именно — более или менее благоприятное *отношение общества* к данной форме умственного труда. Когда читаешь жизнеописание Ломоносова, становится необыкновенно обидно, что этот выдающийся мировой гений оставил в сущности такой ничтожный для него след во всемирной науке, и это при всем том, что он предвосхитил, задолго до общепризнанных творцов европейской науки, основоположения современного нам знания. Насколько велик был Ломоносов как ученый, можно видеть из следующего. Он еще в середине XVIII столетия предложил механическую теорию тепла, рассматривая тепло как молекулярное движение и подрывая своей

критикой теорию «теплорода», которая тогда господствовала и которая, как известно, продолжала признаваться еще до 60-х годов XIX века. Исходя из механического представления о тепле, Ломоносов пришел к учению о непрерывности твердого, жидкого и газообразного состояния веществ, как различной степени подвижности молекул. Отсюда, далее, вытекло представление его об упругости газа, как прямом следствии теплового движения частичек. Затем Ломоносов решительно восстал против учения о «световой материи», служащей будто бы основой световых явлений, и развил представления о свете, как о волнообразном движении, — колебательном движении эфира. Наконец, в письме к Леонарду Эйлеру от 5 июля 1748 г. Ломоносов высказывает, что «все изменения, случающиеся в природе, так происходят, что если к одному телу что-нибудь прибавится, то столько же отнимется от другого... Тело, передающее свое движение другому, теряет ровно столько движения, сколько сообщает другому». Таким образом он оказывается автором принципов сохранения вещества и количества движения задолго до Лавуазье, И. Р. Майера и Гельмгольца, и он вполне отдавал отчет в том, что эти принципы представляют из себя «всеобщий закон природы». Руководясь этими принципами, Ломоносов выступил решительным противником теории «флогистона» и в учении о горении встал на точку зрения Лавуазье за 17 лет до начала исследований последнего. Вспомним, что вместе с такой удивительной по гению деятельностью в области физики и химии Ломоносов занимался астрономией, метеорологией, навигацией, географией, минералогией, металлургией... Затем он был историк, филолог, поэт, художник-мозаист. В истории русской словесности он по праву считается реформатором литературного русского языка.

Как же могло случиться, что такой человек, далеко опередивший своей мыслью современную ему европейскую науку, остался, в сущности, так мало известен в истории человеческого знания? Ведь, в сущности, мы теперь постепенно «открываем» его и необычайную силу его научной мысли. Очевидно, что общественная среда, окружавшая Ломоносова, хотя и чувствовала смутно, что это перед нею очень большой человек, слишком далека была от того, чтобы понять и оценить его значение. Может быть из современников понимал его по достоинству один только знаменитый Эйлер! Остальное русское общество не имело никаких данных, чтобы оценить его, как следует. Ведь даже такой передовой человек XVIII столетия, как Радищев, полагал о Ломоносове, что он «не достиг великости в испытаниях природы, но действия ее вели-

котепные описал нам слогом чистым и внятным... Он скитался путями проложенными и в нечисленном богатстве природы не нашел он ни малейшая былинки, которой бы не зрели лучшие его очи...». Огромное же большинство нашего общества еще и в XIX столетии видело в Ломоносове оригинального мужика с похвальной склонностью к просвещению, который писал стихи, по случаю чего и был, ради примера, сделан генералом. При жизни Ломоносову приходилось тратить очень много сил непроизводительно, чтобы добиться возможности работать над теми проблемами, которые занимали его мысль. Слишком семь лет хлопотал он о том, чтобы дали ему какое-либо подобие лаборатории для химических опытов, и после семи лет он добился лишь жалкой комнаты со слишком незначительным научным инвентарем. При таких условиях он не мог довести до конца многих своих великих планов. Много энергии приходилось ему расходовать и на борьбу с враждебными ему силами. Когда-то Шувалов, в общем покровительствовавший ему, пригрозил ему за строптивость против враждебной немецкой партии в академии: «Мы отставим тебя от академии», — сказал он ему. «Нет, — отвечал Ломоносов, — разве академию отставите от меня». Он понимал свои силы и то, что он мог сделать. Но русское общество было виновато в том, что при жизни Ломоносов сделал значительно меньше, чем мог он сделать по силе своих дарований. Оно виновато и в том, что после смерти его, имя его не стоит на той высоте, — в первом ряду признанных творцов европейской науки, — где по праву ему подобает быть.

Необходимо, чтобы общественная среда обеспечивала достаточно проторенные пути существования и экономического применения сил для научных работников; только при этом условии способности и внимание работника могут всецело отдаваться задачам, стоящим на очереди, и развитие знания пойдет успешно. В настоящее время в культурных странах сложились своего рода шаблоны, руководясь которыми научный работник может пойти по избранной им дороге с наименьшей затратой своего внимания на посторонние и чисто житейские дела. Именно потому, что таких шаблонов у нас почти еще не выработалось, мы, русские, так сильно разбрасываемся в своей деятельности и вследствие разбрасывания делаем в общем гораздо меньше, чем могли бы сделать, несмотря на природную одаренность нашего народа и очень разностороннюю образованность интеллигенции, отмечаемые иностранцами. При отсутствии спокойного, хорошо направленного систематического труда высоко одаренный наш соотечественник

делает подчас меньше, чем довольно ограниченный иностранец, спокойно идущий той колеей, которая проторена ему доброй традицией и школой.

Громадное, совершенно исключительное значение для успешного умственного труда и для воспитания производительного работника мысли имеет *школа* в широком смысле слова, т. е. вся та духовно-культурная атмосфера, которая окружает человека, и совокупность приемов и правил деятельности, которые даются ему по преданию от прежних поколений работников. Культурные страны сильны именно школами и преданиями работы. Совершенно ложен тот взгляд, по которому едва ли не каждое поколение «детей» должно создавать все сначала по сравнению с тем, что делали «отцы». Условия действительного прогресса работы, в конце концов, те же самые, что и условия для преемственности добрых преданий работы. Там, где все непрестанно переделывается заново и все непрестанно меняется, прогресс может быть только эфемерный. В действительно передовых странах прогресс и традиции связаны неразрывно, происходит из поколения в поколение накопление духовных сокровищ, все новое в жизни прикладывается к старому накопившемуся опыту, и предания прежних поколений работников ставят сразу на надежный и экономический путь новые рабочие силы.

С другой стороны, общественная среда не должна, конечно, стеснять и подавлять *личную инициативу* работника. Там, где люди слишком полагаются на школу, на общественную помощь, на внешнюю организацию деятельности, это может повлечь за собой ослабление самостоятельности и личной инициативы в работе. Справедливо говорят, что большое преимущество воспитания заключается в том, чтобы открыть более широкое поле личной самостоятельности человека, личная инициатива всячески поощряется, человеку внушается с детства, что он должен работать сам за себя, не полагаясь на поддержку — родовую или социальную. Все воспитание молодых поколений ведется в этом направлении: ребенку предоставляется путем личного опыта, узнать опасности и научиться собственными силами предотвращать их. Слишком большое суровое отношение к общественному опеканию личного труда и инициативы может быть, без сомнения, так же вредно, как и намеренное препятствие работе. Это относится одинаково и к промышленной деятельности человека и к его умственному труду.

Каждый молодой организм в нормальных условиях носит в себе громадный запас сил и задатков. Обыкновенно лишь часть этих сил и задатков действительно осуществляется и

утилизируется в дальнейшей жизни человека и, в большинстве случаев, лишь часть незначительная. Насущный вопрос заключается в том, как использовать по возможности полнее тот богатый запас сил, который заложен в нашу организацию. В практическом разрешении этого вопроса и лежит задача школы. Путем *упражнения* она должна воспитать в организме определенные *привычки и приемы деятельности*, чтобы помочь развитию и осуществлению в чем его природных задатков. Школа — это, прежде всего, правильная дисциплина деятельности.

Исходные склонности и свойства человека, как деятеля, слагаются еще в то время, когда нервно-психическая организация обладает наибольшей пластичностью, в детстве и юности; личная же самостоятельность человека начинается, в сущности тогда, когда пластичность нервно-психических процессов уже ослабела, и дальнейшие приспособления и сознательная работа отправляются от более или менее определившихся уже особенностей личности. Но и в период сознательной личной работы направление и общий характер нервно-психической деятельности могут быть в значительной степени изменены сознательным формированием в себе путем упражнения определенных навыков и привычек. То, что приобретается путем сознательно-намеренного упражнения и труда, опускается затем ниже порога сознания и становится бессознательным, укрепившись *навыком*, который действует затем без участия сознания и подчас даже еще лучше, чем при вмешательствах со стороны сознания. Мы выше видели это на примере человека, обучающегося ездить на велосипеде.¹ Но то, что опустилось ниже порога сознания и укрепилось, как новое свойство организма, в свою очередь влияет определяющим образом на дальнейшую деятельность сознания, — на то, как и куда направится затем сознательная работа, обогащенная новым навыком. Это справедливо как для более элементарных форм деятельности, так и для высших форм умственного труда. Ведь и в умственной, и в высшей эмоциональной своей деятельности мы продолжаем теснейшим образом зависеть от тех навыков, привычек и склонностей, которые оказываются заложенными в нашей организации под влиянием то более или менее случайных условий прошедшей жизни, то сознательного упражнения и самовоспитания в прошлом периоде нашей деятельности. В тех картинах, которых нам пришлось коснуться по поводу гипнотических яв-

¹ Ср. выше стр. 317—318.

лений и так называемых «раздвоений личности», видно с особенной выразительностью, как человек, находясь в определенном потоке воспоминаний из прошлого, чувствует и мыслит и действует совершенно особенным образом, — не так как он же думает и действует под влиянием другого потока своих воспоминаний и образов прошлого. И в эмоциональной, и в интеллектуальной, и в волевой сфере человек зависит от своей организации, от навыков, от приобретений и упущений в прошлой своей деятельности. Свобода из-под этой зависимости не может быть создана вдруг — из ничего. Если человек хочет освободиться из-под ига прошлых навыков и влияний, он должен идти путем трудной, постепенной и методической выработки новых навыков и обычаев, которые, сделавшись привычными свойствами его организации, смогут потом вытеснить противоположные влияния. *Постепенное и систематическое упражнение и, как его результат, укрепляющий навык* — вот, вообще говоря, самый надежный способ успешной и производительной работы.

В самых высших сферах умственной деятельности человек также не является каким-нибудь свободно парящим орлом, и там его деятельность, общий характер и направление идей определяются непроизвольно его организацией и содержанием подсознательной сферы. Сознательная работа мысли и заключается в том, чтобы уловить и выяснить то, что зародилось и бродит в подсознательном. И мы знаем из жизнеописания наиболее гениальных мыслителей, что они были способны впадать в особое состояние глубокой сосредоточенности, при котором воля их не участвовала и в котором они как бы рассуждали мысленно сами с собою, оставаясь многими часами в этом погружении внимания в самих себя, — своего рода самогипнозе. Сократ однажды впал в такое состояние на городской площади, не заметив, как разошлись его ученики и как наступила ночь; проходила ночная стража, первая, вторая и третья, а Сократ все стоял, и только тогда, когда настало утро и солнце озарило его первым лучом, он очнулся от задумчивости и пошел домой. Трудно сказать с определенностью, в чем заключалось подобное состояние, но вероятно, что лишь вначале Сократ сознательно работал над определенной идеей, а затем, по мере углубления ума в интенсивную деятельность, внимание все более и более изолировалось от внешних впечатлений, и работа мысли складывалась затем уже непроизвольно. Великий афинский мудрец говорил, что он беседует в таких состояниях со своим «Демоном» — руководителем и советником — и черпал из них темы для бесед с учениками.

Важно отметить следующую особенность в нашей организации. Высшие духовные приобретения человека оказываются обыкновенно в истории его развития и позднейшими; это понятно, так как они оказываются результатом наибольшего труда со стороны человека, значит, — требуют наиболее богатого предварительного развития сил и способностей. Оказывается, что эти позднейшие и наиболее дорогие приобретения сознательной деятельности человека в то же время наименее прочны, наименее закрепляются навыком и привычкой и поэтому наиболее легко утрачиваются при отсутствии упражнения. Что приобретения сознательной деятельности менее прочно и глубоко лежат в нашей организации, чем инстинктивно и бессознательно приобретаемые навыки детского возраста, это происходит оттого, что пластичность нашей нервно-психической организации имеет свой предел, и, как мы сказали выше, именно там, где кончается детская и юношеская пластичность организма, начинается сфера собственно сознательного и намеренного труда. И вот оказывается, что для поддержания на определенной высоте какой-нибудь высшей формы духовной деятельности, например, музыкальной, даже первоклассный талант нуждается в постоянной тренировке и упражнении. Рубинштейн считал нужным играть на рояле ежедневно по восьми часов. То же самое правило остается в силе и для высших форм умственной деятельности: в сфере высших и наиболее дорогих для нас навыков требуется постоянное поддержание известного напряжения, *постоянное упражнение*.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к V тому	5
Предисловие студентов-составителей	7
Предисловие редактора первого издания курса лекций	9

ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ, НЕРВОВ И НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ

Введение	13
--------------------	----

МЫШЕЧНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Собственная возбудимость мышц	47
Графический метод Гельмгольца	51
Анализ одиночного сокращения мышцы	52
Суммирование кривых мышечного сокращения	53
Частота раздражения, производящая самый сильный тетанус	56
Оптимум силы тетанического раздражения	58
Колеблющаяся природа тетанических сокращений	59
Трансформированные мышечные тоны	60
Волевое сокращение мышц	62
Абсолютная сила мышцы	66
Эластические свойства мышц	71
Тяжесть, действующая на мышцу в качестве раздражителя	72
О мышечном утомлении	73
Теплота, развивающаяся при работе мышц	76
Химия мышц	78
Химический состав мышц	83
Источники мышечной работы	85
Зависимость мышечной работы от питания и от центральной нервной системы	89

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Общая нервная физиология	94
Проводимость нервов	95
Условия для проведения возбуждения в нерве	95
Скорость распространения нервного возбуждения	99
Гальванометрический способ Гельмгольца для определения скорости распространения возбуждения в нерве	99

Второй метод Гельмгольца для определения скорости проведения возбуждения в нерве	102
Раздражительность нервов	105
Раздражители нервов	105
Электрические раздражители	105
Механические раздражители	107
Термические раздражители	108
Химические раздражители	108
Действие постоянного электрического тока на нерв	110
Закон сокращений или закон Пфлюгера	110
Электротонические изменения	113
Электрические явления	115
Неполяризующиеся электроды	119
Собственный ток мышцы и нерва	121
Отрицательные колебания в мышце и в нерве	122
Электромолекулярная теория Дюбуа Реймона и альтерационная теория Германа (или теория изменения)	124
Исследование природы отрицательного колебания или тока действия	128
Неутомляемость нерва	137
Теория электрона	142
Условия жизни нервов	147
Влияние кровообращения	147
Перерождение нервов	148
Регенерация нервов	149
Прибавление	150
Об электрических рыбах	150
Явления статического электричества в животном организме	153
Животный свет	155

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ

Спинной мозг

Анатомический обзор	163
Рефлекторная и автоматическая деятельность спинного мозга	164
Закон Чарльза Белла	168
Центры для двигательных и чувствующих волокон	171
Передача импульсов в спинном мозгу	173
Распространение рефлексов в спинном мозгу и их относительная целесообразность	177
Локализация центров в спинном мозгу	179
Влияние стрихнина на иррадиацию рефлексов	181
Влияние головного мозга на рефлексы	187
Теории торможения в центральной нервной системе	195

Продолговатый мозг

Функции черепных нервов	206
Рефлекторная деятельность продолговатого мозга	220

Средний отдел головного мозга

Анатомические данные	224
Органы координации движений	231
Мозжечок	231
Подкоружные каналы	233

	Стр.
<i>Большие ганглии головного мозга (Базальные узлы):</i>	
Четвероходные и зрительные бугры	236
Полосатые тела (чечевицеобразное и хвостатое ядра)	241
Большие полушария	243
Развитие головного мозга	243
Большие полушария как орган психической деятельности	243
Строение коры больших полушарий	252
Локализация функций в коре полушарий	257
Психоптическая и психоакустическая зоны	269
Локализация функций в коре больших полушарий мозга обезьяны и человека	273
Проводящие пути центральной нервной системы	296
Опыты Гольца над головным мозгом	304
Опыты Гольца над спинным мозгом	309
Идеомоторные акты и развитие сознательно-волевой деятельности	313
Психофизический закон Вебера—Фехнера	320
Измерение времени психических реакций	326
Сон нормальный и гипнотический	332
Влияние наркотиков на деятельность головного мозга	358
Условия продуктивности умственной работы	362

Редактор Г. Г. Мельникова

Техн. редактор С. Д. Водолагина

Корректоры Р. Я. Цыпкина и Г. А. Железнякова

Подписано к печати 23-IX 1954 г. М-41772. Тираж 3000 экз.
Печ. л. 23³/₄. Формат бум. 60x92¹/₁₆. Уч. изд. л. 25,05. Заказ 701.

Тип. ЛОЛГУ. Ленинград, Университетская наб., 7/9.