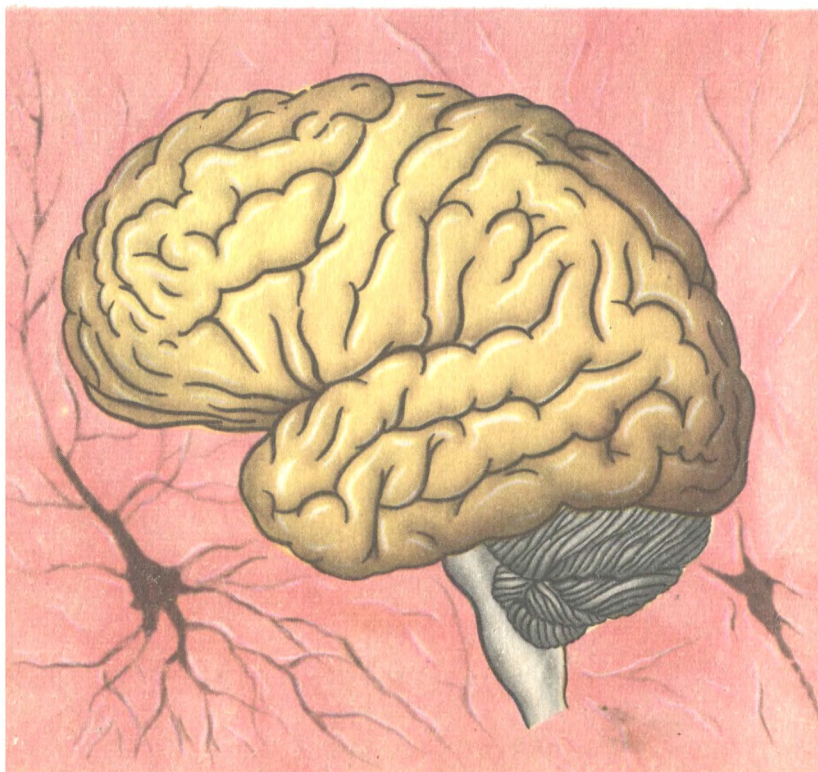
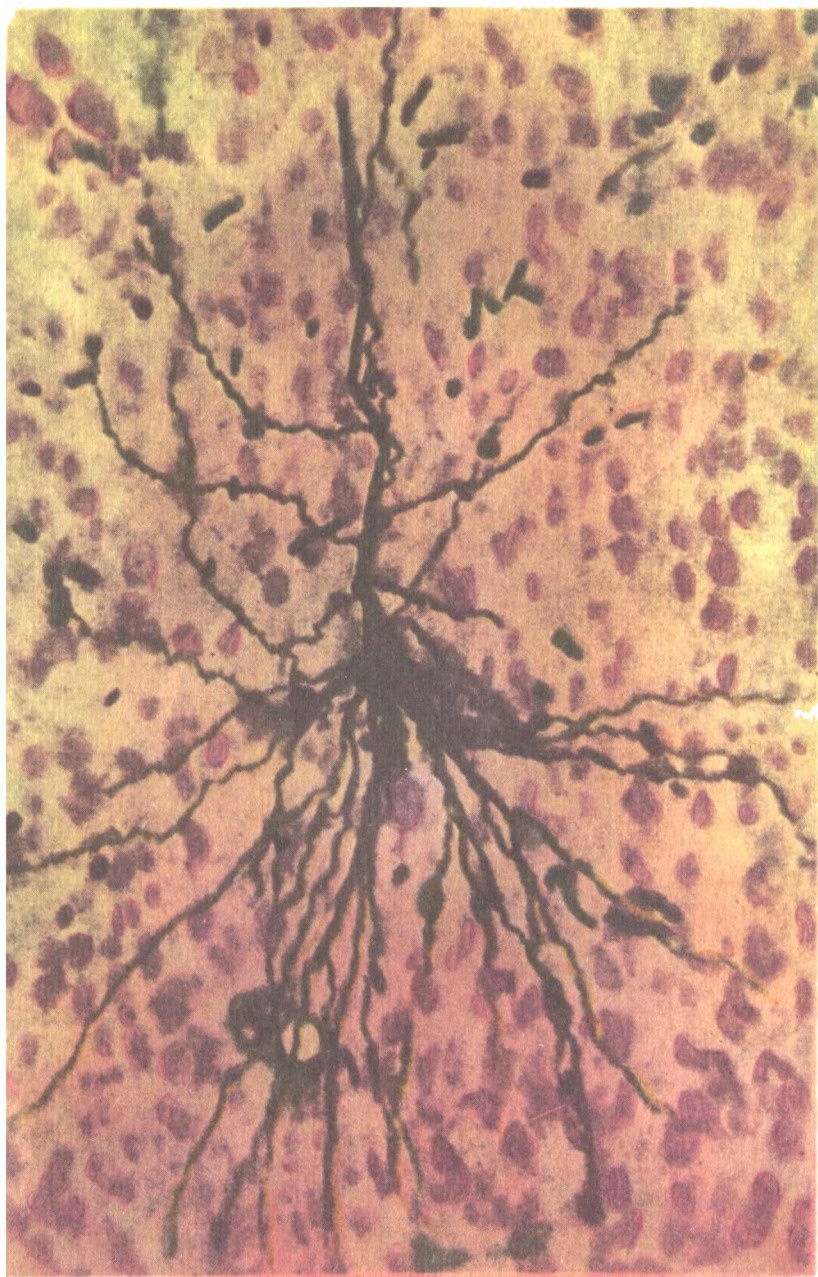


МДР знаний

Б.Ф.Сергеев

Высшая форма организованной материи





Нейрон мозга кошки (микрофотография)

МИР ЗНАНИЙ

Б.Ф.Сергеев

Высшая форма организованной материи

РАССКАЗЫ О МОЗГЕ

Книга для внеклассного чтения
учащихся 8—10 классов средней школы

ББК 28.91
С32

Рецензенты: доктор биологических наук *Н. А. Тушмалова* (МГУ им. М. В. Ломоносова); кандидат биологических наук *А. Н. Иноземцев* (МГУ им. М. В. Ломоносова); учитель биологии *З. М. Спитковская* (школа № 151 Москвы)

Сергеев Б. Ф.
С32 **Высшая форма организованной материи: Рассказы о мозге: Кн. для внеклас. чтения учащихся 8—10 кл. сред. шк. — М.: Просвещение, 1987. — 160 с., 4 л. ил.: ил. — (Мир знаний).**

В книге рассказано о физиологии человеческого мозга и гигиене умственного труда. Школьники, интересующиеся проблемами высшей нервной деятельности человека, найдут здесь интересный материал об анатомии мозга, строении и функциях нейронов и нервной ткани, о второй сигнальной системе, о типах высшей нервной деятельности. Рассматривается пагубное влияние алкоголя на мыслительную деятельность человека.

С $\frac{4306020000-765}{103(03)-87}$ — 269—87

ББК 28.91

КОНСТРУКЦИЯ ЖИВОГО КОМПЬЮТЕРА

ТАИНСТВЕННОЕ НИЧТО

Около пяти тысяч лет назад в истории человечества произошли чрезвычайно важные события — зародились первые цивилизации, сформировались первые государства. Они возникали в самых удобных и благоприятных для жизни людей областях планеты, в плодородных долинах крупнейших рек: Нила, Инда, Тигра и Евфрата. Первоначально эти три островка цивилизации не были связаны между собою, слишком далеко они находились друг от друга, а на огромных пространствах между ними люди еще вели первобытный образ жизни. Но постепенно зона цивилизации росла, расширялась. Появлялись новые очаги: в Малой Азии, в южной части Средней Азии, на территории нынешнего Ирана, а на юге Балканского полуострова — греческий — первый очаг цивилизации на Европейском континенте. В этих очагах развивались земледелие и животноводство, ремесла и градостроительство, возникла письменность и зародилась наука.

Первые шаги науки были еще робкими и неуверенными, но постепенно она набирала силу и в V — IV веках до н. э. достигла чрезвычайно высокого развития. Особенно большое влияние на дальнейшую судьбу человечества оказали ученые Греции. Удивительно много древние греки знали об окружающем их мире. Своим вниманием они не обожли и человека. Интересовало их и строение человеческого тела, и функции его отдельных органов. Правда, в этом отношении древние греки делали лишь первые шаги. Казалось бы, анатомия, чисто описательная наука, самой судьбой предназначена для ученых той далекой поры, когда еще не существовало сложных приборов, которые позволили бы вести исследовательскую работу широким

фронтом. А анатому особые приборы не нужны. Вполне достаточно иметь острый нож, зоркий глаз и не слишком неумелые руки. Тем не менее анатомия не развивалась, а скорее топталась на месте. Это объяснялось многими причинами, в том числе запретом на вскрытия человеческих трупов, который в древнем мире существовал почти повсеместно. Откуда же было черпать сведения о внутреннем устройстве человеческого тела? Недаром многие тайны строения человеческого тела ждали своих Колумбов не одну сотню лет.

Удивительно, как долго люди открывали мозг. Нет, от взора ученых древности, конечно, не укрылось, что полость черепа заполнена каким-то беловатым студенистым веществом. Еще первобытные охотники использовали мозг, как и другие органы, в пищу. У древних греков жареные бараньи мозги считались излюбленным лакомством. Для знаменитых пиров римского полководца Лукулла из них готовились десятки блюд. Так что о существовании особого органа, находящегося в полости черепа, люди знали с незапамятных времен. Неизвестно им было лишь, для чего предназначен этот странный орган.

Важнейшей вехой в развитии науки стала эпоха Аристотеля. Великий ученый всех времен и народов жил в IV веке до н.э. Личный вклад, внесенный Аристотелем в науку, во многом определил ее развитие почти на 2000 лет вперед. Это объясняется не только выдающимися способностями ученого и его огромным трудолюбием, но и счастливыми обстоятельствами его жизни. Аристотелю пришлось четыре года жизни затратить на педагогическую деятельность. Он прожил их в Пелле при царском дворе в качестве воспитателя будущего знаменитого полководца Александра Македонского. Став царем и владыкой полумира, Александр облагодетельствовал своего учителя. Кроме огромных денежных сумм, выделяемых на научные исследования, большая армия ученых, сопровождавшая Александра в его походах, все наблюдения, сделанные в завоеванных странах, собранные там коллекции и наиболее значительные труды местных ученых отправляла в Афины Аристотелю для дальнейшей обработки.

Аристотель внес собственный вклад во все области человеческих знаний, существовавших в его эпоху, систематизировал и обобщил все, что было известно тогдаш-

ней науке. Для нас особенно интересны его представления о мозге. Великий ученый не придавал ему особого значения. Он считал мозг холодным и думал, что он служит лишь для охлаждения крови.

Аристотель был не одинок в своем пренебрежительном отношении к мозгу. Даже Гиппократ, знаменитый врач и ученый, которому было хорошо известно, что повреждение мозга может вызвать смерть человека или развитие у него параличей, все-таки считал мозг простой железой и приписывал ему важную роль в выделении из организма излишков влаги. Дело в том, что внутри мозга находятся четыре небольшие полости — желудочки мозга, связанные с внутримозговым каналом продолговатого и спинного мозга. Они заполнены бесцветной прозрачной спинномозговой жидкостью. Спинной мозг помещается в костном канале позвоночного столба. Нижняя часть позвоночника, его крестцовый и копчиковый отделы входят в состав костей, образующих таз, где расположен такой орган, как мочевой пузырь. В общем, характер мозгового вещества, явно содержащего достаточно много влаги, да и само строение головного и спинного мозга, с его системой полостей и каналов, давало достаточно оснований считать его органом, собирающим излишки влаги, и началом выделительной системы, предназначенной для ее выведения из организма.

Человеческая психика, наша способность мыслить, рассуждать, создавать идеи и хранить в памяти огромное количество сведений, конечно, не остались незамеченными учеными древности. Существование этих важнейших свойств человеческой личности требовало какого-то объяснения. Ученые древности еще не доросли до представлений о том, что мыслить может какая-то специально для этого предназначенная часть организма, какой-то отдельный орган человеческого тела. Ученым той эпохи мысль представлялась чем-то самостоятельным, не связанным с самим организмом. Собственно, в эпоху Аристотеля не было необходимости придумывать для объяснений мыслительной деятельности что-то новое. Еще задолго до возникновения на Земле первых цивилизаций сложилось представление о наличии у каждого человека особого двойника — бестелесной, недоступной восприятию души. По этим представлениям выходило, что человек состоит из двух начал: тела — сложной машины, которую нужно снабжать энергией, чтобы она

могла работать или просто двигаться, и управляющей телом души.

Душа считалась значительно важнее тела. Люди думали, что когда душа временно, ненадолго покидает тело, человек становится неполноценным: у него отсутствует сознание, он ничего не ощущает, ничего не видит и не слышит. Так объясняли особое состояние человека, когда он спит или находится в обмороке. А если душа совсем покинет тело, человек умирает.

Как люди представляли себе эту таинственную душу? По-разному. Примерно так же, как позже ее изображала христианская религия: как нечто не просто невидимое и неосязаемое, а вообще нематериальное. Ученые даже тех далеких эпох, когда склонность людей ко всему таинственному и чудесному была очень развита, не могли принять такой версии о сущности человека. Большинство ученых придерживались более материалистических представлений. Они могли допустить существование вещей, которые нельзя ни увидеть, ни как-то иначе ощутить (теперь мы знаем о существовании огромного числа явлений и вполне материальных вещей, которые можно обнаружить лишь с помощью сложнейших приборов), но вот представить себе, что такая важная часть человека, как душа, имеющая для нас огромное значение, и вдруг нематериальна, т.е. ни из чего не состоит, им вообразить было трудно. Многие греческие ученые представляли душу куда более вещественной. Греческие ученые придумали для этого пневму — тонкое эфирное вещество, такую тонкую субстанцию, как, например, воздух (о его существовании еще не было известно) или что-то еще более нежное и тонкое, так что увидеть, ощутить ее было невозможно.

Может показаться, что между греческими учеными, интуитивно склонявшимися к материалистическим представлениям, и зародившейся позже христианской религией существенной разницы нет. Ну, действительно, какая разница между нематериальной, а потому невидимой душой и душой, состоящей из вполне материальной субстанции, но какой-то такой, что несовершенные органы чувств человека обнаружить ее не могут. На самом деле разница весьма существенна. Нематериальная душа могла бы находиться где угодно. Поскольку она простая фикция, поскольку она ни из чего не состоит, ей в организме никакого специального помещения не нужно. Другое дело душа материальная, состоящая из пневмы, эфира, флюи-

да¹ или из чего-то другого. Хотя такая душа нам не видна, но она должна где-то находиться, занимать какое-то место. Для нее в организме должно существовать специальное помещение.

Представления греческих философов и ученых о существовании у человека вполне материальной души, какой-то определенной части человека, которая чувствует, мыслит, руководит нашим телом, почти на 2000 лет вперед предопределили особенности изучения психической деятельности. Поскольку изучать что-то невидимое казалось невозможным, внимание ученых в первую очередь сосредоточилось на поисках «апартаментов» души — места, где она помещается в организме. Характер этого помещения мог кое-что рассказать и об особенностях ее деятельности.

Первоначально жилище души искали в сердце и в диафрагме — грудобрюшной преграде (рис. 1). Почему именно эти органы в первую очередь обратили на себя внимание ученых — понятно. Пока человек жив, они всегда деятельны. Сердце сокращается около 75 раз в 1 мин, а диафрагма, движения которой обеспечивают дыхание, около 20 раз. Древние греки экспериментов практически не ставили. За деятельностью сердца и диафрагмы им случалось наблюдать, разделявая туши тяжело раненых, не добытых животных, и у раненых людей, получивших такие повреждения тела, что сквозь них можно было видеть внутренние органы. У тяжело раненых и сердце и диафрагма могли работать еще интенсивнее. А когда деятельность этих органов прекращалась, наступала смерть. Это наталкивало на мысль, что пока душа находится в этих органах, она приводит их в движение, а когда покинет — движения прекращаются. В то время люди еще не знали, что мышцы способны сокращаться и именно они являются двигателями наших конечностей. У греков считалось, что руки и ноги приводит в движение душа, наполняющая их пневма.

Представления о том, что сердце или диафрагма являютсяместилищем души, сохранялись достаточно долго, но под давлением фактов от них в конце концов пришлось отказаться. В древние времена много воевали, а

¹ Флюид — гипотетическая текучая субстанция, с помощью которой в XVII веке объясняли теплоту, магнетизм и электрические явления.

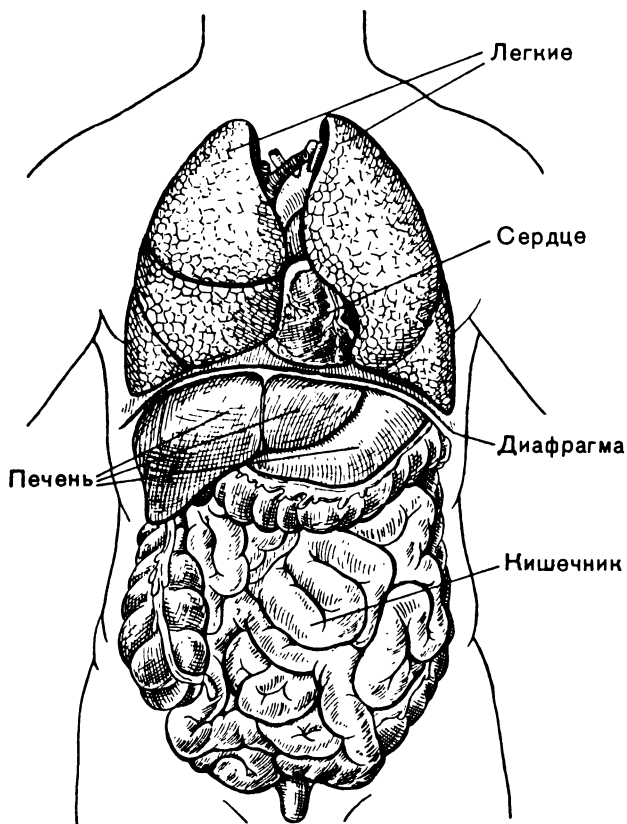


Рис. 1. «Местообитание души» в представлении древних греков.

сражения чаще всего были рукопашными. Нанося врагу удар, воин имел возможность наблюдать и за его последствиями. Удар по голове может не быть смертельным, но способен вызвать потерю сознания. А раны черепа, сопровождающиеся повреждением мозга, могут зарубцеваться, но часто на всю жизнь оставляют человека неполноценным. В конце концов ученые вынуждены были признать связь головного мозга с психикой. Однако среди простых людей представления о том, что душа находится в сердце или диафрагме, сумели так прочно укорениться, что с их отголосками нам приходится сталкиваться до сих пор. Ведь не случайно, когда мы хотим показать, какое глубокое впечатление у нас вызвали какие-то события, то

говорим, что память о них будем хранить в своем сердце. Эти отголоски проявляются и в таких выражениях, как «я люблю тебя всем сердцем» и «сердечная благодарность».

Сохранились отголоски и существовавших когда-то представлений о связях диафрагмы с душой. Душа по-гречески обозначается словом «френикус». Этим словом анатомы всего мира называют диафрагму. Кроме того, оно используется в таких составных словах, как френопатия, френостения, шизофрения — названиях психических, или, как раньше было принято говорить, душевных болезней.

Еще одним словом называли греки душу, словом «психе», психика. Его можно найти в словарях всех европейских народов. От него произошли такие слова, как психиатрия — наука о психических болезнях, и психиатр — врач, лечащий психические болезни. Именно в таком виде они вошли в лексикон ученых. Это показывает, что представления греков о душе разительно отличались от представлений церкви. Разве можно представить, что божественная душа может заболеть? И совсем уж невозможно вообразить, что ее можно подлечить какими-нибудь пилюлями и лекарем может быть даже не священнослужитель, а простой смертный с медицинским дипломом.

Как ни странно, более чем за 2000 лет, прошедших со времен Аристотеля, вера в божественное происхождение психических явлений полностью еще не изжита. Конечно, серьезные ученые давно уже не оперируют таким понятием, как душа. Однако на Западе все еще существуют люди, которых называют учеными, так как они якобы занимаются научной работой, считающие, что наша психика никак не зависит и, больше того, даже совсем не связана с нашим телом, с нашим мозгом. Подобные представления являются одним из проявлений идеализма, а ученых, придерживающихся подобных взглядов, иначе как лжеучеными не назовешь.

Материалистическая биология уже давно доказала, что психика — это особое свойство и функция высокоорганизованной материи — мозга. Не замечать, не считаться с точно установленными фактами — значит изменить науке. Вот почему я назвал сторонников идеалистических представлений о психических процессах лжеучеными.

Древние греки, создавшие представление о психике,

о психической, или душевной, жизни человека, о душе, в своих представлениях стояли значительно ближе к современной науке. Посмотрим хотя бы, как представлял душу Гиппократ. Он считал, что одушевляющим началом в организме является «природная теплота», а сама душа представляет собою смесь огня и воды. Ее специфические особенности или качество зависят от особенностей огня и влаги, участвующих в образовании души, их пропорций и от способов их смешения. Этот особый, неугасимый, невидимый огонь поддерживается пневмой, тонким эфирным веществом, поступающим в организм при дыхании. Самая лучшая часть пневмы прямо изо рта и из носа попадает в мозг, раздувая самый сильный огонь, господствующий над всем, рождающий наши мысли и чувства. Менее качественная часть пневмы идет в желудок и легкие и расходуется на производство движений, рост организма и другие его надобности. Пища и питье, которые мы употребляем, питают не только наше тело, но и этот невидимый, но господствующий над всем огонь — нашу пылающую душу. Представления очень сумбурные и никоим образом не соответствующие действительности, но идеалистическими их не назовешь.

Гиппократ считал мозг первым органом, куда попадает пневма, так как он ближе всех расположен к пневмозаборникам — рту и носу и поэтому имеет возможность отсеивать для себя наиболее тонкую, высококачественную часть пневмы, т.е. является местом, где возникает самый жаркий огонь, рождающий наши мысли, чувства, влечения, иными словами, нашу психику. Повреждение мозга само по себе не было бы опасным, но оно делает невозможным движение пневмы по сосудам, вот почему человек теряет речь или у него возникают параличи.

МАЛЕНЬКИЕ ДЕТАЛИ СЛОЖНОГО МЕХАНИЗМА

Европейские ученые окончательно убедились, что именно мозг является тем органом, где зарождается наша психика, совсем недавно, немногим более 200 лет назад. С тех пор мозг приковывает к себе внимание огромной армии ученых, однако проникнуть в его тайны оказалось значительно сложнее, чем разобраться в деятельности любого другого органа нашего тела. Это в полной мере относится как к тайнам функционирования мозга, так и к особенностям его строения.

В изучении строения мозга огромное значение имело появление микроскопа. Уже простое увеличительное стекло значительно расширяет возможности человеческого глаза. Это во второй половине XVII века прекрасно продемонстрировал английский физик и ботаник Роберт Гук. Рассматривая с помощью увеличительного стекла бутылочную пробку, он убедился, что она состоит из бесчисленного количества небольших коробочек с достаточно тонкими стенками, наполненных воздухом. Гук не очень удачно назвал эти коробочки клетками. Однако термин закрепился. Вскоре ученые убедились, что любое растение, любая его часть от корней до плода состоит из клеток, а еще через несколько десятков лет убедились и в клеточном строении животных.

Некоторые органы культурных растений построены из таких крупных клеток, к тому же имеющих настолько толстую оболочку, что они отлично видны невооруженным глазом. Встречаются клетки-гиганты и у некоторых животных.

Изучение микроскопического строения растений и в еще большей мере животных сдерживалось не только плохим качеством микроскопов, но и особенностями самих тканей. Многие микроскопические детали клетки, из чего бы они ни были построены, настолько тонки и миниатюрны, что легко пропускают свет, т.е. прозрачны, а потому и невидимы. Опустите в воду кусок чистого оконного стекла. В воде его удастся заметить только если в поле зрения оказываются края осколка. Как бы сильно ни увеличивал микроскоп, прозрачные ткани рассмотреть невозможно. Они все равно остаются прозрачны, а потому и невидимы.

Из этого затруднительного положения ученые вскоре нашли выход — они стали окрашивать рассматриваемые ткани различными красителями. Более плотные части клеток, их оболочки, ядра и другие структуры, хорошо воспринимают краситель, интенсивнее окрашиваются и становятся лучше видны, чем цитоплазма и другие менее плотные клеточные образования. Только для мозга долго не могли найти такого красителя. Одни красители не воспринимаются мозгом, другие его так интенсивно окрашивают, что тончайшие срезы мозга утрачивают прозрачность и разобрать детали строения мозгового вещества становится невозможно. Теперь понятно, почему это происходит. Мозговая ткань состоит из

нервных и окружающих их глиальных клеток, обеспечивающих первым опору и питание. Нервные клетки имеют многочисленные тонюсенькие отростки, причудливым образом переплетающиеся друг с другом. Тела клеток и их отростки плотно упакованы. Даже в самом тонком срезе мозгового вещества они образуют густую многослойную сеть. Когда оболочки клеток и их отростков окрашиваются, препарат теряет прозрачность.

Лишь в конце прошлого века удалось, наконец, подобрать краситель и для мозга. Добился успеха итальянский анатом К. Гольджи. При окраске мозговой ткани созданным им красителем в нервных клетках и их отростках образуется соединение серебра и хрома, окрашивающее их в черный цвет. Особое достоинство красителя состоит в том, что он окрашивает не все клетки подряд, а лишь отдельные, избранные клетки. В результате окрашенной оказывается одна нервная клетка из нескольких сотен или тысяч клеток, оставшихся прозрачными. Зато клетка, оказавшаяся восприимчивой к красителю, окрашивается вся целиком, вплоть до кончиков самых тонких ее отростков. Такой препарат чрезвычайно нагляден. На общем прозрачном фоне в поле зрения микроскопа обычно видны всего одна-две нервных клетки интенсивно-черного цвета (табл. I). (См. также на второй стороне обложки микрофотографию пирамидального нейрона коры мозга кошки, окрашенного черной краской, введенной в тело клетки. Вокруг тела других нейронов, окрашенных розовым красителем.)

Клетки головного мозга оказались удивительными. Во-первых, они очень мелкие и редко достигают в поперечнике 100 мкм, т.е. одной тысячной доли миллиметра. Во-вторых, они не имеют определенной формы. Одни из них могли бы называться шарообразными, другие яйцевидными, третьи пирамидальными, если бы их форму не портили отходящие от них отростки. В-третьих, удивительны сами отростки. Их много. Большинство из них короткие, сильно ветвятся, и только один бывает длинным, и веточки на нем появляются лишь у самого кончика. Короткие отростки называются дендритами, а длинный, главный отросток — аксоном (табл. II, А). Длина дендритов обычно не превышает 100 мкм. Аксоны в сравнении с ними гиганты. У клеток мозга человека их длина колеблется в пределах от 0,1 мм приблизительно до 1 м!

Нервные клетки в научном мире принято называть нейронами. Каждая часть нейрона выполняет собственную важную функцию. Тело нейрона является химическим комбинатом, обеспечивающим производство всех веществ, необходимых для жизнедеятельности нейрона, и специальных веществ, используемых им при выполнении специфических функций. Отростки предназначены обеспечивать связь между нейронами. Как позже выяснилось (и об этом у нас будет особый разговор), главная обязанность нейрона заключается в передаче информации другим нейронам или команд исполнительным органам — мышцам и железам. Нервная клетка посылает сообщения с помощью аксона, используя его как проводник. От того, куда направляет данный нейрон свои сообщения, зависит длина аксона: если соседним нервным клеткам, он может быть очень коротким, а если по нему передаются команды в органы, лежащие далеко за пределами мозга, то длинным. Например, у лошади двигательные нейроны спинного мозга, посылающие команды наиболее удаленным мышцам ног, имеют аксоны длиной более 1 м. Ну, а у таких гигантов животного мира, как слоны, жирафы, киты, отростки соответствующих нейронов значительно длиннее.

Чтобы передать сообщение, аксон должен дотянуться до другого нейрона, до мышечной клетки или клетки какой-нибудь железы. Оказалось, что большинство нейронов сами получают информацию от такой массы нервных клеток, что на их крохотных телах просто не хватило бы места для кончиков всех аксонов, которые к ним тянутся. Выход из этого положения дают дендриты. Аксоны вступают в контакт не только с телами нервных клеток, но и с их дендритами (табл. II, Б). Вот почему у нервных клеток примитивных животных, нервная система которых содержит относительно небольшое число нейронов, нет дендритов. Им не обязательно иметь специальные приспособления для встречных контактов и они обходятся без дендритов. Каждый нейрон головного ганглия муравья получает информацию от небольшого числа других нейронов. На его теле достаточно места для всех подходящих к нему аксонов, вот почему дендриты нервным клеткам муравья не нужны. Другое дело мозг высших животных. Чем из большего числа нейронов он состоит, тем богаче они дендритами. К каждому дендриту нейронов головного мозга человека подходит по

несколько десятков аксонов других нервных клеток, и поэтому любой нейрон имеет возможность получать весь объем предназначенной ему информации.

Не следует думать, что все это ученые узнали, как только стали применять способ окраски препаратов мозга, предложенный Гольджи. Потребовался тяжелый труд большой армии ученых, продолжавшийся десятки лет. Дело в том, что крохотный нейрон, благодаря своим отросткам, занимает в пространстве не такое уж маленькое место. Мозг, как и любые другие ткани, прежде чем его рассматривать под микроскопом, режут на тончайшие пластинки — срезы. При этом крайне редко бывает, что именно тот нейрон, который потом окажется восприимчивым к краске, весь целиком со всеми многочисленными отростками окажется в пределах среза. Гораздо чаще на препарат попадает лишь часть нейрона, а остальные его компоненты или остаются на предыдущем срезе, или находятся на последующих срезах. Так что увидеть на одном препарате нейрон весь целиком удается крайне редко, да и то, как вы понимаете, это возможно только в тех случаях, если у него очень маленький аксон. Пришлось проделать колоссальную работу, проанализировать, обобщить и классифицировать сотни тысяч препаратов мозга, прежде чем удалось узнать, как выглядят основные типы нейронов.

Этим не исчерпывались трудности в изучении строения мозга. Метод Гольджи позволял подробно рассмотреть отдельные детали окрасившегося в черный цвет нейрона, но он не давал возможность непосредственно наблюдать, в каких взаимоотношениях находятся две соседние нервные клетки. На препаратах не видно, куда тянутся отростки нейрона и вступают ли они в контакт с отростками других нервных клеток. Однако, в конце концов, собирая по крупицам информацию о мозге, удалось убедиться, что нейроны с помощью отростков контактируют друг с другом. Одно время у анатомов создавалось даже представление, что отростки нейронов не просто контактируют, а сливаются друг с другом, образуя невообразимо сложную нервную сеть.

На самом деле отростки нервных клеток нигде не сливаются с другими отростками. Дело всегда ограничивается контактом (табл. II, Б). Но чтобы в этом убедиться, пришлось воспользоваться электронным микроскопом. Он позволил добиться фантастического

увеличения. Обычный микроскоп (теперь его называют световым) дает возможность увеличить изображение немногим больше чем в 1000 раз. Это предел! Никакое дальнейшее усовершенствование уже не поможет. Дело здесь не в микроскопе, а в свойствах самого света.

Принцип работы электронного микроскопа иной. Он обходится без световых лучей, их заменяет поток электронов. Препараты, такие же тонкие срезы, тоже окрашивают, вернее обрабатывают специальными веществами. Атомы тяжелых металлов, концентрируясь в различных структурах клетки, делают эти структуры менее проницаемыми для электронов, благодаря чему их удастся увидеть и сфотографировать.

Электронный микроскоп позволил окончательно убедиться в том, что отростки нервных клеток нигде между собою не сливаются. Мало того, они нигде не касаются друг друга. На электронограммах, так называют фотографии микроскопических объектов, полученных с помощью электронного микроскопа, отчетливо видно, что в местах контактов между оболочками участвующих в контакте нервных волокон всегда существует щель шириною около 200 нм.

Место контакта между отростками нервных клеток называется синапсом. С помощью электронного микроскопа удалось выяснить многие детали строения синапсов. Чаще всего они возникают между окончанием аксона и дендритами или телами нервных клеток. Обычно синапсы состоят из двух частей. Бляшка с плоской поверхностью находится на самом кончике аксона. Именно этой поверхностью она примыкает к оболочке дендрита или тела второй нервной клетки. В месте их соприкосновения оболочка второй контактирующей клетки образует холмик с плоской вершиной. В «собранном» виде синапс похож на штепсельную электророзетку со вставленной в нее штепсельной вилкой.

Световой и в еще большей степени электронный микроскопы позволили изучить общее строение нейронов и убедиться в том, что они широко контактируют друг с другом. Одного они не давали — возможности выяснить, куда отправляют нервные клетки свои аксоны, где и с какими нейронами они вступают в контакт. В поле зрения микроскопа, особенно электронного, оказывается слишком маленький кусочек мозга, и проследить путь аксона не удастся.

Обнаружить в толще мозга основные нервные пути можно не прибегая к сложным ухищрениям. Нервные пути видны невооруженным глазом. Отдельные участки мозга имеют различный цвет. Некоторые структуры кажутся почти абсолютно белыми, другие серовато-желтыми. Мозг, зафиксированный надлежащим образом в спирте или формалине, становится более плотным, но не меняет своей окраски. На срезах мозга отлично видны узоры белого вещества. Ученые давно выяснили, что это нервные пути, образованные толстыми пучками аксонов. У анатомов прошлого столетия хватало терпения на изготовление препаратов крупных нервных путей. Они удаляли по крупинкам скружающие участки мозгового вещества, как это делают реставраторы, снимая с картины слои краски, чтобы очистить первоначальное изображение. На таких препаратах видно направление волокон, как в мотке штопки машинной намотки видно направление ниток.

Позже появился еще один удивительный способ, позволивший изучить внутримозговые связи отдельных областей, участков или структур мозга. Правда, для изучения мозга человека этот способ непригоден. Дело в том, что непосредственному изучению структуры мозга должны предшествовать определенные манипуляции, которые осуществляют на живом организме. Но все млекопитающие имеют общий план строения нервной системы, и поэтому о строении человеческого мозга можно кое-что узнать, анатомируя мозг крысы или особенно обезьяны.

Физиологи уже давно выяснили, что если у нейрона отрезать все его отростки, он не погибает, а сразу начинает отращивать новые. Другое дело, если разрушат тело нейрона. Его отростки, лишенные необходимых для жизни веществ, поставляемых клеткой, вскоре погибают и затем подвергаются разрушению, как это происходит со всеми отмирающими тканями. Вот эти гибнущие, разрушающиеся отростки на определенной стадии становятся восприимчивыми к определенным красителям. Когда хотят узнать, с какими участками мозга связана определенная группа нейронов, их разрушают электрическим током (вводя в мозг животного электрод), теплом, холодом или хирургическим ножом. Затем через 5 — 10 дней животное убивают, из мозга изготавливают серии тонких срезов, окрашивают их соответствующими

красителями и срез за срезом просматривают под микроскопом, отыскивая пучки окрасившихся аксонов. Этот способ позволяет обнаружить связи, соединяющие отдельные структуры мозга.

В последние десятилетия появились и другие способы для изучения особенностей связей различных мозговых структур. В их числе важнейшее место занимают электрофизиологические исследования, позволяющие понять и некоторые особенности взаимодействия нервных центров и отдельных нейронов (табл. 1). Поэтому речь об этом пойдет при описании общих физиологических законов деятельности мозга. Здесь придется ограничиться лишь упоминанием электрофизиологических методов исследований. Однако именно они позволили понять особенности строения мозга.

Общий принцип строения мозга удобнее всего представить в виде схематического изображения путей и переключательных станций для потоков информации. Воротами для этих потоков, через которые они вливаются в нервную систему, являются рецепторы. А последние отрезки путей используются для посылки исполнительным органам распоряжений, сформированных в процессе обработки полученной информации.

Мозг человека получает информацию от внешних и внутренних рецепторов. Внешние рецепторы информируют человека о том, что происходит в окружающем мире. К ним, в первую очередь, относятся зрительные, звуковые, обонятельные, температурные и осязательные рецепторы. О состоянии дел в самом организме информируют внутренние рецепторы. Они сообщают об изменении химизма внутренней среды организма, о содержании кислорода и углекислого газа в крови, о давлении крови в сосудах, о степени растяжения мышц и сухожилий.

Главным рабочим элементом рецептора являются чувствительные, или рецепторные, клетки. На них возложена задача собирать информацию и передавать ее содержание близлежащей нервной клетке. Рецепторные клетки — узкие специалисты и не способны выполнять не свойственную им работу. Светочувствительная клетка зрительного рецептора, например, не в состоянии сообщить в мозг сведения о звуках, запахах или температуре окружающей среды, а термочувствительная, обонятельная или звуковоспринимающая клетки — о световых эффектах.

Информация рецепторных клеток адресуется нейронам, которые, как правило, находятся здесь же, за пределами мозга. Отростки рецепторных клеток направляются к этим нейронам и по пути ветвятся. Таким образом, одна рецепторная клетка делится собранной ею информацией со многими нервными клетками. В свою очередь, каждая из них посылает свой аксон в мозг к нейронам следующего звена, по которому передает им имеющуюся в ее распоряжении информацию. Этот аксон, добравшись до нейронов-адресатов, как и полагается аксонам, делится здесь на множество мелких веточек и, вступив в контакт с соответствующим числом нейронов, передает им информацию. Нейроны первого внутри-мозгового звена посылают аксоны к нервным клеткам второго мозгового звена, и каждый из них делится информацией со многими находящимися здесь нервными клетками (рис. 2).

Так от звена к звену передается в мозгу информация рецепторных клеток, пока не достигнет исполнительных нейронов и не превратится с их помощью в команды мышцам и железам. Таких звеньев, как минимум, должно быть два-три, но чаще их бывает значительно больше. Из предыдущего абзаца может показаться, что при подобном способе передачи информации она мигом распространится на весь мозг, а число нейронов, занятых ее обработкой, будет расти как снежный ком. На самом деле ничего подобного не происходит. Каждый периферический нейрон получает информацию не от одной рецепторной клетки, а от многих. В свою очередь, каждый нейрон первого мозгового звена получает информацию не от одного периферического нейрона, а от многих соседних. То же самое происходит во всех последующих звеньях, сколько бы их ни было. Поэтому слабенький ручеек информации, просочившийся в мозг от одной-единственной рецепторной клетки, имеет мало шансов превратиться здесь в бурный поток. Скорее всего он просто рассеется и иссякнет, как исчезают в песках многие реки пустыни. Другое дело, если к мозгу течет ручеек однородной информации от большого числа рецепторных клеток. Он, дублированный здесь нейронами, ответственными за ее дальнейшее продвижение, может превратиться в мощный поток, в целую информационную реку, которая может разделиться на несколько рукавов, посылая свои «воды» в различные отделы мозга. Такие информа-

ее ослабить, так как поступающая информация не содержит ничего важного и поэтому не очень интересует мозг.

Такие же встречные дороги обеспечивают «обратные связи», как называют их физиологи, между исполнительными органами и командными центрами мозга. Они дают возможность мышцам, железам, отдельным внутренним органам рапортовать командным центрам о выполнении их распоряжений.

Вот так в общих чертах выглядит устройство мозга. Лет 50 назад, рассказывая о работе мозга, его часто сравнивали с телефонной станцией. Больше в те годы сравнить было не с чем. Совершенно очевидно, что особенности распространения в мозгу информации ничем не напоминают работу АТС. Телефонная станция обеспечивает связь двух абонентов, находящихся в разных районах города. В мозгу же информация передается от звена к звену, причем эти звенья не являются простыми передаточными станциями. Каждый раз в момент переключения происходит переработка информации. Правда, мы пока почти ничего не знаем о том, что происходит с информацией в центральных звеньях. Известна пока работа одного-двух первых и одного-двух последних звеньев обработки информации. Мозг старательно прячет свои секреты, но уже появились методы исследования, которые позволяют их выведать.

С чем же можно сравнить устройство мозга в наши дни? Конечно, с процессором, со сложным счетно-решающим устройством. Работа некоторых процессоров напоминает работу мозга. Они выполняют логические операции, осуществляют перевод текстов с одного языка на другой, умеют играть в шахматы и исполнять музыкальные произведения, прямо считывая их с нотного листа. Явно такое сравнение удачнее, только что оно объясняет? Чтобы сравнение принесло пользу, придется сначала объяснить, как устроен и как работает процессор, а это совсем не просто. (Пользоваться подобными счетно-решающими устройствами школьники научатся при изучении курса информатики и вычислительной техники.)

ЦЕПИ И ИМПУЛЬСЫ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ФЛЮИД

В XVII веке люди еще продолжали верить в существование души, но теперь уже помещали ее в мозг. Однако в ведении души оставляли лишь самые высшие психические функции. Обычные проявления жизнедеятельности организма ученые пытались объяснить более простыми и понятными причинами. Французский философ и естествоиспытатель Рене Декарт считал организм автоматом, управляемым с помощью «животных духов». По его представлениям, они похожи на весьма тонкую жидкость или на очень чистое и подвижное пламя. По его представлениям, «животные духи» непрерывно возникают в сердце, а затем поднимаются в мозг, который служит для них резервуаром. Отсюда «животные духи» по нервам добираются до мышц, заставляя их сокращаться или расслабляться.

Далеко не всех ученых смогли удовлетворить предположения Декарта. Не подумайте, что они им показались слишком фантастическими. В XVII веке люди верили и не в такие чудеса. Ученые вполне допускали и само существование «животного духа», и то, что он похож на пламя, и его способность распространяться по нервам, но хотели знать, каким образом, оказавшись в мышце, он заставляет ее сокращаться.

Решить загадку мозга или обитающей в нем души, их способности управлять работой мышц пытались многие выдающиеся ученые. В их числе был и Исаак Ньютон. Он считал, что причиной мышечного сокращения является распространяющаяся по нерву упругая волна. Однако самые тщательные наблюдения не обнаружили у нервов подобных способностей.

В эпоху Декарта и Ньютона серьезное развитие получила механика. С ее помощью в первую очередь и пытались объяснить работу мозга. Казалось, что к деятельности нервной системы больше всего подходят законы гидродинамики — раздела механики, описывающего особенности движения жидкостей. Считалось, что гидродинамика способна объяснить всю последовательность событий, возникающих при взаимодействии мозга и мышц. Предположим, что человек видит лежащее на столе яблоко, берет его и начинает есть. Ученые той эпохи предполагали, что, когда человек смотрит на яблоко, из глаза в мозг по зрительному нерву перекачивается особая жидкость. Это приводит в действие «мозговые насосы», и они уже по другим нервам накачивают жидкость в соответствующие мышцы руки. Поступающая жидкость наполняет и раздувает мышцы, при этом их длина уменьшается, что и вызывает движение конечности — рука протягивается к яблоку, а затем подносит его ко рту. Теперь мозг качает жидкость в нервы жевательных мышц — человек откусывает яблоко и начинает его пережевывать.

Чтобы принять гидродинамическую теорию работы мозга, необходимо было хотя бы доказать, что нервы являются трубками, и обнаружить перекачиваемую мозгом жидкость. Ученые уже располагали достаточно сильными микроскопами, но еще не умели ими пользоваться при биологических исследованиях. У них не было возможности выяснить, имеет ли гидродинамика какое-нибудь отношение к работе мозга. Вот почему они не смогли опровергнуть представлений древних ученых, считавших мозг чем-то похожим на железу, вырабатывающую особый «драгоценный флюид», или «нервный сок», т. е. что-то не совсем обычное, не подчиняющееся законам гидродинамики.

В XVII — XVIII веках понятие «флюиды» было у ученых в большом ходу. Они верили в существование теплового, светового, электрического флюидов. А как иначе можно было объяснить, что такое тепло или свет? Тем более такое непонятное явление, как электричество?

Каждое новое достижение науки чаще всего бывает связано с усовершенствованием методов исследования. Электроскоп стал первым прибором, позволявшим обнаружить и даже отчасти оценить величину электрических зарядов. Этот прибор представляет собой бутылку со

вставленной внутрь изолированной проволокой, на конце которой прикреплены две соломинки, два бумажных листочка или два листочка из сусального золота. При прикосновении наэлектризованным телом к электропроводнику, опущенному внутрь бутyli, находящиеся внизу листочки заряжаются одноименным электричеством и отталкиваются друг от друга. Измерив расстояние, на которое расходятся листочки, можно оценить и величину электрического заряда.

Электроскоп по тем временам казался удивительным прибором. Им с одинаковым успехом пользовались и бродячие фокусники, и серьезные ученые. Он позволил обнаружить наличие электрических зарядов у растений, животных и даже у человека и дал повод для целого ряда совершенно фантастических предположений. Так, кто-то из горе-ученых придумал, что мужчинам свойственно положительное электричество, а женщинам отрицательное, что буйное помешательство объясняется излишками электричества, а возникновение параличей связано с его нехваткой.

Простенький и доступный всем прибор способствовал широкому знакомству с электричеством и наглядно убеждал ученых в существовании электрического флюида. С помощью электроскопа в этом мог убедиться каждый. Однако всеобщий интерес к электрическому флюиду возник несколько позже. Он связан с широко известными экспериментами Л. Гальвани, который сумел доказать, что в живых тканях организма, главным образом в его нервах и мышцах, может само собою, без особых внешних причин, возникать электричество. Догадка Гальвани оказалась правильной. Теперь мы хорошо знаем, что нервная активность действительно всегда сопровождается электрическими явлениями.

Напомним условия решающего опыта, позволившего Гальвани доказать наличие животного электричества. Ученый извлекал из лягушечьей лапки икроножную мышцу вместе с подходящим к ней нервом и укладывал готовый препарат на столе, изогнув нерв в виде дуги. Если поперек дуги перекинуть другой нерв таким образом, чтобы он одним концом коснулся неповрежденной части нижнего нерва, а другим того места, где нерв был отрезан, то в момент соприкосновения обоих нервов мышца вздрагивает как живая (рис. 3).

Открытия Л. Гальвани вызвали широкий интерес в

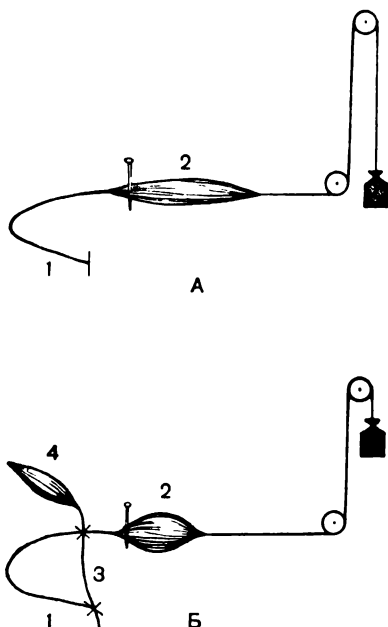


Рис. 3. Опыт Л. Гальвани, позволивший доказать существование живого электричества.

А — Исходное положение нерва (1), мышцы (2) и груза. **Б** — На дугу нерва (1) наложен нерв (3), соприкасающийся с ним в неповрежденном участке и в месте его перерезки. Видно, что мышца (2) сократилась и подняла груз. 4 — мышца, иннервируемая нервом (3).

Италии и в университетах Европы. Существование «живого» электричества, данные о том, что оно постоянно присутствует в тканях живого организма или вырабатывается ими, позволило по-новому взглянуть на уже давно известные факты — способность электрических разрядов вызывать сокращение мышц свежих трупов животных и людей. Если до опытов, проведенных Гальвани, это воспринималось скорее как колдовство, то теперь электрический флюид стали считать непременным атрибутом жизни и надеялись с его помощью научиться оживлять умерших людей. Ведь способность к движению считалась главным признаком жизни и, если электричество вызывало сокращения мышц, то почему не

предположить, что оно окажется способным лечить больных и воскрешать умерших!

Долгие годы отсутствие точных чувствительных электроизмерительных приборов сдерживало изучение электрических явлений, развертывающихся в нервной системе. Наиболее дешевым чувствительным, надежным, а потому и широко распространенным прибором была живая лягушка, точнее, приготовленный из нее нервно-мышечный препарат. Живой измерительный прибор позволял не только обнаруживать, но по силе мышечного сокращения оценивать силу электрического воздействия.

Отсутствие точных быстродействующих приборов долго не позволяло изучить электрические явления, раз-

вертывающиеся в теле нервной клетки и в ее отростках. Гальванометры, появившиеся достаточно давно, обладали необходимой чувствительностью, но не годились для измерения потока быстро следующих друг за другом электрических разрядов. Как теперь нам известно, в некоторых нервных волокнах могут возникать импульсы с частотой 1000 и даже 1600 импульсов в 1 с, хотя обычно их частота не превышает 100, что тоже достаточно много. Даже просто сосчитать их было невозможно. Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский для изучения электрических реакций использовал обычный телефон. Соединенный с нервом, он воспроизводит поток его биопотенциалов в виде звука, доступного человеческому уху. Чем чаще в нерве возникают электрические импульсы, тем выше становится звук. Подобный метод оценки частоты импульсов весьма приблизителен и не годится для изучения деятельности отдельных нервных клеток. Проникнуть в секреты нейрона оказалось возможным лишь с появлением осциллографов — весьма совершенных высокочувствительных электронных приборов.

КРОХОТНЫЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

Электричество, которое в наш век доводит до белого каления металлические волоски миллиардов электроламп, заставляет работать бесчисленные моторы, движет поезда, плавит металлы, не кажется нам сейчас таким таинственным, каким оно воспринималось 100 лет назад. Когда ученые убедились, что любая деятельность мозга сопровождается электрическими явлениями, возникновением электрического флюида, они еще не понимали сущности наблюдаемых явлений. Не удивительно, что механизмы работы крохотных электрогенераторов, способные выработки ими электричества стали понятны совсем недавно.

Нервная клетка, как и другие клетки организма, снабжена надежной оболочкой, способной оградить ее от воздействий окружающей среды. Оболочка нейрона, обычно ее называют мембраной, ничтожно тонка. Ее толщина около 0,000 005 мм. Она образована двумя слоями молекул липидов, особых жироподобных веществ, из которых состоят оболочки и других клеток организма. В эту липидную основу встроены отдельные белковые молекулы: одни из них находятся внутри мембраны,

другие крепятся на ее поверхности. Запомните этот элемент оболочки. Молекулы белков выполняют здесь важные функции. О том, для чего они нужны, будет рассказано в следующих главах.

Белковые молекулы закреплены в мембране не очень прочно, так как липиды, из которых она состоит, являются жидкостью. Тем не менее жидкая клеточная оболочка вполне надежна и не позволяет молекулам разных веществ из межклеточного пространства проникать внутрь нейрона, обеспечивая постоянство внутриклеточной среды.

Может показаться удивительным, что жидкая оболочка нейрона на практике оказывается достаточно надежной. В этом нет ничего необычного. Широко известно, какой высокой прочностью обладает пленка поверхностного натяжения обыкновенной воды. Это она позволяет водомеркам, не относящимся к числу самых мелких насекомых, непринужденно скользить по поверхности пруда, как мы зимой скользим на коньках по твердому льду катка.

Благодаря тому что оболочка хорошо изолирует клетку, химический состав внутренней среды нейрона и концентрация находящихся там веществ существенно отличаются от состава и концентрации веществ межтканевой жидкости. Мы не будем вникать в достаточно сложный химический мир нейрона. Для возникновения нервного импульса и распространения его по основному отростку нервной клетки — аксону важна концентрация главным образом двух ионов: натрия и калия.

Напомним, что ионами называют частицы, представляющие собой отдельные атомы или группы химически связанных атомов, имеющие положительный или отрицательный заряд. Например, ионы натрия и калия заряжены положительно и несут по одному положительному заряду, а ион хлора несет один отрицательный заряд. При растворении многих веществ их молекулы распадаются на ионы. Молекулы поваренной соли распадаются на положительный ион натрия и отрицательный ион хлора. Солевой раствор при этом заряда не приобретает, так как число ионов натрия и хлора одинаково, и положительные заряды ионов натрия как бы нейтрализуются за счет отрицательных зарядов ионов хлора. Аналогичным образом бывают нейтральными все обычные растворы. Другое дело живой организм.

Ионный состав межтканевой жидкости ближе к морской воде, так как содержит много ионов натрия и хлора, тогда как внутри клеток находится много ионов калия и отрицательно заряженных ионов органических веществ.

Клеточная оболочка не настолько прочна, чтобы полностью преградить проникновение в нейроны извне одних веществ и предотвратить утечку из них других. Ведь вещества, находящиеся в растворе, в силу простой диффузии стремятся из районов, где концентрация их велика, перейти туда, где их мало. Поскольку полностью предотвратить последствия диффузии различных веществ через жидкую оболочку невозможно, все клетки любого организма, и в том числе нейроны, тратят массу энергии на восстановление необходимой им для нормальной жизнедеятельности концентрации различных веществ. Именно на это тратится львиная доля энергии обмена веществ. Неравномерностью распределения различных ионов по обе стороны клеточных оболочек главным образом и отличается живой организм от мертвого. Как только наступает смерть организма, прекращается обмен и неоткуда становится черпать энергию, концентрация ионов в клетках и во внеклеточной среде выравнивается.

Легче всего сквозь клеточную мембрану проникают ионы калия. Пока нейрон находится в спокойном состоянии, они понемножку, потихоньку диффундируют из клетки в межтканевую жидкость. При этом каждый ион калия, покинувший нейрон, уносит с собой один положительный заряд. В результате заряд клетки уменьшится, а наружный заряд возрастет. Переход через клеточную мембрану одного иона калия приводит к возникновению между внутренней и наружной средой нейрона разницы в два заряда. В результате диффузии многих ионов калия положительный заряд внутри клетки сменяется на отрицательный. Между клеткой и окружающей средой возникает разность зарядов, или, как говорят ученые, разность потенциалов, достигающая величины около 70 мВ.

Такая ситуация сохраняется, пока нейрон бездействует, не принимая участия в общей работе мозга. Но как только нервная клетка возбуждается и в ее теле возникнет нервный импульс, проницаемость клеточной мембраны на крохотном участке у основания аксона мгновенно изменится. В ней откроются специальные проходы — натриевые каналы, и в клетку хлынет поток положительно заряженных ионов натрия. Их поступление мгновенно ме-

няет электрическую «обстановку» внутри клетки, изменяя отрицательный потенциал на положительный. Но и это состояние длится только мгновение. Натриевые каналы закрываются, а на смену им открываются калиевые, и теперь из клетки наружу устремляется поток положительно заряженных ионов калия, что снова меняет электрическую «обстановку» внутри нейрона. Потеря огромного количества ионов калия приводит не просто к снижению положительного заряда внутри клетки, а к переходу его в отрицательный, т.е. происходит возвращение к исходному уровню (табл. II, Д).

Здесь рассказано о процессах, происходящих на крохотном участке мембраны у самого основания аксона. Одна из важнейших особенностей этого процесса, что он самоусиливающийся. Как только первые натриевые каналы откроются и по ним потечет бурный поток ионов натрия, это каким-то образом воздействует на соседние, еще закрытые каналы, распахивая их ворота. Ворвавшийся в них поток ионов натрия открывает ворота соседних каналов, а те приводят в действие работу следующих, и этот процесс стремительно распространяется по аксону вплоть до его окончаний, изменяя внутренний электрический заряд данного участка цитоплазмы.

В начале нашего века мозг часто сравнивали с телефонной станцией. Об этом здесь уже упоминалось. Подразумевалось, что нервные клетки — это абоненты телефонной сети, а их отростки — телефонные провода, по которым бегут электрические сигналы, несущие информацию. Здесь уже говорилось, что никакого сходства с телефонной станцией нет и нервные отростки, хотя по ним действительно распространяются электрические импульсы, имеют с электрическим проводником лишь внешнее, да к тому же весьма отдаленное сходство. Цитоплазма, заполняющая отростки нейронов, способна проводить электричество, однако они чрезвычайно тонки, а потому обладают чудовищным сопротивлением. Нервное волокно длиной 1 м и диаметром 1 мкм имеет такое же сопротивление, как медный провод диаметром 1 мм и длиной, в 40 тыс. раз превышающей расстояние от Земли до Луны. Поэтому служить проводником для электрического тока нервные волокна не могут. Из-за их огромного сопротивления напряжение тока в таких проводниках должно быстро падать. Ни один инженер не взялся бы с помощью таких проводников организовать телефонную

связь не только для крупного города или всей страны, но даже между абонентами одного небольшого здания.

Итак, нервное волокно не может обеспечить проведение электрического импульса. Вместо этого оно последовательно его генерирует, воссоздает нервный импульс каждым кусочком своей мембраны. Внешне это напоминает бегущую строку световой рекламы. Там эффект движения светового пятна создается благодаря тому, что в длинном ряду электрических лампочек они в определенной последовательности зажигаются и гаснут. Механизм распространения нервного импульса по нервному волокну легче понять, если сравнить его с движением пламени по бикфордову шнуру. Пламя распространяется благодаря тому, что огонь, зажженный с одного конца шнура, нагревает соседний, еще не загоревшийся участок. Когда его температура достигает критической величины, он вспыхивает и в свою очередь начинает нагревать следующий участок.

Очень важной особенностью нервной клетки является то, что в основу ее деятельности заложен закон «все или ничего». Это означает, что любое воздействие на нейрон, если оно достигает определенной силы, вызывает стандартный по величине нервный импульс. Дальнейшее значительное усиление воздействия на нервную клетку ничего не меняет, она по-прежнему будет генерировать нервные импульсы все той же стандартной величины. В этом отношении нейрон напоминает пресс-автомат. При нормальном давлении им будут отпрессовываться стандартные детали. Если силу давления повысить, пресс будет производить детали все той же величины: увеличение давления ни в коем случае не приведет к увеличению размеров выпускаемых деталей.

Закон «все или ничего» обеспечивает работе нервной системы высокую четкость. К этому вопросу еще придется вернуться, когда разговор пойдет о способах кодирования информации. Но одно из следствий этого закона стоит отметить. Поскольку нервное волокно не является простым пассивным проводником электричества, а последовательно генерирует серию нервных импульсов, пробегающих по всей его длине, в силу описанного выше закона все они будут одинаковой величины, или амплитуды. Поэтому, пробежав вдоль нервного волокна, от тела нервной клетки до окончаний аксона, нервный импульс доберется сюда, ни на йоту не потеряв в своей

силе (или амплитуде), как это было бы, будь нервное волокно простым пассивным проводником.

Интересно, что нейроны всех животных общаются между собой с помощью одинаковых сигналов — нервных импульсов, имеющих к тому же примерно одинаковую величину. Разница между животными заключается только в скорости распространения нервных импульсов. Она не только различна для разных животных, но может существенно различаться у разных нервных волокон одного и того же существа. Наиболее общая закономерность состоит в том, что у высших теплокровных животных скорость распространения нервных импульсов самая высокая. Она может достигать 120 м/с. У позвоночных холоднокровных животных скорость распространения нервных импульсов существенно меньше, а у беспозвоночных совсем маленькая: 0,8 м/с у улитки и 0,1 м/с у актинии.

Нет нужды объяснять значение высоких скоростей проведения нервных импульсов: они обеспечивают быстрое действие мозга и всей нервной системы. Особенно необходимо обеспечить быстроту двигательных реакций, поэтому двигательные нервы обычно обладают самой высокой скоростью проведения.

Даже примитивные животные, чтобы выжить, должны обладать высокой скоростью оборонительных реакций. Чтобы поймать сидящую на стене муху, рука ловца должна двигаться с большой скоростью, иначе насекомое успеет взлететь. Дождевой червь, медленно высунувшийся из норки, мгновенно втягивает свое тело обратно при первых признаках опасности. Таракану требуется всего 25 мс, чтобы ощутить движение воздуха и броситься наутек. Для осуществления таких мгновенных реакций в нервной системе этих существ используются специальные, очень толстые нервные волокна. Физиологи называют их гигантскими. Название для них вполне подходит, так как диаметр этих волокон иногда достигает 1 мм, т.е. они в 1000 раз толще, чем обычные нервные волокна млекопитающих.

Нервный импульс в гигантских волокнах распространяется значительно быстрее, чем в обычных нервных волокнах того же животного. У таракана обычные волокна проводят нервные импульсы со скоростью 2 м/с, а гигантские — 10 м/с; у кальмара соответственно 4 и 35 м/с, а у дождевого червя 0,6 и 30 м/с. Скорость

проведения нервного импульса пропорциональна толщине волокна.

Совершенно ясно, что появление гигантских нервных волокон связано с необходимостью обеспечивать быстроту реакции, однако этот способ увеличения быстродействия малоэффективен. Чтобы увеличить скорость проведения возбуждения в 10 раз, диаметр волокна должен быть увеличен в 100 раз. Вот почему гигантские волокна достигают такой значительной толщины. Это обстоятельство накладывает определенные ограничения на скорость распространения нервных импульсов, ведь дальнейшее увеличение толщины гигантских волокон невозможно. Какими чудовищными размерами тогда должны были бы обладать сами нервные клетки?

Использование гигантских нейронов возможно лишь у животных с примитивной нервной системой, где общее число нервных клеток относительно невелико, да и то не для всего мозга, а лишь для некоторых его систем. Высшие животные не могли воспользоваться подобным конструкторским решением проблемы. Совершенствование их нервной системы пошло другим путем. Природа создала для них способ быстрой передачи информации по чрезвычайно тонким нервным волокнам.

Вносить существенные конструкторские изменения ни в устройство тела нервной клетки, ни в строение аксона не потребовалось. Все новшество ограничилось лишь использованием дополнительной изоляции аксона. Она создается специальными клетками. Их называют шванновскими в честь открывшего их немецкого гистолога Т. Шванна. В мозгу эмбрионов высших животных эти клетки примыкают к аксонам. Постепенно по мере роста каждая клетка, как комочек вязкой грязи, обволакивает аксон или даже группу аксонов, одновременно заполняя все промежутки между ними. Затем шванновская клетка становится более плоской, как полоска изоляционной ленты, которую используют для изоляции обнаженных участков проводов, и начинает накручиваться на аксон. В процессе роста из шванновской клетки выдавливается вся цитоплазма, а для изоляции используется пустой чулок ее оболочки. Из него на нервном волокне получается миниатюрная муфточка. В конечном итоге на аксоне оказывается надето множество миниатюрных муфточек, и он становится похож на нитку бус (табл. II, Г).

Шванновскую оболочку чаще называют миелиновой,

так как она состоит из жироподобного вещества — миелина. Ее назначение — создать для нервного волокна дополнительную изоляцию. Важная особенность миелиновой оболочки состоит в том, что она не создает сплошной изоляции. Отдельные крохотные муфточки, длиной около 1 мм, друг с другом никогда не соприкасаются. Между ними всегда остаются ничем не защищенные крохотные участки «голого» аксона. Именно наличие изолированных и неизолированных участков волокна и обеспечивает большую скорость распространения нервных импульсов.

По волокну, покрытому миелиновой оболочкой, нервный импульс не бежит спокойной рысцей, а скачет галопом от одного промежутка между муфточками до другого. Движение нервного импульса можно разделить на два процесса: быстрые прыжки на участках, покрытых муфточками, и медленное движение на обнаженных участках. В свободном от изоляции участке волокна движение нервного импульса происходит так же, как в любом другом «голом» нервном волокне. Когда же он доберется до конца промежутка между муфточками, этот участок волокна становится электроотрицательным по отношению к следующему «голому» сегменту. Поэтому между ними потечет электрический ток, достаточный для того, чтобы открыть там натриевые каналы, т.е. дать толчок для возникновения нервного импульса.

Зарождение нервного импульса во втором промежутке между муфточками также приведет к возникновению здесь электроотрицательности по сравнению со следующим, третьим промежутком и к возникновению там нервного импульса. Так нервный импульс и прыгает от одного промежутка до другого, пока не доберется до окончаний аксона. Поскольку электрические взаимодействия осуществляются с высокой скоростью, переход нервного импульса от одного промежутка к другому занимает ничтожно малое время, зато в самих промежутках его распространение замедляется, и чем крупнее промежутки, тем больше времени требуется на их преодоление. В нервных волокнах лягушки импульсы распространяются со скоростью 20 м/с. У амфибий свободным от муфточек остается в общей сложности около 25% длины нервного волокна, но на его преодоление требуется 70 — 80% времени, тогда как на прохождение остальных 75% длины волокна, изолированного

миелиновыми муфточками, затрачивается всего 20—30% времени. Кажется, плохая, дырявая оболочка, а как ускорила она процесс распространения нервного импульса!

ПОГРАНЗАСТАВА

Нейрон, одетый в добротную оболочку, усиленную на отростках миелиновыми муфточками, надежно изолирован от внешнего мира, огражден от вмешательства в свои дела соседних нейронов. Иными словами, он представляет собой как бы самостоятельное независимое государство. Однако мир един. Государствам, хотя бы они того или нет, приходится общаться. Тем более это относится к нейронам. Они возникли специально для того, чтобы вступать в коалицию, принимать и передавать сигналы, осуществлять совместную работу.

Общаться между собой нейронам необходимо, это ясно. Но как они это делают? Вот нервный импульс, возникший в теле одного из нейронов, добежал до окончания аксона. Что дальше? Как он переберется на соседнюю нервную клетку?

Раньше думали, что головной мозг — это причудливая, сверхсложная сеть из нервных волокон, на пересечении которых находятся тела нервных клеток. Иными словами, лет 150 назад нервные волокна считали не отростками, а длиннющими перемиками между клетками. Согласно этой теории, нейроны являются не самостоятельными клетками, а частью единого органа — нервной сети, и поэтому просто не возникал вопрос о том, как нервные импульсы переходят от клетки к клетке. По непрерывной бесконечной нервной сети импульс должен свободно катиться из конца в конец, не встречая на своем пути никаких препятствий.

Позже ученым пришлось отказаться от подобных представлений. У них еще не было сильных микроскопов, увидеть самые тоненькие веточки нервных отростков они не могли и рассмотреть, как эти отростки взаимодействуют друг с другом, были не в состоянии, но сумели убедиться, что нейроны вполне самостоятельны, и назвали места их контактов синапсами.

Теперь благодаря электронному микроскопу мы знаем, что наиболее распространенным типом синапсов является контакт аксона одного нейрона с дендритами другого.

В этом случае аксон у своего окончания делится на множество маленьких веточек, заканчивающихся крохотными бляшками. Основание бляшки плоское. Им она и прилежит к соседнему дендриту. Однако настоящего, плотного соприкосновения отростков друг с другом никогда не возникает. Самое интересное, что в синапсах, т.е. в местах передачи информации от нейрона к нейрону, расстояние между мембранами контактирующих клеток бывает более значительным, чем там, где переход нервного импульса с одной нервной клетки на другую невозможен. Ширина этой щели, ее называют синаптической, достигает 30 нм, т.е. 0,00003 мм. Для перехода нервного импульса с одного нейрона на другой это обстоятельство должно создавать известные трудности (табл. II, В).

На первый взгляд переход нервного импульса от клетки к клетке не кажется сложной проблемой. Любой инженер, конструируя синапсы, использовал бы электрические реакции, сопровождающие возникновение нервного импульса. Для них узкая синаптическая щель не помеха. Действительно, в нервной системе используется и этот способ. У низших беспозвоночных животных существуют так называемые электрические синапсы. Они есть и в мозгу высших животных, правда, их здесь немного. Интересно, что синаптическая щель в электрических синапсах ультраузкая. Ее ширина в 10 — 15 раз меньше обычной. Электрический ток преодолевает это расстояние без существенных потерь, практически не ослабляясь. А чтобы электрический импульс действовал только на противоположную нервную клетку и не имел возможности добраться до других нейронов, синаптическая щель разделена перегородками, образующими хорошо изолированные каналы, заполненные электролитом, по которым и течет ток.

Почему электрические синапсы в мозгу млекопитающих, в том числе человека, не получили серьезного развития? Видимо, очень трудно обеспечить их надежную электроизоляцию. Хорошо, когда в нервной системе таких синапсов немного, 0,05 — 0,1%. При сплошном использовании этого принципа во всех синапсах в нервной системе возник бы электрический хаос. Правда, у электрических синапсов есть одно весьма важное качество — быстрое действие. Электрический импульс преодолевает узкую синаптическую щель почти мгновенно. Поэтому

возбуждение, пользуясь электрической связью, переходит с одного нейрона на другой без существенной задержки. Это очень важно, когда реакция организма должна осуществиться с максимальной скоростью. Вот почему электрические синапсы чаще всего используются в системах, осуществляющих оборонительные реакции организма.

Итак, в последние десятилетия ученые сумели убедиться, что в синапсах высших животных электрический принцип используется редко. Как же тогда удастся одному нейрону возбудить соседний, если он с помощью своей оболочки защищен от его воздействий? А оболочка нервной клетки поистине надежна! Ее прочность феноменальна, она просто поражает! Физиологи, занимающиеся изучением головного мозга, обычно регистрируют электрические реакции нервных клеток. Для этого в мозг вводят металлические или стеклянные микроэлектроды, пытаются вслепую попасть в тело нейрона. Чтобы кончику металлического микроэлектрода легче было прорвать оболочку нервной клетки и проникнуть внутрь, раньше было принято его остро-остро затачивать. Но это не помогало. Слишком тонкий кончик просто гнется. И этим дело кончается. Если хотят, чтобы электрод был достаточно изящным, используют более жесткие стеклянные электроды, но и они, прежде чем прорвать клеточную мембрану, продавливают ее внутрь, деформируя клетку.

И еще один пример прочности оболочки нейрона. Для биохимических исследований часто требуется гомогенная кашица мозгового вещества. Чтобы ее получить, берут фарфоровую ступку и тщательно протирают в ней кусочек мозга, пока не образуется сероватая сметанообразная масса. Кажется, что здесь все структуры мозгового вещества полностью разрушены. Однако, когда эту кашицу впервые внимательно рассмотрели под микроскопом, ученые были поражены. Оказалось, что она состоит из мелких обрывков мозговых оболочек, сосудов, глиальных клеток и нервных волокон, но тела нервных клеток, правда лишенные своих отростков, находятся в ней в неповрежденном виде!

Мы вынуждены так много говорить о прочности мембраны нервных клеток, так как переход возбуждения на новый нейрон, возникновение в нем нервного импульса должно начаться с открытия натриевых каналов, а мы видели, что они отпираются изнутри. При столь высокой надежности мембраны трудно представить, что какие-

либо вещества могут проникнуть сквозь клеточную оболочку, чтобы изнутри открыть ворота ее каналов. Однако оказалось, что на крохотных участках мембраны, расположенных в пределах синапса непосредственно против синаптических бляшек (эти участки оболочки называют постсинаптической мембраной, т.е. мембраной, расположенной после синапса, на другой его стороне), имеются натриевые каналы, ворота которых отпираются снаружи (табл. II, В, Е).

Чтобы отпирать запоры на воротах различных мембранных каналов, нервная система высших животных использует 20 — 30 типов ключей. А может быть, их гораздо больше, ведь мы о наиболее интимных процессах жизнедеятельности мозга знаем пока маловато. В качестве ключей используются молекулы химических веществ. Они получили название медиаторов, что в переводе с латинского означает «посредник». Название отражает функцию этих веществ. Посредством медиаторов возбуждение проводится (распространяется) от одного нейрона к другому.

Наиболее распространенным медиатором является ацетилхолин. Его молекула имеет небольшие размеры и состоит всего из 16 атомов водорода, 7 атомов углерода, 2 атомов кислорода и 1 атома азота.

Посмотрите, как выглядит структурная формула молекулы ацетилхолина на рисунке 4.

В нервных окончаниях молекулы ацетилхолина не разбросаны где попало, а упакованы в крохотные пузырьки, по 10 000 в каждом. Когда нервный импульс

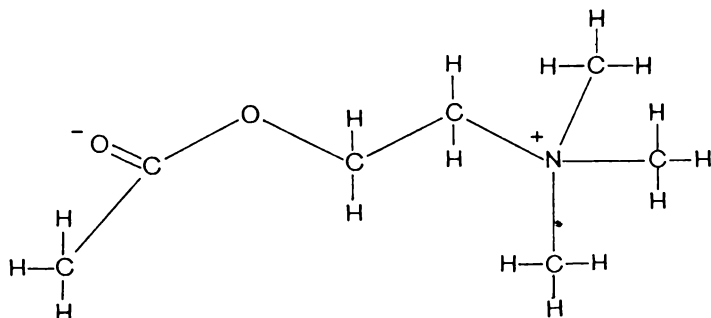


Рис. 4. Структура молекулы ацетилхолина.

С — углерод, Н — водород, О — кислород, N — азот. Знаками плюс и минус отмечены местоположения положительного и отрицательного зарядов.

добежит до окончаний аксона, он на одно мгновение открывает здесь кальциевые каналы. Они имеют сходное устройство с другими ионными каналами. В их открытые двери тотчас врывается поток ионов кальция. Механизм их действия еще неизвестен, ясно только, что под их влиянием пузырьки с медиатором подплывают к стенкам аксона, прилипают к мембране, сливаются с ней, лопаются и опорожняют свое содержимое в синаптическую щель. На это затрачивается всего 100 мкс. Порожние пузырьки вскоре восстанавливают свою целостность, отрываются от мембраны, всплывают и вскоре вновь оказываются наполненными молекулами ацетилхолина (табл. II, В, Е). (См. также на третьей стороне обложки микрофотографию синапса аксона двигательной нервной клетки мозга на мышечном волокне лягушки. Вверху слева — аксон, внизу справа — мышечное волокно, разделенные синаптической щелью. Видны многочисленные синаптические пузырьки.)

Читателя, не искушенного в биологических вопросах, может удивить необходимость огромного количества ключей. Ничего странного в этом нет. Чтобы соседний нейрон возбудился, на мембране противоположной клетки (на постсинаптической мембране) должно быть открыто очень большое количество ионных каналов. У каждого из них индивидуальный замок и для каждого должен найтись ключ. Необходимо также учитывать, что ключи просто выбрасываются в синаптическую щель. Нейрон не имеет приспособлений, способных помочь ключам попасть в замочные скважины. По синаптической щели ключи распространяются сами по себе в силу простой диффузии и попадают в замочные скважины совершенно случайно. Чтобы отпереть необходимое число замков, нужно, чтобы ключей было значительно больше. Из 10 тыс. молекул ацетилхолина, выбрасываемых каждым синаптическим пузырьком, в замочные скважины попадет не больше 2 тыс., т.е. пятая часть всех ключей. Низкий процент «попадания» объясняется еще и тем, что в синаптической щели находится фермент ацетилхолинэстераза, разрушающий молекулы ацетилхолина. Молекул фермента в 3 — 4 раза больше, чем ключей, а процесс их разрушения занимает совсем немного времени. Поэтому ключи, не попавшие в замочные скважины, будут оперативно уничтожены (табл. II, Е).

Молекула ацетилхолина — ключ с двумя бородачками. Она очень точно подогнана к размерам замочной скважи-

ны. Бородками служат атомы азота и кислорода, несущие соответственно положительный и отрицательный заряды. Расстояние между этими атомами, которые в молекуле медиатора разделены тремя атомами углерода, известно. Оно равняется 0,47 нм. Если из этого участка молекулы убрать или, наоборот, вставить сюда еще один атом углерода, такая молекула потеряет способность отпирать замки. Ключи будут испорчены и в том случае, если у боковых ветвей молекулы ацетилхолина изъять или тем более прибавить несколько любых атомов. В молекуле медиатора все важно, но особенно — характер и местоположение электрических зарядов. Это они прочно удерживают ключ в замочной скважине.

О самих замках пока известно немного. На поверхности тела нервной клетки, имеющей площадь 2 000 000 000 нм², 3 млн. каналов. И все они имеют ворота, снабженные надежными запорами. Замками служат белковые молекулы, встроенные в липидную оболочку нейрона. Интересно, что и сами ворота, и находящиеся здесь замки сгруппированы по четыре. Ворота ионных каналов заперты на два замка. Когда в обе замочные скважины попадает по ключу, под действием их электрических зарядов белковая молекула замка изменяет свою конфигурацию и, отодвигаясь, приоткрывает ворота канала.

Нейроны передают своим соседям информацию двух типов: команду возбудиться или совет затормозиться и не отвечать ни на какие воздействия. Каждый синапс способен передать лишь команду какого-нибудь одного типа. Это зависит от того, какие каналы отпирают используемые в данном синапсе ключи. Если на постсинаптической мембране открываются каналы, позволяющие пропустить в нервную клетку поток положительно заряженных нейтронов, в нем развивается нервный импульс. Это значит, что следующий нейрон принял эстафету и возбудился. Когда в мембране открываются каналы, выпускающие наружу положительно заряженные ионы, обычно им бывает ион калия, внутренний отрицательный заряд нейрона усиливается и он становится невозбудимым.

Выше уже говорилось, что прочная, добротная мембрана нервных клеток не всегда бывает достаточно надежной. В синапсе она не способна полностью предотвратить утечку медиатора. Даже в состоянии покоя, пока

аксон бездействует, в синаптическую щель каждую секунду опорожняется около 50 контейнеров с ключами. И хотя одного синаптического пузырька достаточно, чтобы открыть 2000 каналов и через каждый из них за короткий срок пропустить 20 000 ионов натрия или калия, этого количества оказывается совершенно недостаточно, чтобы вызвать ответ соседнего нейрона. Когда же в аксон приходит нервный импульс, в синаптическую щель за несколько десятков микросекунд выбрасывается огромное количество медиатора (табл. II, Е).

В деятельности нервной системы полно противоречивых моментов. Чтобы открыть достаточное количество каналов, необходимо разом выбросить огромное количество ключей. Однако, как только ворота каналов распахнутся, ключи, и те, что попали в замочные скважины, и те, что остались в синаптической щели, становятся ненужными. Если их тотчас же не убрать, соседний нейрон выйдет из строя. В нервной системе не существует механизмов, которые позволили бы собрать все ключи и вернуть их обратно. Молекулы медиатора разрушает очень активный фермент ацетилхолинэстераза, который всего за 20 мкс уничтожает все ключи. Обрывки молекул медиатора возвращаются в аксон и здесь из них, как из вторичного сырья, синтезируются новые ключи.

Откуда в синаптическом окончании аксона берется столько ключей? Все они вырабатываются прямо здесь, так как их производство не сложно, а сырье, из которого они вырабатываются, не является дефицитным. Однако для синтеза новых ключей одного вторичного сырья маловато. Как бы тщательно его ни собирали, потери всегда неизбежны. Кроме того, для нормальной жизнедеятельности нервного волокна необходимо множество других продуктов, которые здесь на месте создать невозможно. Они производятся в промышленной зоне нейрона, т.е. в его теле, где расположен «химический комбинат», на котором осуществляется синтез самых разных веществ.

Для доставки в нервные окончания готовой продукции аксон имеет целых три транспортных системы, две быстрых и одну медленную. Видимо, по объему «перевозок грузов» медленная транспортная система занимает в нервном волокне первое место. Ведь тяжеловоз хотя движется неторопливо, зато тащит огромный груз. Практически все содержимое нервного волокна движется

со скоростью 1 мм в сутки от тела нервной клетки по направлению к его окончаниям.

Вряд ли медленная система способна оперативно удовлетворить экстренные потребности нейрона. Для этого существуют быстрые транспортные системы. Как ни тонко нервное волокно, внутри его находятся микро-трубочки. Трубопроводы позволяют переправлять грузы в обе стороны с огромными в масштабах нейрона скоростями — 10 — 20 см за 24 рабочих часа. Это дает возможность более оперативно снабжать синапсы нужными веществами. Оперативность применительно к нервной системе — понятие относительное. Ведь расстояния здесь настолько велики, что для переброски грузов по аксонам, входящим в состав периферических нервов, может потребоваться больше недели.

Переход нервного импульса с нейрона на нейрон — сложный процесс, но он хорошо налажен и не вызывает серьезных затруднений.

ОБЗАВОДИМСЯ СВЯЗЯМИ

Как рождаются гении? Почему люди не бывают одинаковыми по своим способностям, склонностям, по уму? Может быть, нервные клетки у одних людей лучше справляются со своими обязанностями, чем у других? Может быть, это связано с различиями в конструкции самого мозга? Действительно, результаты деятельности любого нейрона должны зависеть от того, какие связи он сумел установить с другими нервными клетками.

В мозговом зачатке эмбрионов любых животных нервные клетки еще не имеют отростков. Они развиваются позже и, что самое интересное, добираются именно до тех нейронов, которым обязаны передавать информацию. Мы уже знаем, что в сравнении с размером тела нервной клетки длина ее аксонов кажется огромной, ведь им часто приходится тянуться через весь мозг или через все тело животного. Как «узнает» растущий аксон, в какую сторону ему следует тянуться? Как находит ту нервную клетку, на теле или на отростках которой ему полагается образовать синапсы?

Может показаться, что выведать столь сокровенные тайны мозга невозможно, но ученые — люди настойчивые. Им потребовалось немало времени, но в конце концов было придумано, как осуществить подобное

исследование. Сначала было изучено, как нервные волокна, покинув мозг, находят тот орган, которому должны передавать команды мозговых центров.

Выяснить, как странствуют по телу отростки нервных клеток в поисках нужного им органа, помогли химеры. Нет, не мифические чудовища с головой и шеей льва, туловищем козы и хвостом дракона, порождение богатой фантазии древних греков. Современные ученые сами умеют создавать химер. Этим словом называют экспериментальное животное, которому пересажены какие-либо органы от другого существа. Легче всего химерами становятся рыбы и земноводные. Тритону можно приживить второй хвост, третий глаз, четыре дополнительных сердца, пятую лапу. Пересаженные органы тритона-химеры продолжают нормально работать и на новом месте. Пятая конечность, приживленная рядом с соответствующей лапой хозяина, движется одновременно с ней и повторяет все ее движения (рис. 5).

Пятилапые химеры вызвали в научных кругах бурные дискуссии. Никто не знал, откуда взялись нервы, проникшие в дополнительную конечность. Одни ученые думали, что в спинном мозге химер увеличивается число нервных клеток, и эти дополнительные нейроны посылают отростки в пятую лапу. Проверка не подтвердила подобное предположение. Тщательные подсчеты показали, что число нервных волокон, выходящих из спинного мозга, не меняется. Следовательно, в дополнительную конечность мозг новых аксонов не посылает. Нервные волокна, иннервирующие собственную конечность, делятся, образуя дополнительные отростки. Интересно, что у химер каждый аксон делится на две веточки. Это позволяет

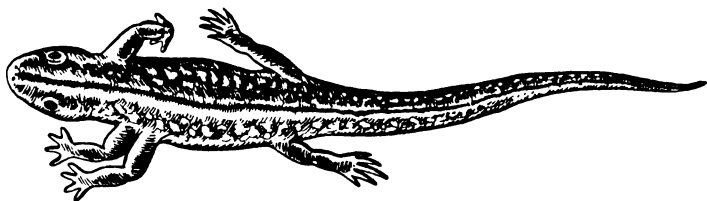


Рис. 5. Пятипалая химера — обыкновенный тритон с пересаженной пятой лапой.

На рисунке видно, как слаженно работают у животного собственная левая передняя конечность и подсаженная к ней одноименная лапа другого тритона.

снабжать и основную, и дополнительную конечность одинаковым числом нервных волокон. Так, у нормальной североамериканской саламандры — мексиканской амбистомы в каждую переднюю конечность направляется 900 аксонов. Дополнительная передняя конечность получает такое же число аксонов.

Врастая в пересаженную конечность, каждое волокно находит соответствующую мышцу и устанавливает с ней контакт. Оказывается, нервные волокна умеют безошибочно выбирать соответствующие мышечные волокна, которыми они рождены управлять. При этом выбор взаимный. Если в правую дополнительную конечность вшить левый двигательный нерв, то он вырастет и станет управлять работой мышц, но если теперь подшить сюда правый нерв, то он, действуя вместе с мышцей, изгонит чужой нерв и займет его место. Когда в дополнительную конечность вшивается сразу два нерва, мышца принимает только «свой» нерв, а чужака безоговорочно отвергает. Волокна двигательного нерва отлично «знают» дорогу, они не только находят «свою» мышцу, но и путь к ней выбирают самый обычный.

Аналогичным образом ведут себя чувствительные нервы. У лягушек пересаживали кусочек кожи со спины на живот. Как только ранка заживет, чувствительность в пересаженном участке восстанавливается. Если на пересаженный участок приклеить крохотный кусочек промокательной бумаги, смоченный слабым раствором соляной кислоты, лягушка ловким движением сбросит его. Однако если опыт повторить через месяц, все изменится. Теперь лягушка с остервенением будет скрести лапкой по спине, а на промокашку, вызывающую зуд на брюшке, не будет обращать никакого внимания.

Секрет странного поведения лягушки прост. В пересаженный на брюшко кусочек кожи спины очень быстро вырастают соседние веточки кожного чувствительного нерва. При раздражении пересаженного кусочка они и передают в мозг соответствующую информацию. Позже волокна кожного чувствительного нерва спины разыщут кусочек пересаженной кожи, вырастут в него и вытеснят веточки брюшного чувствительного нерва. Теперь при раздражении пересаженного кусочка в мозг будет поступать информация о том, что кожа спины подвергается неприятному воздействию. А то, что раздражаемый участок перекочевал на живот, мозгу никто сообщить не

может. Такая информация не предусмотрена, вот лягушка и шарит лапкой у себя по спине в полной уверенности, что именно отсюда в мозг поступил сигнал бедствия.

У лягушки можно перерезать зрительные нервы, передающие информацию от глаз в соответствующие отделы мозга. Подопытная лягушка, естественно, ослепнет, но инвалидом она будет не долго. Вскоре зрительные нервы регенерируют, и зрение восстановится полностью. Лягушка снова будет хорошо разбираться в обстановке, «узнавать» по внешнему виду врагов и дичь, и даже сумеет отличить ядовитых животных от пригодных в пищу. Полное восстановление зрения возможно потому, что все 500 тыс. волокон зрительного нерва, идущих от каждого глаза, находят «свою» нервную клетку, которой они обязаны передавать информацию, и устанавливают с ней прежние деловые контакты.

Подсмотреть, как нервные волокна прокладывают в мозгу путь, помогли насекомые. Низшие беспозвоночные животные обладают уникальной особенностью: число нейронов в их нервной системе строго постоянно. Так, у паразитических червей — аскарид нервная система состоит из 162 нервных клеток. Увеличение у аскариды числа нейронов до 163 является таким же уродством, как для собаки наличие двух хвостов или для курицы третьего глаза, примостившегося где-нибудь на затылке под гребнем.

Совершенно естественно, что если число нейронов постоянно, то и особенности связей этих клеток между собой должны быть строго регламентированы. В этом случае каждый синапс можно взять на учет. К сожалению, чем выше уровень развития нервной системы, чем из большего числа нейронов построен мозг, тем менее строго определено их число. К счастью, у моллюсков и насекомых варьирует главным образом количество мелких нервных клеток, а число крупных очень постоянно. Вот почему многие тайны мозговой деятельности ученым помогли установить насекомые и моллюски. Крупные нервные клетки изучать гораздо проще, чем мелкие. Они бывают такими большими, что видны без микроскопа.

Рост отростков нервных клеток изучали в мозгу саранчи и плодовой мушки — дрозофилы. Их центральная нервная система состоит из головного мозга — главного нервного ганглия, в котором содержится около 50 тыс. нейронов. От него тянется цепочка соединенных

между собой более просто устроенных нервных ганглиев. У саранчи ганглии цепочки содержат по 1000 нейронов каждый. Их устройство очень удобно для изучения. Тела нейронов находятся на нижней поверхности ганглия, а внутри и на верхней поверхности он сплошь состоит из нервных волокон, отростков нервных клеток, находящихся в данном ганглии или в других участках нервной системы насекомого.

Сильные микроскопы еще в прошлом веке позволили рассмотреть детали роста нервных волокон. Сначала из тела нервной клетки начинает выпячиваться отросток, чуть-чуть утолщенный на переднем конце. Его называют конусом роста (рис. 6). Он, как корешками, покрыт тонюсенькими, но очень длинными выростами, которые быстро развиваются, вытягиваются и глубоко проникают в окружающую ткань. Эти выросты и являются проводниками для растущего волокна. Они тянутся ко всем ближайшим клеткам, их отросткам, даже к выростам этих отростков, и прикрепляются к ним. Обычно соединения с соседними клетками бывают непрочными, и когда через некоторое время вырост, как сильно растянутая пружина, начинает сокращаться, то легко от них отцепляется. Только когда вырост наткнется на нужный ему нейрон или его волокно, он вбуравливается в его оболочку и так прочно закрепляется, что теперь отцепиться уже не может и, сокращаясь, подтягивает конус роста к облюбованной клетке. В общем, выросты для нервного волокна играют такую же роль, как поводок для воспитанной собаки: куда он ее потянет, туда она и бежит. Когда развитие нейрона закончится, выросты атрофируются.

Все эти подробности удалось рассмотреть благодаря тому, что у эмбрионов насекомых зачатки нервной системы прозрачны. Когда окрашивают отдельную нервную клетку, она бывает отлично видна. Правда, сделать это трудно. Краситель с помощью тончайшей микропипетки приходится вводить непосредственно в тело изучаемой клетки. Ученым удалось подобрать такую краску, которая окрашивает нейрон целиком со всеми отростками и находящимися на них выростами. Когда один из них доберется до нужного нейрона и, пробуравив его оболочку, проникнет внутрь, краситель по этому выросту, как по шлангу, потечет и сюда. Таким образом, удивительная краска позволяет увидеть не только всю изучае-

мую нервную клетку, но также и тот нейрон, с которым она должна образовать синапс (рис. 6).

Как же «узнает» вырост ту клетку, к которой ему необходимо прочно прикрепиться? Оказывается, обследуя соседние клетки, вырост ищет на их теле белковые молекулы-метки. Они и помогают выросту вбуравливаться внутрь клеточной оболочки. Опознают метку специальные молекулы, имеющие с ней сходство. Они находятся в оболочке кончика выроста. Интересно, что нервные клетки мозга даже таких примитивных созданий, как мушки-дрозофилы, используют сотни, а может быть, и тысячи типов молекул-меток и такое же количество опознающих их белков. Наличие этих молекул для каждой нервной клетки может быть временным явлением. Дотянулся конус роста какого-то нейрона до определенного участка мозга, и сразу значение приведших его сюда молекул-меток и опознающих белков утрачивается. Теперь на конусе роста появляются новые выросты, снабженные совершенно другими опознающими элементами, которые будут искать дорогу дальше, ориентируясь с помощью молекул-меток нового типа.

Механизм поиска растущего нейрона работает безукоризненно. Вот несколько зарисовок из истории развития нервной системы саранчи. У крохотного эмбриона имеются зачатки 17 нервных ганглиев. Большинство из них содержит по 30 зачаточных клеток. Они многократно делятся, и каждая дает начало целому семейству из 6 — 100 нейронов. В результате формируется ганглий, содержащий положенную тысячу нервных клеток.

К восьмому дню жизни эмбриона около 100 его нейро-

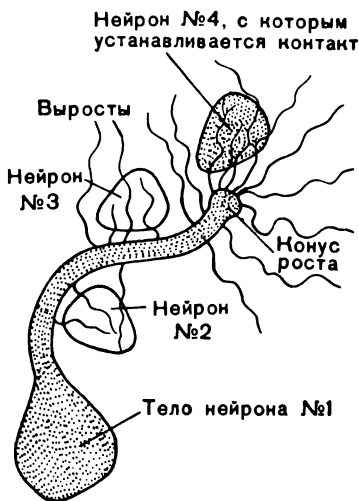


Рис. 6. Рост нервного волокна. Нервное волокно, увеличиваясь в длину, минует тела нейронов, расположенных на его пути, и устанавливает контакт с нейроном № 4. Это подтверждается тем, что краситель, введенный в нейрон № 1, перетекает в нейрон № 4.

нов успевают вырастить свои отростки, которые объединяются в 25 пучков, образующих прямоугольную структуру, напоминающую лестницу. Ученые сумели проследить, как в этом, уже достаточно сложном ганглии растущий отросток взятой под наблюдение нервной клетки находит предназначенный ему путь. Оказалось, что его выросты обследуют практически все нервные волокна, пока не найдут нужный им пучок из четырех аксонов. Представляете, какая точность: выбор из 25 возможных вариантов! Но на этом дело не кончается. Выросты аксона изучаемой нервной клетки интересуются не всеми четырьмя волокнами обнаруженного пучка, а только двумя из них. Они растут рядом, тянутся в том же направлении и обвиваются вокруг этих волокон.

Ученые не ограничились простым наблюдением за ростом изучаемого нервного волокна. Они захотели получить дополнительное подтверждение, что выбор им своего пути действительно определяют совершенно конкретные волокна. В пучке, который разыскивает растущий аксон, два типа волокон. Назовем их волокнами А и Б. С помощью тончайшего луча лазера ученым удалось разрушить все 4 клетки, дающие эти волокна. Естественно, что, лишенные своих материнских клеток, погибли и они. Это сразу меняло дальнейшую судьбу изучаемого аксона — он переставал расти. То же самое происходило, если разрушали лишь клетки, дающие отростки Б. Оставшиеся живыми отростки А руководить ростом изучаемого аксона не могут. Зато если сохранилось хотя бы одно волокно Б, то конус роста аксона изучаемой клетки тянется к нему, обвивается вокруг и продолжает путь в нужном направлении.

ШИФРЫ И ШИФРОВАЛЬЩИКИ

Если в Ленинграде выйти на набережные Невы и встать лицом к Зимнему дворцу, то в самой правой части здания над крышей и затейливой балюстрадой можно увидеть небольшую башенку, по виду нечто среднее между звонницей маленькой часовни и наблюдательной будкой поста противовоздушной обороны, каких немало построили здесь в годы войны. Даже старые петербуржцы не сумеют объяснить, что это за сооружение, — так давно башенка перестала функционировать. Во времена А. С. Пушкина она называлась телеграфным домиком.

Здесь постоянно дежурил наблюдатель солнечного телеграфа. В те годы по всей стране была размещена сеть наблюдательных постов. Сообщение с невиданной по тем временам скоростью передавалось от наблюдателя к наблюдателю вспышками солнечных зайчиков или небольших прожекторов. Солнечному телеграфу потребовалось немногим больше 4 ч, чтобы принести в столицу Российской империи весть из Варшавы о начавшемся польском восстании.

Светотелеграф работал достаточно эффективно, однако для постороннего наблюдателя смысл передаваемых сообщений не был понятен. Он был зашифрован с помощью различных комбинаций световых вспышек.

За недолгую историю человеческой цивилизации были изобретены десятки шифров. Их использовали, когда хотели скрыть содержание информации или для того, чтобы облегчить передачу текста. Пожалуй, наибольшее распространение получила азбука Морзе. Она позволила не только передавать сообщения по проводам, но и записывать их на бумажной ленте. Правда, для непосвященных содержание сообщений оставалось непонятным и требовало расшифровки.

Аналогичную задачу по кодированию и декодированию информации должны постоянно решать нейроны. Мы помним, что сами нервные клетки лишены возможности собирать информацию как о внешнем мире, так и о том, что творится в органах и тканях самого организма. Чтобы регулярно получать об этом необходимые сведения, у нервной системы имеется целый штат информаторов — рецепторных клеток, или входящих в состав сложноустроенных органов чувств, вроде глаза, внутреннего уха, обонятельного эпителия носа, или просто находящихся в коже, стенках кровеносных сосудов, других органах и тканях организма.

Информаторы — узкие специалисты. Существует много типов чувствительных рецепторных клеток, реагирующих только на определенный вид энергии: на воздействие света, на звуковые волны, на другие механические воздействия, — улавливающих запах или вкус различных веществ, определяющих наше положение в пространстве и т. д. Все рецепторные клетки, для чего бы они ни предназначались, построены по единому типовому проекту с незначительными конструктивными изменениями, помогающими им выполнять свои обязанности (табл. III).

Рецепторные клетки, по сути дела, являются биологическими датчиками информации. Какому бы животному они ни принадлежали, от самых примитивных до человека включительно, они представляют собой клетку с одним, а иногда и с несколькими подвижными жгутиками. Эти жгутики называют антеннами, так как именно они служат воспринимающими элементами рецепторных клеток. Непрерывное, непрекращающееся движение жгутиков способствует созданию наиболее благоприятных условий их взаимодействия с тем видом энергии, для восприятия которой они предназначены. Это позволяет им вести активный поиск внешних воздействий и лучше их воспринимать. Ученые предполагают, что рецепторные клетки происходят от одноклеточных жгутиконосцев вроде эвглени или мерцательных клеток более развитых животных. Действительно, жгутик эвглени служит ей одновременно и средством передвижения, и чувствительным элементом, воспринимающим внешние воздействия.

Антенны всех рецепторных клеток имеют сходное строение. В каждой из них находится 9 периферических фибрилл, внутренних нитей, расположенных по ее окружности, и 2 фибриллы, расположенные в центре. Периферические фибриллы состоят из белков, близких к сократительным белкам мышц. Они и обеспечивают активную подвижность антенн. Две центральные фибриллы несут опорную функцию. Они состоят из более упругого вещества и придают антеннам некоторую жесткость. Иногда центральные фибриллы отсутствуют. Такие антенны способны лишь сокращаться и удлиняться.

Чувствительным элементом антенны является ее оболочка — мембрана. Обычно она просто покрывает антенну, но иногда бывает собрана в складки, образуя своеобразные мембранные диски, что значительно увеличивает общую площадь мембраны, а значит и ее чувствительность. Именно такое устройство характерно для зрительных рецепторов — светочувствительных клеток позвоночных (табл. III).

Для восприятия внешних воздействий мембрана антенн снабжена специфическими белками. У каждого вида рецепторных клеток белки свои, особые, что и позволяет им улавливать только строго определенный вид энергии. В оболочке антенн зрительных клеток находится светочувствительный пигмент — родопсин. Достаточно энергии всего одного фотона, чтобы одна из молекул

родопсина распалась на белок опсин и ретинен — производное витамина А. Эта химическая реакция служит толчком для целого ряда химических процессов, завершающихся возбуждением рецепторной клетки.

Аналогичным образом возникает возбуждение и других рецепторных клеток. В полости носа человека и высших позвоночных животных находятся чувствительные клетки, имеющие от 5 до 8 антенн. Ученые предполагают, что в их оболочки вмонтированы крупные белковые молекулы, образующие на поверхности антенн крохотные ниши, по форме точно соответствующие конфигурации молекул пахучих веществ. Когда такая молекула попадает в предназначенную для нее нишу, между ней и молекулой белка происходит взаимодействие, дающее толчок для возбуждения рецепторной клетки. Аналогичным образом устроена мембрана вкусовых клеток, только вместо обычных антенн они у позвоночных животных имеют короткие штифтики (табл. III).

Орган слуха, орган равновесия — вестибулярный аппарат, органы боковой линии рыб, чувствительные волоски хитиновой оболочки насекомых и паукообразных, рецепторный аппарат вибрисс — специальных чувствительных волос млекопитающих являются механорецепторами, т.е. реагируют на механические воздействия, а не на химические вещества.

Рецепторные клетки органов боковой линии рыб улавливают направление движения воды. Они имеют на своей поверхности одну антенну и пучок неподвижных волосков. Антенна никогда не входит в состав этого пучка, а всегда расположена где-нибудь сбоку. Сами чувствительные клетки органов боковой линии рыб находятся в специальном канале, проходящем вдоль тела рыбы, а также в каналах, находящихся на ее голове. Они расположены здесь в определенном порядке. Дело в том, что рецепторная клетка реагирует на движение воды в канале только в том случае, если оно направлено от пучка неподвижных волосков в сторону антенны. Тогда под напором воды антенна сгибается, что вызывает возбуждение рецепторной клетки, о чем она шлет информацию в мозг. При обратном направлении тока воды от антенны в сторону пучка неподвижных волосков антенна упирается в этот пучок. При этом чувствительная клетка затормаживается и, естественно, никаких сообщений никуда не посылает (табл. III).

Таким образом, чувствительная клетка с помощью антенны, имеющей специальные приспособления, улавливает лишь вполне определенные виды воздействий. Никаких других она воспринять просто не в состоянии. Пахучие вещества не вызовут никаких реакций у светочувствительных клеток глаза, а свет у слуховых клеток, расположенных во внутреннем ухе. Правда, сильные воздействия на чувствительную клетку, например электрическим током, способны вызвать ее возбуждение, и тогда она пошлет об этом информацию в мозг. Совершенно очевидно, что клетка ничего не сможет сообщить о самом электрическом воздействии, которому она подвергалась и которое вызвало ее возбуждение. Такие сообщения не предусмотрены программой деятельности рецепторной клетки. Она просто поставит в известность мозг о том, что возбуждена. Получив сигнал от светочувствительной клетки, мозг поймет такое сообщение, как информацию о воздействии на глаз света. Электрическое раздражение светочувствительных клеток глаза человек субъективно воспримет как яркую вспышку света. Точно такое же ощущение вызовет их механическое раздражение. Его имел возможность ощутить каждый, кому довелось сильно стукнуться или получить удар мячом в верхнюю часть лица. Для возникающих в этом случае ощущений даже придумано специальное выражение. При этом говорят, что у человека искры посыпались из глаз.

Здесь много внимания уделено вопросу о том, как реагируют рецепторные клетки на раздражение электрическим током или на другие сильные воздействия и как они информируют об этом мозг, так как от этих вопросов легче перейти к рассказу о кодировании рецепторными клетками передаваемой информации. Оказывается, чувствительным клеткам нет никакой необходимости сообщать о том явлении, которое вызвало их возбуждение. Зачем, например, светочувствительной клетке глаза сообщать в мозг, что ее возбудил свет, если никакие другие раздражители, из числа обычных, сделать это не способны. Вполне достаточно сообщить мозгу, что рецепторная клетка возбуждена, а он, «зная», кто направил ему информацию, отлично сам разберется, что могло вызвать возбуждение данной чувствительной клетки.

Хотя все рецепторные клетки посылают сообщение в мозг лишь о том, что они в данный момент возбуждены, и «молчат», когда находятся в обычном спокойном состоя-

нии, но мозг из таких простых сообщений способен извлекать более сложную информацию. Рецепторная клетка органов боковой линии у рыб сообщает в мозг лишь о том, что она возбуждена. Однако мозг «знает», что вызвать ее возбуждение может только движение воды, «помнит», в каком месте боковой линии она расположена и как она там ориентирована. Поэтому он «догадывается», какое направление имело движение воды, вызвавшее возбуждение данной клетки, с какой стороны поступил к рыбе сигнал об опасности или о приближении пищевых объектов. Помните, чувствительные клетки органов боковой линии рыб возбуждаются только в том случае, если вода движется от пучка волосков в сторону воспринимающей антенны.

Аналогичным образом устроены все анализаторы организма. Каждая рецепторная клетка внутреннего уха возбуждается звуковой волной строго определенной частоты. Следовательно, мозг, получив сигнал от слуховой клетки о том, что она возбуждена, не только «знает», что возбуждение вызвано звуком, но прекрасно «понимает», какой это был звук.

Несколько слов нужно сказать о связях чувствительных клеток с мозгом. Существует два типа соединений. Одни рецепторные клетки, как обычные нейроны, имеют длинный отросток, образующий синапсы с соответствующими нервными клетками, другие отростков не имеют. Нейроны мозга сами посылают к ним отростки. Благодаря этим контактам рецепторные клетки имеют возможность доложить мозгу, что они возбудились.

Поскольку мозг сам прекрасно «догадывается» о том, какой вид раздражителя восприняла рецепторная клетка, сообщать ему об этом не нужно. Другое дело информация о некоторых характеристиках воспринятого раздражителя. Она может быть полезна. Действительно, мозгу чрезвычайно важно знать о силе раздражителя: какова сила звука, вызвавшая возбуждение чувствительной клетки внутреннего уха, насколько ярок свет, достигший глаза, и т.д. Подобной информацией рецепторные клетки добросовестно снабжают мозг.

Расшифровать код рецепторных клеток оказалось нетрудно. Как уже говорилось, все нейроны, а также все рецепторные клетки любых животных передают информацию с помощью совершенно одинаковых нервных импульсов. О силе раздражителя мозг судит не по

каким-то их особенностям, все нервные импульсы похожи друг на друга, как две капли воды, а по их частоте. Чем сильнее раздражитель, тем чаще рецепторная клетка генерирует нервные импульсы. Вот конкретный пример из деятельности рецепторов давления человека.

Кожные рецепторы пальцев руки способны почувствовать давление, если его сила составит не меньше 0,5 г. Поэтому, пока давление не превышает 0,2 г, рецепторная клетка импульсов не генерирует, но стоит ему возрасти до 0,6 г, начнет производить 1—3 импульса в 1 с. При дальнейшем увеличении давления до 4 г частота импульсации рецепторной клетки достигнет 14 — 15 импульсов в 1 с. Наконец, при давлении, равном 13 г, число импульсов нервной клетки возрастет до 30 — 40 в 1 с. Нейрон, получивший информацию от рецепторной клетки, с такой же частотой пошлет импульсы своим адресатам или, проанализировав полученную информацию, перекодирует ее в новый ритм, но и в этом случае сила раздражителя будет зашифрована с помощью изменения частоты его импульсов (рис. 7).

Интересно, что рецепторные клетки многих рецепторов генерируют импульсы даже когда не испытывают никаких воздействий. На первый взгляд это кажется странным. Однако в действительности способность генерировать импульсы в покое — важное приспособление рецепторной клетки. Благодаря этому ее чувствительность возрастает. Чтобы вызвать ответ «молчащей» рецепторной клетки, раздражитель должен обладать известной силой. Чувствительная клетка, постоянно генерирующая импульсы, на самый слабенький раздражитель способна ответить некоторым увеличением частоты своих импульсов.

От некоторых рецепторов поток информации ни на секунду не прерывается. Они одинаково отзывчиво реагируют и на усиление раздражителя, и на ослабление его действия. Температурный рецептор, как и термометр, висящий за стеклом нашего окна, должен реагировать не только на повышение температуры, но и на ее падение. Нам важно знать, что к вечеру стало жарко, а к утру опять похолодало. То же самое требуется от температурного рецептора.

Для некоторых животных температурный рецептор имеет особое значение. Многим змеям он даже глубокой ночью помогает обнаруживать добычу и успешно охотиться.

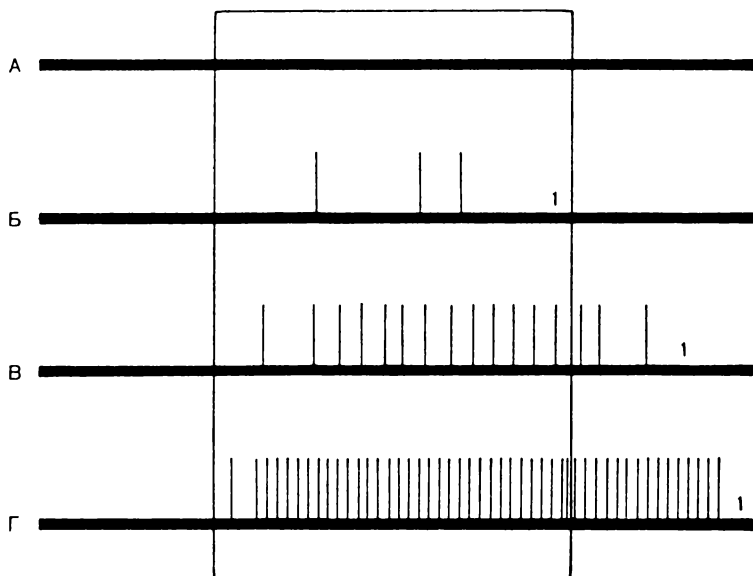


Рис. 7. Электрическая реакция рецепторных клеток кожи, воспринимающих давление.

А — при давлении, равном 0,2 г. *Б* — при давлении, равном 0,6 г. *В* — при давлении, равном 4,0 г. *Г* — при давлении, равном 13,0 г. Квадратной рамкой очерчены электрические реакции, которые возникали в момент действия раздражителя, длящегося 1 с. 1 — электрические разряды рецепторов клетки.

ся. У этих змей особенно чувствительные терморепторы находятся на морде в парных ямках немного ниже глаз, а иногда на нижней губе. Терморепторы всегда активны и обладают уникальной чувствительностью, отвечая изменением частоты импульсов на изменение температуры всего на $0,002^{\circ}\text{C}$. Благодаря этому змея, анализируя тепловые лучи, излучаемые окружающими предметами, на довольно большом расстоянии обнаруживает свои жертвы, температура которых отличается от температуры окружающих предметов всего на $0,1^{\circ}\text{C}$; и точным броском овладевает добычей. Постоянная импульсация температурных рецепторов позволяет змеям с одинаковым успехом «замечать» как повышение температуры, так и ее падение.

Таким образом, в алфавите и рецепторных, и нервных клеток всего одна буква — стандартный нервный импульс. Но и с такими скудными средствами мозг получает

достаточно исчерпывающую информацию об окружающем нас мире. С помощью столь простого алфавита нервные клетки обмениваются информацией, обсуждают встающие перед ними проблемы, принимают решения и передают команды исполнительным органам.

Понимает ли мозг сообщения рецепторных клеток, написанных с помощью такого необычного алфавита? Я попробую забежать немного вперед и ответить на поставленный вопрос. Анализ работы мозга показывает, что сам по себе странный алфавит затруднений не вызывает, однако мозг оказался плохим чтецом. Он слишком медленно, как первоклассник, разбирается в написанном, и все сообщения, которые ему посылают рецепторы, прочитывать не успевает. Когда мы любуемся незнакомым городом из окна быстро движущегося автомобиля, то как бы внимательны ни были, нам вряд ли удастся рассмотреть и запомнить все достопримечательности, встречающиеся на пути. Тем более все остальное, что не привлекло, не остановило нашего внимания. А между тем обо всем, что попадало в поле зрения наших глаз, они немедленно информировали мозг. Оказывается, существует предел скорости усвоения мозгом поступающей в него информации. У каждого человека своя индивидуальная скорость переработки информации, но различия между отдельными индивидуумами не особенно велики и не принципиальны. К тому же этот процесс поддается тренировке.

ЧЕРНЫЙ ЯЩИК

НАГРАДА ЗА ОТКРЫТИЕ

И зучение мозга для русских физиологов всегда было важным направлением, главной темой исследования. Наша страна подарила миру многих выдающихся ученых, в том числе физиологов. В развитии этой науки особенно велика роль И. М. Сеченова и И. П. Павлова. Их вклад в развитие физиологии так велик, что трудно представить, как бы она развивалась без их участия. Недаром И. М. Сеченова называют отцом русской физиологии. А он является не только организатором развития физиологии в нашей стране, но и создателем одного из ее важнейших разделов — физиологии мозга, которой до его работ просто не существовало.

Трудно переоценить вклад, который внесли в науку эти два корифея отечественного естествознания. Их жизнь и их работа — это не только научный, но в не меньшей мере и гражданский подвиг. Можно ли представить, чтобы в середине XIX века профессор главного вуза страны, столичного университета, за свои научные изыскания оказался в тюрьме! А перед И. М. Сеченовым подобная угроза стояла весьма реально!

И. М. Сеченов внес существенный вклад в развитие многих разделов физиологии, но главная его заслуга перед человечеством — изучение нервной системы. Анализируя результаты собственных исследований и накопленных к тому времени данных о физиологии мозга, И. М. Сеченов пришел к выводу, что тайну психической жизни можно раскрыть методами естествознания, и первый сделал попытку представить психические процессы чисто физиологически. И. М. Сеченов считал, что мысль — всего

лишь сложный рефлекс и, как каждый рефлекс, может быть изучена физиологом.

Кроме научной и педагогической деятельности, И. М. Сеченов много сил уделял популяризации научных знаний. Он часто выступал с публичными лекциями, в том числе в рабочей аудитории, и редактировал научно-популярные книги. Не удивительно, что именно к нему обратился Н. А. Некрасов с просьбой написать для издаваемого им журнала «Современник», самого прогрессивного журнала царской России, популярную статью, посвященную актуальным вопросам естествознания.

Предложение знаменитого русского поэта И. М. Сеченов получил в Париже, где он занимался изучением процесса торможения. Ученый, естественно, охотно согласился и, несмотря на то, что эксперименты отнимали много времени и сил, принялся за статью, которая вскоре оказалась в редакции журнала.

Первоначально статья называлась «Попытка свести способы происхождения психических явлений на физиологические основы». Однако опытные сотрудники «Современника», постоянно подвергавшегося гонениям со стороны царской цензуры, благоразумно изменили название, надеясь таким образом избежать очередных придинок. Однако предусмотрительность редакции пропала даром, номер журнала со статьей И. М. Сеченова был арестован.

Труд И. М. Сеченова, которым мы вправе гордиться как одним из высочайших достижений научной мысли, удостоился специального постановления Совета по делам книгопечатания, но какого постановления! Вместо одобрения и поддержки — всяческие ограничения и попытка сделать его доступным лишь для ограниченного круга читателей. В постановлении, в частности, говорилось: «Воспретить помещение этой статьи в «Современнике» и дозволить напечатание ее в медицинском или другом издании с соблюдением следующих условий: во-первых, чтобы изменено было заглавие статьи, слишком ясно указывающее на конечные, вытекающие из нее выводы; во-вторых, чтобы в заключительном пункте статьи (последние 11 строк) исключено было бы или переделано место, как человек будет вечно ценить и предпочитать хорошую машину дурной из множества однородных, и соответственно с этим изменены последние строки...»

Если бы не сохранилось старых архивов, трудно было бы поверить, что даже любовь к хорошим машинам царским цензорам показалась крамольной.

Потребовалось немало времени, чтобы напечатать статью в журнале «Медицинский вестник», а затем она была издана отдельной книгой. В этих изданиях статья называлась «Рефлексы головного мозга». Подготавливая книгу к изданию, И. М. Сеченов попытался обойтись без цензуры, но когда книга была напечатана, на нее наложили арест. Больше года все три тысячи экземпляров книги пролежали без движения, а Главное управление по делам печати вынесло постановление о возбуждении против автора судебного преследования.

Постановление было тотчас же утверждено тогдашним министром внутренних дел Валуевым, и материалы на Сеченова поступили прокурору окружного суда. В заявлении Петербургского цензурного комитета говорилось, что «сочинение Сеченова объясняет психическую деятельность головного мозга. Она сводится к одному мышечному движению, имеющему своим начальным источником всегда внешнее, материальное воздействие... Эта материалистическая теория... разрушая моральные основы общества в земной жизни, тем самым уничтожает религиозный догмат жизни будущей; она не согласна ни с христианством, ни с уголовно-юридическим воззрением... И потому... книга Сеченова «Рефлексы головного мозга» представляется направленной к развращению нравов и подлежит судебному преследованию и уничтожению, как крайне опасная по своему влиянию на людей, не имеющих твердо установленных убеждений».

Цензоры не забыли обратить внимание прокурора на то обстоятельство, что автор определил для книги очень низкую цену, всего 80 копеек, т.е. предполагал сделать ее доступной и для малообеспеченной публики. К глубокому сожалению царских чиновников, сделать книгу недоступной для читателей оказалось невозможным, ведь «Медицинский вестник», в котором она была опубликована, уже давно был разослан подписчикам. Цензоры опасались, что публичный судебный процесс, гонения на книгу и ее автора создадут ей дополнительную прекрасную рекламу. Благодаря судебному разбирательству книга неизбежно получила бы широкую известность, и любой читатель сумел бы разыскать и прочесть журнальный вариант ставшей знаменитой сеченовской статьи.

Книга «Рефлексы головного мозга» вышла в свет в первых числах апреля 1866 года, а 4 апреля в Петербурге у ограды Летнего сада прозвучал выстрел Д. В. Каракозова. Как известно, Каракозов промахнулся и Александр II остался жив, но революционер был казнен. И хотя было совершенно очевидно, что покушение готовилось давно, царские чиновники усмотрели связь между этими двумя событиями, и на И. М. Сеченова обрушились новые гонения. Царский генерал Муравьев, за сверхжестокое подавление польского восстания получивший кличку Муравьев-вешатель, докладывал царю, что редакторы некоторых журналов и издательств в течение многих лет распространяли «разрушительные учения», а министр Валуев услужливо назвал в числе четырех наиболее опасных, по его мнению, книг и «Рефлексы головного мозга».

И. М. Сеченов, несомненно, не был сторонником монархии, но арестованная книга не содержала ни малейшей критики царского режима. Это была чисто научная физиологическая работа. С тех пор она 15 раз переиздавалась на русском языке и каждый может сам убедиться, что политические вопросы автор в ней не затрагивал, а между тем она вызвала жгучую ненависть царского правительства.

Что же в работе И. М. Сеченова так не понравилось царским чиновникам? Материалистические мысли и материалистические выводы! В эпоху средневековья церковь запрещала заниматься какими-либо исследованиями. Ибо бог, как говорили церковники, уже сообщил людям все, что им нужно знать об окружающем мире и о них самих, а выведывать что-нибудь сверх того, что разрешено богом, — грех. Святая инквизиция посылала на костер и не за столь «тяжкие» преступления. В XIX веке об инквизиции уже забыли, охрану церковных догм взял на себя царизм. А разве он мог допустить, чтобы в сферу духовной деятельности вторгнулся какой-то профессор! Психическая деятельность всегда считалась вотчиной нематериальной божественной души. А этот Сеченов, видите ли, объясняет ее какими-то физиологическими явлениями и процессами. Муравьеву, Валуеву и другим царским сатрапам было очень обидно, что они не могут, как было принято в эпоху средневековья, сжечь Сеченова на костре вместе с его крамольной книгой и даже не в состоянии запретить читателям знакомиться с мыслями автора.

Величайшая заслуга И. М. Сеченова состоит в том, что он первым сумел догадаться о рефлекторной природе деятельности головного мозга, понять, что мысль — всего лишь сложный рефлекс и, как другие рефлексы, может быть детально изучена. Свои догадки ученый пытался подтвердить прямыми экспериментами. Он сделал немало для изучения мозга, открыл важнейший элемент его деятельности — явление центрального мозгового торможения. Однако приступить к систематическому изучению рефлексов, являющихся основой психических процессов, он не смог. Тогдашняя наука еще не доросла до такого уровня, чтобы можно было осуществить столь грандиозное исследование.

Научную эстафету подхватил другой выдающийся русский ученый — И. П. Павлов. Он, как и И. М. Сеченов, занимался многими разделами физиологии, но к концу XIX столетия особенно прославился своими фундаментальными исследованиями деятельности главных пищеварительных желез. Фактически И. П. Павлов заново создал физиологию пищеварения, объяснил многие загадочные явления, помог врачам понять причину ряда желудочно-кишечных заболеваний и придумать способы их лечения. За выдающиеся исследования И. П. Павлов первым из русских исследователей удостоился высшей награды, о которой в те годы мог мечтать ученый, — Нобелевской премии.

То, что И. П. Павлов занялся изучением именно пищеварения, обернулось для человечества большой удачей. Те открытия, которые он сделал во время этих исследований, помогли ему изобрести способ, как подступить к изучению мозговой деятельности, и создать метод, позволивший его осуществить.

Исследуя деятельность главных пищеварительных желез, И. П. Павлов детально выяснил, выделение каких пищеварительных соков вызывает каждый вид пищи, попадая в ротовую полость, желудок или кишечник, т.е. изучил рефлекторную деятельность пищеварительного тракта. Впоследствии он назвал такие пищеварительные рефлексы и аналогичные им рефлексы других органов тела безусловными.

Одна из важных особенностей безусловных рефлексов состоит в том, что они передаются по наследству от

родителей детям, а потому у всех животных одного вида единый, строго постоянный набор безусловных рефлексов. Поэтому рефлекторную реакцию желудка на жир можно изучать у любой собаки, она у всех собак одинакова. И так с любым другим безусловным рефлексом.

В эту схему не укладывались только некоторые слюнные рефлексы. И. П. Павлов и другие ученые наблюдали, что, например, характер секреции желудочного сока изменяется, главным образом, только когда пища попадает в желудок, т.е. когда пищевые вещества действуют непосредственно на чувствительные клетки внутренней оболочки желудка. Слюнные железы ведут себя иначе. Их секреция нередко начинается еще до того, как пища попадает в рот, при одном ее виде или запахе. Мало того, у некоторых собак слюна начинает выделяться при виде миски, из которой кормят животное, при виде служителя, который раздает в виварии корм, просто в определенное время дня, если в это время животных обычно кормят. Вот эти-то слюнные рефлексы у каждой собаки свои, индивидуальные. Слюна начинает выделяться при виде своей миски, на голос своего хозяина, в то время дня, когда обычно кормят именно эту собаку. Когда для вивария покупают новое животное, у него такие слюнные рефлексы не обнаруживаются (рис. 8).

Об этих странностях слюнных желез было известно и до И. П. Павлова. Такие реакции называли психическим слюноотделением, но серьезного внимания на них не обращали, относясь к ним как к своеобразному курьезу. И. П. Павлов, завершая свое обширное исследование физиологии пищеварения, не мог пройти мимо подобного странного явления. Оно попало в его поле зрения. Не выяснив, каким образом, в силу каких причин голос или шаги служителя, которого еще и не видно, вызывают у собаки выделение слюны, нельзя было считать изучение физиологии пищеварительных желез законченным.

Происхождение психической секреции слюнных желез обычно объясняли тем, что собака чувствует запах пищи, видит ее или слышит, что за ней идет служитель, и надеется, что ее скоро покормят. В общем, было признано, что за возникновение подобных форм секреции слюны ответственны психические факторы, потому-то она и была названа психической.

И. П. Павлов в глубине души был согласен с тем, что в любых реакциях организма главенствующую роль играет

мозг, его психическая деятельность. Но, будучи физиологом, он считал невозможным использовать для объяснения наблюдаемых явлений психологические термины. Он запретил своим сотрудникам произносить такие слова, как собака «захотела», «подумала», «решила», и даже ввел штраф за их употребление. Занявшись изучением психических явлений, И.П. Павлов хотел остаться физиологом, дать научное описание физиологической основы психических явлений.

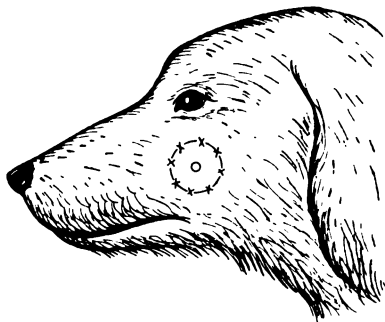


Рис. 8. Собака с фистулой слюнной околоушной железы.

Проток железы с кусочком слизистой оболочки выведены наружу и подшиты к коже щеки.

Исследуя психическую секрецию, И. П. Павлов понял, что в данном случае он не только вскрывает механизм таинственных функций слюнных желез, не только вносит весомый вклад в физиологию пищеварения, но, и это было главным, получает возможность изучать физиологию головного мозга, его высшие психические функции. Необычайные возможности, не открывавшиеся до него ни одному ученому, необозримые перспективы изучения физиологии психической деятельности так заворожили ученого, что И.П. Павлов полностью прервал все прочие исследования и даже не разрешил своим сотрудникам закончить начатые работы, целиком переключившись на изучение физиологии высших психических функций.

В первую очередь И. П. Павлов занялся изучением вопроса о том, как в индивидуальной жизни животных возникают рефлексы психического слюноотделения. Было обнаружено, что они вырабатываются у животных в том случае, когда какой-нибудь простой, ничего не значащий для них раздражитель, например звонок, несколько раз совпадает по времени с действием любого безусловного (врожденного) раздражителя, например с пищей. Если при этом соблюдаются определенные условия, некоторое, пусть даже незначительное, предшествование звонка действию пищи, то после 5 — 10 или 20 совпадений этих раздражителей ранее безразличный для собаки

звонок начнет вызывать у нее слюнную секрецию. Желая подчеркнуть, что эти рефлексы возникают у животных лишь при строго определенных условиях, И. П. Павлов и назвал такие рефлексы условными.

Процедура выработки условных рефлексов общеизвестна. В камере, где находится собака, вспыхивает свет, а через 30 с после этого животное получает пищу. Собака, конечно, съедает лакомство. Через некоторое время свет вспыхивает снова, а затем опять появляется пища. Когда собака ест, у нее течет слюна. Это необходимо, чтобы удобнее было пережевывать пищу и легче ее проглатывать. Но вот после 5 — 10 совпадений вспышки света и появления корма можно заметить, что теперь, как только зажжется свет, еще задолго до появления корма из протока железы начинает капать слюна. Это значит, что условный рефлекс образовался, т.е. в больших полушариях головного мозга возникла временная связь между зрительными областями, воспринимающими вспышку света, и пищевым центром. Наличие условного рефлекса свидетельствует о том, что мозг уловил новую закономерность между вспышкой света и неизбежным последующим появлением корма. Теперь, давая команду слюнным железам приступить к работе, мозг подготавливает полость рта к поступлению пищи.

Конечно, условные рефлексы могут быть не только пищевыми. Если вслед за звучанием звонка собака будет получать удар электрического тока, то уже после нескольких сочетаний звонок начнет вызывать реакцию отдергивания раздражаемой лапы еще до того, как она получит удар электрического тока. Таким же образом могут быть выработаны другие виды условных рефлексов. При этом для их образования годятся самые разные раздражители: звуковые, зрительные, обонятельные, кожные и любые другие, доступные органам чувств животных.

Важной особенностью условных рефлексов является то, что они, с одной стороны, чисто физиологическое явление, в общем, такие же рефлексы, как и все другие, а с другой стороны, представляют собой явление психическое, самую простую психическую реакцию. Этим и объясняется то чрезвычайно важное обстоятельство, что, изучая условные рефлексы, ученые имеют возможность судить о деятельности головного мозга, изучать его высшие психические функции.

Для ученых очень важно было установить, что

происходит в мозгу при образовании или, как принято теперь говорить, при выработке условного рефлекса. И. П. Павлов предположил, что во время многократного совпадения двух раздражителей между мозговыми пунктами, ответственными за их восприятие, проторяется специальная дорожка, точнее, образуется временная связь. Благодаря образовавшейся связи при действии условного раздражителя, например при действии звонка, возбуждение соответствующего пункта в слуховых отделах мозга побежит в пищевой центр, а оттуда возбуждение-приказ поступит в слюнные железы, и они начнут выделять слюну.

В лабораториях И. П. Павлова наибольшее внимание уделялось слюнным условным рефлексам. Это были, конечно, не самые важные рефлексы организма, но интерес к ним был вполне оправдан. Во-первых, И. П. Павлов, используя методику выработки слюнных рефлексов, на их примере изучал общие принципы образования, сохранения и использования условных рефлексов. А главное, с помощью условных рефлексов И. П. Павлов стремился раскрыть механизмы деятельности мозга. Именно слюнные условные рефлексы, благодаря своей простоте и легкости их изучения, лучше других видов условных рефлексов годились для изучения мозговой деятельности.

Многолетние исследования И. П. Павлова и его многочисленных сотрудников убедили ученых в том, что условнорефлекторный принцип лежит в основе всей мозговой деятельности. Выработка и использование условных рефлексов, а точнее, выработка и использование временных связей, являются основой психической деятельности животных и человека.

Условные рефлексы — очень полезные реакции. Для животных они являются самым важным способом познания закономерностей окружающей среды. С их помощью эти закономерности получают отображение в мозгу животных. Услышит лисица стрекотание сорок на опушке леса и торопится скрыться в чаще. Для нее тревожные крики означают, что где-то близко человек или какой-нибудь крупный хищник. Сороки всегда тревожно кричат при любой опасности. Их голос служит для лисицы условным раздражителем оборонительного условного рефлекса. Там, где постоянно обитают сороки, подобные условные рефлексы образуются у многих животных.

В этом рефлексе отражена важная для большинства животных закономерность, заключающаяся в том, что крик сорок предвещает опасность. Значение подобных знаний чрезвычайно велико, так как они позволяют предупредить события, осуществить оборонительную реакцию на данный условный раздражитель, не дожидаясь, пока опасность нагрянет, т.е. начнет действовать безусловный раздражитель: раздастся выстрел и свинцовые дробинки вонзятся в кожу. Лисице, услышавшей голоса сорок, выгоднее сразу удрать, не дожидаясь, пока появится охотник.

Условные рефлексы очень точно отражают закономерности окружающего мира. Это достигается благодаря тому, что приобретенные животными знания постоянно проверяются и уточняются, в них непрерывно вносятся необходимые поправки. Все, что перестает соответствовать существующей действительности, сейчас же устраняется, ненужные условные рефлексы угасают. Когда вслед за вспышкой света собака перестает получать корм, условный раздражитель — свет перестает вызывать выделение слюны. Точно так же вырабатывается дифференцировка, т.е. различение близких раздражителей.

Предположим, что у собаки выработан условный пищевой рефлекс на вспышку света в правом углу экспериментальной камеры и вспышка света каждый раз вызывает у животного выделение слюны. Что будет, если вспышка света возникнет в левом углу? Ничего особенного! Собака не ощутит никакой разницы и у нее возникнет обычный условный рефлекс. Однако, если левая вспышка света никогда не будет сопровождаться кормом, собака скоро разберется в ситуации. На свет, загорающий слева, будет выделяться все меньше и меньше слюны, а затем ее выделение совсем прекратится. Это значит, что собака дифференцирует (различает) раздражители. У нее теперь разное отношение к световым вспышкам.

Аналогичным образом дифференцировки образуются и в природе. Звук работающего в поле трактора легко становится пищевым условным раздражителем. Заслышав его, в поле слетаются многие птицы, чтобы походить за плугом или поохотиться на только что убранном пшеничном поле, где многочисленные насекомые остались без всякого прикрытия. На шум бульдозера, укладывающего полотно дороги, птицы поначалу собираются также охотно, но замечают, что здесь поживиться нечем, и

условный рефлекс у них быстро угасает. В конце концов птицы обучаются по звуку различать эти машины, и теперь бульдозер их больше не привлекает.

Люди, далекие от науки, которым не приходилось самим заниматься изучением условных рефлексов, нередко высказывают сомнение в том, что такое простое явление, как условный рефлекс, может обеспечить осуществление сложной психической деятельности животных, тем более психики человека. Это происходит по недоразумению, из-за незнания основ учения об условнорефлекторной деятельности мозга. Скептики обычно спрашивают, какое место в психической деятельности занимают слюнные условные рефлексы. И действительно, роль подобных простых рефлекторных реакций даже в жизни собаки, тем более человека, невелика. Но нужно помнить, что видов условных рефлексов множество, и это хорошо понимал И. П. Павлов. Среди них есть и простые, и сложные. А главное, условные рефлексы способны выстраиваться в длинные цепочки, где завершение одного условного рефлекса является сигналом для другого условнорефлекторного акта, т.е. вызывает его осуществление. В подобных цепочках условных рефлексов, в их ассоциациях отражаются и достаточно полные знания о существующих закономерностях, и целые программы поведения.

Приведем два примера длинных цепей условнорефлекторных актов, в которых отражены знания обстановки и программы пищедобывательного поведения животных. Пример первый. Перед клеткой шимпанзе кладут апельсин на таком расстоянии, чтобы до него нельзя было дотянуться рукой, но зато дают набор трубок разного диаметра. Все взрослые обезьяны умеют хотя бы немного пользоваться палками. Этому они обучаются еще в детстве. Однако трубки, оказавшиеся в клетке, слишком коротки, чтобы ими достать апельсин. Убедившись в этом, огорченная обезьяна начинает с ними играть и обычно в конце концов совершенно случайно соединяет два коротких отрезка в одну длинную трубку. Часто одного удачного случая бывает достаточно, чтобы образовалась условнорефлекторная реакция соединения трубок.

Вот первая цепь условнорефлекторных реакций. Затем собственноручно изготовленным «орудием труда» обезьяне нужно подкатить апельсин к решетке. Именно

подкатить, т.е. осуществить новую цепь точно рассчитанных и тщательно выполняемых условнорефлекторных реакций, чтобы не остаться без завтрака.

Естественно, что первая попытка редко приводит к ожидаемому результату. Но если опыт повторяют много раз, то шимпанзе, пробуя разные движения, ошибаясь и снова пробуя, рано или поздно добьется успеха, а соответствующие двигательные реакции и их последовательность зафиксируются в мозгу в виде цепи условных рефлексов. Теперь, благодаря выработавшимся у обезьяны условным рефлексам, она будет легко справляться с заданием.

Возникшие у животного две новые цепи условных рефлексов отражают познанные им закономерности окружающего мира. Первая свидетельствует о том, что из двух коротких трубок путем определенных манипуляций можно составить одну большую. Вторая говорит о порядке манипуляций с большой палкой, дающих возможность овладеть апельсином. Человеческие мысли чаще всего облечены в слова. В основе психической деятельности мозга животных лежат условные рефлексы и другие виды временных связей.

Второй пример — из исследований, которые проводились сотрудниками И. П. Павлова (табл. IV). На озере на небольшом расстоянии друг от друга устанавливались два плота. На одном из них находился Рафаэль — знаменитая обезьяна-шимпанзе, на которой было проведено много интересных экспериментов. Здесь же на плоту лежали длинные бамбуковые шесты, алюминиевая кружка и был установлен массивный ящик, в который положено яблоко. На другой плот ставили бак с водой. Рафаэль, конечно, не против перекусить, но в отверстии ящика, загораживая яблоко, горит огонь. Руку туда не сунешь, обожжешься!

Рафаэль умеет отлично гасить огонь, заливая его водой, но бачок с водой находится на другом плоту. Чтобы получить яблоко, обезьяне приходится проделывать длинную цепь условнорефлекторных актов. Сначала Рафаэль строит переправу, перекидывая с плота на плот шест. Затем с кружкой в руке, балансируя на неустойчивых мостках, перебирается на соседний плот. Шимпанзе бояться воды, и Рафаэлю совершенно не улыбается перспектива свалиться в озеро.

Добравшись до другого плота, обезьяна открывает

кран бачка, наливает полную кружку воды и, стараясь ее не расплескать, отправляется в обратный путь. Иногда у Рафаэля что-нибудь не ладится — то забудет захватить с собой кружку, то расплескает воду, и все приходится начинать сначала. Наконец, ему удастся вернуться на первый плот с кружкой, хотя бы наполовину наполненной водой. Теперь нужно залить огонь и можно съесть яблоко. Видите, какая длинная цепь условнорефлекторных реакций. Обезьяна довольно свободно ими оперирует, вносит коррективы, исправляет или повторяет некоторые условнорефлекторные реакции, когда они не приводят к ожидаемому результату.

Если проанализировать поведение Рафаэля, бросается в глаза одна удивительная несообразность: животное находится на плоту, вокруг него сколько угодно воды, а Рафаэль с риском искупаться совершает небезопасный переход по шаткому шесту, чтобы набрать воду из бака и, не расплескав, вернуться обратно. Любой ребенок, даже совсем маленький, догадался бы зачерпнуть воду прямо из водоема и не стал бы осуществлять сложную процедуру.

Почему в описанном эксперименте Рафаэль ведет себя так неразумно и что дает возможность человеческим детям поступать более рационально? Дело в том, что у маленького ребенка набор условнорефлекторных реакций гораздо шире, чем у обезьян. Это объясняется тем, что, кроме обычного активного способа их образования, существует способ пассивный, имеющий огромное значение для расширения знаний об окружающем мире. Такие условные рефлексы вырабатываются путем подражания, т.е. когда одно животное видит, как осуществляются условнорефлекторные реакции у другого. Такие условные рефлексы называются подражательными. При этом нет необходимости обязательно тут же повторить наблюдаемую реакцию. Молоденькая обезьянка, заметив, с какого дерева вожак стаи сорвал новый, еще не знакомый ей плод, который потом с аппетитом съел (вожак стаи не поделился с ней вкусной пищей), запомнит и плод, и дерево, и участок кроны, где следует искать лакомство, т.е. у нее выработается пищевой подражательный условный рефлекс. Если малышка даже через много недель или месяцев впервые встретит похожее дерево, она повторит всю цепочку условнорефлекторных реакций, подмеченных у вожака, и, не колеблясь, отправит в рот новый для нее вид пищи, заранее уверенная, что она вкусная.

Подражательные условные рефлексы легко вырабатываются у животных, тем более у детей. Однако в отличие от подопытных обезьян, проводящих жизнь в клетках, дети с первых дней жизни имеют возможность наблюдать за поведением взрослых людей, а значит, вырабатывать массу подражательных условных рефлексов. Безусловно, каждому малышу не раз приходилось видеть, как мама зачерпывала воду или что-нибудь жидкое если не из озера, так из ведра или таза и если не кружкой, то хотя бы ковшиком или поварешкой. Да ему и самому неоднократно приходилось во время обеда черпать ложкой суп из тарелки. Так что набор условных рефлексов, т.е. знаний о закономерностях окружающей среды, у ребенка неизмеримо больше, чем у взрослой обезьяны. Кроме того, немаловажную роль играет уровень развития мозга, позволяющий ребенку более свободно оперировать накопленным фондом условных рефлексов, произвольно комбинируя из них различные цепочки.

Рафаэль, живя в четырех стенах лаборатории, не имел столь обширного набора условных рефлексов. Его научили пользоваться краном, а как зачерпывать воду обезьяне, вероятно, видеть не приходилось. Цепочку условных рефлексов, куда входило умение набирать воду из бака и тушить ею огонь, у Рафаэля выработали еще зимой. В экспериментах, проводимых на озере, перед ним ставилась задача использовать ранее образованный навык по строительству переправ и включить эти условно-рефлекторные акты в цепь условных рефлексов, выработанную раньше. В лаборатории вода из бака давала хороший результат. А от добра добра не ищут. Манипуляции с баком были хорошо заучены, и это мешало Рафаэлю искать новый способ тушения огня. Умение строить длинные цепи условнорефлекторных актов и произвольно комбинировать их из отдельных звеньев — важный механизм мозговой деятельности, который часто недооценивают или о котором вообще забывают. Другое явление, имеющее для осуществления психической деятельности еще более важное значение, известно совсем не многим. Золотым фондом психической деятельности являются не двигательные условные рефлексы, а многочисленные временные связи, непосредственно не приводящие к осуществлению двигательных актов или секреции желез.

Нужно сказать, что термины «условный рефлекс» и «временная связь» — не вполне совпадающие понятия. Действительно, любой условный рефлекс является в то же время и временной связью. Но существует немало временных связей, которые рефлексом не назовешь, так как они не служат базой для осуществления какого-либо определенного двигательного акта или секреции какой-нибудь железы. Когда мы знакомимся с новым человеком, мы запоминаем черты его лица, выражение глаз, цвет волос и характер прически, тембр голоса, особенности походки и многое другое. Все эти отдельные признаки человека связываются в мозгу с помощью временных связей в единый образ этого человека.

Все, чему мы учимся, — от значения слов, которые начинаем постигать в раннем детстве, до законов физики или высшей математики, весь багаж наших знаний, накопленный нами в течение целой жизни, — все с помощью временных связей укладывается в нашем мозгу в стройные системы. Извлечение из памяти этих знаний, осмысление их и создание на этой основе новых представлений, вся эта мозговая деятельность оказывается возможной благодаря бесчисленным временным связям, непрерывно образующимся в мозгу. Все, чем бы ни занимался наш мозг, осуществляется им благодаря системам временных связей. Вот что означает утверждение И. П. Павлова, что в основе любой мозговой деятельности лежит условнорефлекторный принцип. Это открытие — величайшее достижение научной мысли.

ПОДАРОК ЭВОЛЮЦИИ

СУПЕРСИГНАЛЫ

Условнорефлекторную деятельность И. П. Павлов называл сигнальной. Условные раздражители как бы сигнализируют животному о том, что сейчас начнет действовать безусловный раздражитель. Звонок, ставший условным пищевым раздражителем, сигнализирует собаке, что сейчас появится еда. Мышиный писк и запах мыши сигнализируют вышедшей на охоту лисице, где находится добыча. Стрекотание сорок, человеческие голоса, хруст валежника под ногами охотника и движение раздвигаемых человеком ветвей сигнализирует оленю о приближении опасности, и он скрывается в чаще.

Благодаря тому что бесчисленные раздражители внешней среды, совпадая с жизненно важными событиями, становятся их сигналами, животное оказывается хорошо приспособленным к жизни в привычных для него условиях существования. Мы уже знаем, что в образующихся в течение жизни условных рефлексах получают отражение закономерности окружающего мира. Чем совершеннее мозг, тем больше различных условных рефлексов, различных временных связей образуется у животного, тем совершеннее его приспособление к окружающей среде.

Основа психической деятельности животных — образованные ими в течение жизни условные рефлексы, различные временные связи и складывающиеся на их основе образы предметов и явлений окружающего мира. Это не очень удобный и не очень экономный способ мыслительной деятельности. Не очень удобный потому, что образ индивидуален, а значит, недостаточно точен. У каждого жителя средней полосы нашей страны имеется образ ели, но если попросить нескольких лучших художни-

ков нарисовать типичную ель, их картины чем-то будут отличаться друг от друга.

Образы — весьма громоздкие конструкции. Они создаются благодаря многочисленным временным связям. В образ ели входит общая форма дерева, характер хвои и особенности шишек, их цвет и цвет ствола, запах, исходящий от дерева, вкус молодых побегов и семян, да мало ли что может еще включать образ ели. Как видите, в создании образа приняли участие многие анализаторы — зрительный, обонятельный, вкусовой, т.е. практически весь мозг.

Не вызывает сомнений, что такими громоздкими объединениями нервных центров пользоваться неудобно, но прибегать к ним все же приходится. Мозг животных не имеет других механизмов, которые могли бы обеспечить более эффективную работу. Приспособление животных к окружающей среде, мозговые механизмы, формирующие их поведение, осуществляются благодаря возникновению временных связей между конкретными раздражителями окружающей среды и определенными двигательными реакциями или секрецией желез. Всю совокупность подобных связей, формирующихся в мозгу животных, И. П. Павлов назвал первой сигнальной системой.

Человеческий мозг для своей работы, безусловно, привлекает и первую сигнальную систему. Для человека это не единственный и, что особенно важно, не главный способ формирования поведения, осуществления мыслительной деятельности. Наряду с первой сигнальной системой человек широко пользуется второй с ее специфическим сигнальным раздражителем — словом. Это качественная особенность мыслительной деятельности человеческого мозга, переводящая его работу на новый, неизмеримо более высокий уровень.

Речь возникла еще у первобытных людей. Толчком для ее развития явилась потребность в общении или, как теперь говорят, необходимость коммуникации. Действительно, без средств общения трудно представить четко согласованную деятельность человеческих коллективов. Однако, возникнув как средство связи, речь очень скоро стала важнейшим элементом мозговой деятельности, новым, более удобным способом сбора, обработки, хранения и использования информации.

Слова являются для человека сигналами непосредственных раздражителей, т.е. сигналов первой сигнальной

системы. Обозначая все явления окружающего мира, слова как бы заменяют сами явления. Оперировать словесными сигналами гораздо удобнее, чем громоздкими образами. При помощи первой сигнальной системы в мозгу животных способны отражаться относительно элементарные явления окружающего мира. Человек, обладая второй сигнальной системой, отражает сложные зависимости и закономерности как общеприродной, так и социальной среды.

Слово — явление своеобразное, и вместе с тем оно, по мнению И.П. Павлова, является всего лишь условным раздражителем, таким же, как звонок, на который у собаки выработан пищевой условный рефлекс. В то же время слово отличается от прочих условных раздражителей тем, что в нем как бы отражается богатейший жизненный опыт людей, основанный на громадном количестве разнообразных временных связей.

Очень важной особенностью физиологических механизмов функционирования второй сигнальной системы является способность обобщения бесчисленных сигналов первой сигнальной системы и отвлечения от реальной действительности. В слове «ель» обобщены представления о самых разнообразных елях. В слове «дерево» заключено обобщение более высокого порядка, так как, кроме ели, березы, клена, дуба, это понятие охватывает все виды деревьев, в том числе баобабы, растущие в африканских саваннах, и кокосовые пальмы коралловых атоллов. Обобщением еще более высокого порядка явится слово «растение», так как это понятие охватывает все растительные организмы: деревья, кустарники, травы, водоросли, грибы, мхи, лишайники и т.д. Читатель, вероятно, уже понял, что можно назвать еще более широкое обобщение — организм, так как оно охватывает не только растения, но и животных.

Способность к обобщению проявляется в том, что слово, произнесенное или написанное, обобщается с тем предметом или явлением, которое оно обозначает, становясь как бы их эквивалентом. В то же время, чтобы пользоваться второй сигнальной системой, мозг человека должен обладать способностью к отвлечению, т.е. должен иметь возможность отвлекаться от исходящих от слова конкретных раздражителей, акустических, если оно произнесено, зрительных, если оно написано, и реагировать лишь как на сигнал вполне определенного явления. Ведь

ни в звуковом, ни в зрительном образе слова «ель» нет ничего общего ни с одной реальной елью.

Умение говорить, как известно, не передается человеку по наследству. Этим овладевают в первые годы жизни. Развитие речи происходит на основе подражания. Поэтому она может сформироваться только в том случае, если ребенок живет в обществе говорящих людей, имеет возможность достаточно часто слышать человеческую речь и пользоваться приобретаемыми речевыми навыками. Поэтому глухие от рождения дети, хотя и живут вместе с говорящими взрослыми, овладеть речью без специального обучения не могут.

Чтобы речь развивалась нормально, необходимо постоянное и довольно интенсивное речевое общение маленьких детей со взрослыми. Поэтому в яслях во время любых процедур, которые осуществляются с детьми, полагается с ними говорить. Это необходимо, чтобы дети имели возможность получить достаточную порцию речевой практики, иначе развитие речи может пойти медленнее, чем у тех малышей, которые весь день проводят с мамой или бабушкой.

Известны случаи, когда вследствие злого умысла или неудачного стечения обстоятельств дети не имели возможности слышать человеческую речь и потому не могли научиться говорить. Существует даже специальный термин — каспаргаузовский синдром, по имени молодого человека Каспара Гаузе, которого в 1828 году нашли вблизи Нюрнберга. Об этом человеке известно лишь, что он всю жизнь провел в заточении и почти не имел возможности общаться с людьми, вследствие чего не научился говорить и вообще был психически не развит. Каспаргаузовским синдромом называют случаи, когда человеческие дети или детеныши животных остаются по каким-либо показателям недоразвитыми из-за отсутствия контактов с себе подобными существами.

Описано несколько случаев полного или частичного недоразвития речи у детей с нормальным слухом, но родившихся в семьях глухонемых людей. Лишенные возможности слышать человеческую речь, они овладевали только жестовой речью глухонемых.

Наконец, хочется рассказать о детях-волках, о так называемых мауглях. В настоящее время известно около 40 случаев, когда маленьких детей находили в саванне или джунглях и имелось основание считать, что они выросли

среди диких животных. Чаще всего в качестве воспитателей называют волков, хотя рассказывают случаи о детях, живших в семьях медведей, павианов и других животных. Ученые чаще всего сомневаются в достоверности описанных историй, но в последние годы итальянскому зоологу удалось снять фильм о поведении мальчика, живущего в стае газелей. Кажется невероятным, чтобы фильм оказался подделкой. Для инсценировки подобных кадров потребовалась бы длительная дрессировка животных и большой штат сотрудников. Так что придется, видимо, признать возможность воспитания ребенка дикими животными.

Все малыши, отнятые у животных, были психически неразвитыми, поэтому раньше делалось заключение, что это просто больные, психически неполноценные дети, случайно заблудившиеся в лесу. В них не было ничего человеческого, но откуда же им было его набраться, если они жили с животными? Звериные приемыши даже не умели ходить на двух ногах. Этому им тоже не у кого было учиться, ведь они жили в среде четвероногих и никогда не видели двуногих существ. Поэтому дети-волки, как и их приемные родители, бегали на четвереньках.

Нужно ли объяснять, что говорить они тоже не умели и, в отличие от кипплинговского Маугли, вернувшись в человеческое общество, овладеть речью были не в состоянии. Никто из 40 найденыхей не рассказал о своей жизни в волчьем логове или среди обезьян. Это ли не лучшее доказательство правдивости историй о детях-волках! Если бы они были специально выдуманы, чтобы поражать воображение людей, трудно было бы устоять от соблазна и не рассказать о житье-бытье такого Маугли с папой-волком и мамой-волчицей. В те времена, когда было обнаружено большинство найденыхей, ученые еще не знали, что таких детей обучить речи невозможно.

Наибольшую известность получили 3 — 4 истории. Однажды в Индии из одного волчьего логова вынули сразу двух девочек. Старшую, которой, вероятно, было 7 — 9 лет, назвали Камлой, полуторагодовалую малышку — Амлой. Как и другие дети джунглей, воду они лакали языком по-собачьи, пищу хватали прямо ртом и в руку взять не догадывались! Приемные родители не могли их этому научить. А вот малыш, который жил среди обезьян, пользовался руками очень активно.

Спасенные девочки ходить, конечно, не умели, и

Камла так никогда и не научилась делать это по-настоящему. Стоять Камла смогла только на третий год после возвращения к людям, да и то если ее сзади поддерживали. Много позже она научилась и ходить, но делала это очень неуверенно, а если спешила, то становилась на четвереньки и бежала по-собачьи.

Еще хуже у девочек дело обстояло с речью. Камла в течение первых четырех лет научилась произносить всего 6 слов, позже дело пошло веселее и после семилетнего обучения овладела 45 словами. Амла обучалась быстрее и за год выучила 50 слов. Она подавала некоторые надежды стать полноценным человеком, но, к сожалению, скоро умерла.

Мальчика Раму охотники нашли в джунглях близ индийского города Агры недалеко от волчьего логова. На вид ему было два-три года. В больнице, куда доставили мальчика, он отказывался от любой пищи, кроме сырого мяса. Ребенок перенял все повадки диких зверей. Он боялся света, панически боялся людей. Его нельзя было заставить лежать в кровати, мальчик стремился забраться под нее, в угол, где потемнее. Раму не давал накрывать себя одеялом, пытался разорвать надетую на него рубашку, отчаянно кусался и царапался.

Из всех существ, с которыми Раму столкнулся, вернувшись к людям, ребенка интересовали только собаки, особенно щенки. При виде щенят он оживлялся, тянулся к ним и с удовольствием играл, но играл как волчонок. Мальчик старался схватить щенка зубами за лапку или вцепиться в ухо, тербил их, но при этом не причинял боли. Детей он игнорировал, а когда наконец освоился, то играл с ними точно так же, как с собаками.

Может показаться странным, что так трудно овладеть самыми простыми навыками. Теперь мы знаем, что для образования некоторых условных рефлексов существует определенный благоприятный период. Если он упущен, образовать эти рефлексы не удастся. Лучше всего они изучены у выводковых птиц, чьи птенцы — утята, глухарята, тетеревята — сразу после вылупления из яйца умеют бегать. У птенцов этих птиц хорошо развита врожденная инстинктивная реакция — потребность следовать за любым подвижным предметом. Мать с первых дней водит малышей на кормежку. Чтобы птенцы по дороге не потерялись, не побежали за кем-нибудь другим, они должны как можно скорее запомнить, как выглядит

их мать, запечатлеть в своем мозгу ее образ. Для этого малышам отводятся первые один-два дня жизни. В качестве матери запечатлевается первый подвижный предмет, который видит птенец и за которым имеет возможность бежать. Благодаря этому «матерью» для инкубаторных цыплят может стать утка, собачонка или просто футбольный мяч. В природе такой путаницы не происходит, так как малыши, вылупившись из яйца, первой видят родную мать. Запечатление матери осуществляется однажды и на всю жизнь. Цыпленок, признавшего матерью утку, переучить и вернуть курице невозможно. Если благоприятный период упущен и запечатление наседки не произошло, в более поздние сроки птенец уже никого матерью не признает.

Нечто похожее происходит с речью. Для ее развития наиболее благоприятны первые 6 лет жизни. Если ребенок в этот период жизни не имел возможности слышать человеческую речь, потом он ею уже не овладеет. То же самое относится к изучению иностранных языков. Проще всего научиться говорить «материнским способом», когда специально ничему не учишься, а вращаешься в среде, где говорят на непонятном для тебя языке. В детстве ребенок легко овладевает двумя-тремя языками сразу. Такая нагрузка не вредна, а, наоборот, полезна, она делает мозг более восприимчивым для последующего изучения других языков. Лучший период для овладения иностранными языками — первые 6 — 12 лет жизни. Когда человек сталкивается с иностранным языком в более поздние годы, ему приходится специально его учить или долго жить в среде, где его родным языком никто не владеет.

В Индии существует легенда о том, как царь Джелал-уд-Дин Акбар решил выяснить, какой язык был на земле самым первым. Он приказал отобрать у 12 женщин только что родившихся детей и запереть их в хорошо охраняемой башне, а чтобы они ни в чем не нуждались, велел приставить к ним немых мамок-кормилиц. Царь думал, что если детей не учить никакому языку, то они заговорят сами на самом древнейшем, самом первом человеческом языке.

Легенда рассказывает, что через 12 лет царь приказал привести к себе этих детей. Оказалось, что они не умеют говорить ни на одном языке мира. Очень возможно, что этот жестокий эксперимент был проведен на самом деле. Уж слишком правдоподобно звучит легенда!

Для овладения речью необходим прежде всего развитый речевой слух. Это не просто тонкий слух, а нечто более специальное. Человеческая речь состоит из относительно небольшого количества звуков — фонем. Но дело в том, что нужно научиться узнавать эти звуки в речи разных людей, тех, кто обладает низким и высоким голосом, говорит громко и шепотом, быстро и медленно. И главное — успеть заметить и запомнить последовательность быстро следующих друг за другом звуков, уметь составить из них группы-слова, а из слов — длинные предложения.

Для каждого языка характерны свои звуковые особенности, своя наиболее часто встречающаяся последовательность звуков. Этими свойствами языка мы овладеваем уже в раннем детстве, что и помогает нам быстро анализировать следующие друг за другом звуки человеческой речи. Без подобных навыков разобраться в речи невозможно. Попробуйте повторить какую-нибудь фразу, только что произнесенную в вашем присутствии на незнакомом для вас языке. Это скорее всего не удастся, так как вы не овладели анализом последовательности звуков данного языка, не запомнили наиболее обычных для него звуко сочетаний. Способность проводить подобный анализ звуков, осуществляя его с высокой скоростью, и является важнейшим элементом речевого слуха.

Может показаться странным, что для овладения звуковой речью, для ее анализа, одного речевого слуха недостаточно, каким бы изощренным он ни был. В анализе звуков речи, кроме слуховых, участвуют двигательные области мозга, осуществляющие анализ движения губ, языка и гортани. Память о речевых звуках хранится в мозгу и в виде слуховых, и в виде двигательных образов. Маленький ребенок, слыша звуки человеческой речи, старается их повторять, и это очень помогает потом узнавать эти звуки.

Насколько для анализа речи важно участие двигательного анализатора, может убедиться каждый. Попробуйте написать впервые услышанное длинное и трудное слово. Вы заметите, что ваши язык и губы слегка шевелятся, как бы проговаривая его про себя. Без анализа нового слова губами, языком, гортанью его не написать. Вот почему так трудно научиться понимать иностранный язык, если изучать его только по книгам или на слух и не пытаться повторять слова и фразы.

Мы знаем, что 3 — 4 тысячи лет назад людей волновал вопрос, как возник человеческий язык, они хотели знать, кто придумал названия для всех предметов и явлений окружающего мира. На этот счет существовало два типа предположений. По одним — названия придумал кто-то вполне определенный: бог или выдающийся человек; по другим — язык у людей развивался сам собой.

Нужно сказать, что ни та, ни другая версия не удовлетворяла людей. В древние времена люди с большим почтением относились к выдуманным ими же богам. Людям трудно было представить, что бог может заниматься подобной пустяковой работой. Между тем для человека, пусть даже и выдающегося, подобная работа казалась непосильной. Конечно, ее мог бы выполнить коллектив выдающихся людей, но как они, не имея еще языка, сумели договориться об осуществлении этой большой работы?

Вторая версия тоже не годилась. Если речь развилась сама собой, то почему она возникла только у человека и никто из животных не последовал нашему примеру?

Научный материалистический анализ причины возникновения и развития языка дали еще К. Маркс и Ф. Энгельс в своих работах «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», «Замечания на книгу А. Вагнера «Учебник политической экономии», «Немецкая идеология» и в других трудах. В настоящее время наука накопила массу фактов, подтверждающих высказанные ими предположения.

Безусловно, сейчас еще нет возможности осуществить в полном объеме реконструкцию развития речи у предков первобытного человека. Однако основные этапы этого процесса уже известны. Предшественником языка, той базой, на которой он возник, были системы коммуникаций, существующие у всех животных, сам процесс общения.

Нет на Земле народа, который бы не создал сказок о людях, знающих язык птиц и зверей, и о животных, понимающих людскую речь. Эти сказки, возникшие очень давно, видимо, отражают представление древних народов о том, что либо животные сами владеют человеческим языком, но тщательно это от нас скрывают, либо имеют свой собственный оригинальный язык, но никого не хотят

ему научить. Только отдельным людям, добившимся их особого расположения, животные открывают свои тайны.

Насколько глубока была уверенность древних народов в наличии языковых способностей животных, показывает цитата, взятая из древнегреческого трактата о земледелии. В нем речь идет о вредителях сельского хозяйства и, в частности, дается следующий рецепт борьбы с полевыми мышами, как наиболее действенное средство уберечь посевы от этих прожорливых грызунов. Вот эта рекомендация: «Возьмите лист бумаги и напишите на нем следующие слова: „Я заклинаю вас, присутствующие здесь мыши, не приносить мне никакого вреда и не позволять ни одной другой мыши причинять мне ущерб. Я отвою вам вон то поле, которое находится там-то (следует указать какое); но если я когда-нибудь застаю вас еще здесь, то, клянусь матерью богов, я вас растерзаю в клочки”». Напишите это и прикрепите письмо до восхода солнца к какому-нибудь камню в поле так, чтобы оно лежало написанными строчками вверх». До нас не дошли сведения о том, какие претензии предъявляли автору его доверчивые читатели и как сводили с ним счеты, чтобы хоть как-то компенсировать ущерб, нанесенный грызунами.

В настоящее время термин «язык животных» довольно широко используется зоологами. Однако не следует думать, что современные ученые предполагают наличие у животных языка, по степени развития не отличающегося от человеческого. Языком животных называют всего лишь системы коммуникации, используемые ими для общения между самкой и самцом, между родителями и детьми, между членами одной семьи или одной стаи.

Четвероногие и пернатые существа нашей планеты используют для общения не только звуки, но и другие раздражители. В их числе позы, жесты, мимика, запахи и иные химические сигналы, вибрация и тактильные воздействия, а животные, умеющие быстро менять свою окраску или светиться, применяют и эти способности для осуществления взаимной сигнализации.

В отличие от человеческого языка, которому, как мы знаем, приходится учиться, язык животных врожденный. У каждого вида свой набор коммуникационных сигналов. Он так же характерен для данного вида животных, как расцветка перьев птиц, красивые узоры на крыльях бабочек

или рефлекторная секреция желудочного сока, вызванная воздействием пищевых веществ на стенки желудка.

Второе отличие языка животных от человеческого состоит в том, что коммуникационные сигналы животных, в силу их безусловнорефлекторной природы, возникают у них произвольно, под воздействием раздражителей внешней или внутренней среды. Например, увидев подкрадывающуюся кошку, голубь взлетает, сильно хлопая крыльями. Хлопки крыльев — сигнал опасности, и вся голубиная стая взмывает вверх. Другой пример. Самцы многих птиц весной первыми прилетают на север и, выбрав место для гнезда, начинают предаваться вокальным упражнениям. Весенние песни скворцов, которые они распевают еще до возвращения самок, вызываются видом занятого гнездового участка и действием на их организм половых гормонов, вырабатывающихся в это время в особенно больших количествах. Песни птиц — это брачный призыв к самкам и предупреждение другим самцам, что участок занят.

Еще одно отличие языка животных от человеческого языка состоит в том, что коммуникационные сигналы ни к кому не обращены. В определенных ситуациях животные их обязательно производят независимо от того, могут ли они быть восприняты кем-либо из членов их семьи или стаи, или в округе нет никого из родственников им животных. Петух, появившийся на свет в инкубаторе и всю жизнь проживший в изоляции от других петухов и кур, найдя во дворе червяка, прежде чем его съесть, издаст своеобразное квохтанье, каким петухи обычно сзывают кур. Голубь, напуганный кошкой, взлетая, будет хлопать крыльями, даже если он совсем один. Скворец будет старательно распевать свои песни, даже если в округе нет других самцов.

Итак, язык животных — это врожденные, произвольно возникающие и ни к кому непосредственно не обращенные реакции. Ясно, что ничего общего с настоящим языком они не имеют. Но если у животных нет собственного развитого языка, то, может быть, они могут усвоить язык человека? Действительно, мы знаем о существовании хорошо «говорящих» птиц — попугаев, галок, ворон, однако до недавнего времени ученые давали на подобный вопрос отрицательный ответ.

Посетителям зоопарка, простоявшим полчаса у клетки

с особенно болтливым попугаем, может показаться, что птица умеет отлично говорить. Действительно, попадаются такие талантливые говоруны, которые усваивают до 500 — 600 слов, употребляют длинные многословные фразы, а в последние годы появились актерские коллективы из двух и даже из трех птиц, разыгрывающие коротенькие несложные пьески.

Говорящие попугаи чаще всего болтают несусветную чепуху. Это никого не удивляет. Многого ли можно ожидать от птицы? Но отдельные реплики иногда оказываются к месту. Вот они-то и обращают на себя внимание, заставляя подозревать, что попугаи употребляют их сознательно. Действительно, любой мало-мальски говорящий попугай может помнить всех членов семьи, в которой живет, и называть каждого присвоенным ему именем-кличкой. Часто попугаев учат говорить «Доброе утро» и «Добрый вечер», и они произносят каждое приветствие лишь в соответствующее время суток. У одного ленинградского педагога живет попугай, который, услышав незнакомый голос, еще не видя гостя, всем пришедшим в этот дом истошно кричит «Привет!», а всем уходящим — «Пошел вон!». Невольно создается впечатление, что птицы овладели элементами речи.

В действительности все гораздо проще и удивительнее. У многих птиц, их называют пересмешниками, сильно развит врожденный рефлекс подражания, или, точнее, имитации, услышанных звуков. Такие птицы к своей, обычно незамысловатой песенке присоединяют отдельные отрывки или целые песни своих соседей, а иногда и совсем посторонние звуки. Так, скворцы иногда имитируют скрип плохо смазанной телеги, копируют собачий лай, свистят, как мальчишки. У попугаев имитационный рефлекс тоже отлично развит. Большинство из них совсем «не музыкальны» и песен не поют, а их обычные звуковые сигналы настолько не благозвучны, что владельцам попугаев обычно и в голову не приходит подражать голосам своих питомцев. Чтобы обратить на себя внимание, птицам приходится подлаживаться под наши вкусы и копировать нашу речь. Таким образом, для попугая речевые реплики — всего лишь имитационные условные рефлексы.

Понимают ли попугаи то, что говорят? Безусловно, не понимают! Их удачно, к месту брошенные реплики объясняются тем, что эти птицы, как и другие животные,

способны очень тонко улавливать характер обстановки и запоминать, какие слова произносят люди в каждом конкретном случае. Насколько тонко животные умеют воспринимать ситуацию, поясним на примере наших четвероногих друзей, изученных значительно лучше других животных.

Многие собаки, особенно сторожевых пород, имеют привычку не выпускать из квартиры посторонних людей без специального разрешения хозяина. Обычно посетитель может спокойно ходить по квартире, заходить в прихожую, брать свое пальто, вынимать из него какие-нибудь вещи, а собака, кажется, не обращает на него никакого внимания. Она даже не выглянет, чтобы проверить, не собирается ли гость тихонечко улизнуть из ее дома. Но стоит ему сказать: «Я, кажется, засиделся, пора прощаться!», как собака оказывается у двери и готова погибнуть, лишь бы никто не покидал квартиры.

Трудно сказать, как собаки догадываются, что гость собирается уходить. Во всяком случае, то, что он говорит перед уходом, никакого значения не имеет. Вопреки мнению многих владельцев домашних животных, привычно очеловечивающих своих питомцев, приписывающих им большой ум и способность понимать человеческую речь, собаки не способны анализировать то, что говорят люди. Кроме немногих речевых команд, они никаких отдельных слов или фраз не выделяют и на них не реагируют. Другое дело тон, каким эти слова сказаны, интонация, а главное, обстановка и ситуация, в какой они были произнесены. Поэтому обмануть собаку почти невозможно. Гость может, не прощаясь, направиться в прихожую, но бдительный сторож окажется на месте. Наоборот, если посетитель изобразит сцену прощания, обмануть собаку ему тоже не удастся, она не побежит за ним в прихожую.

Не скажу, какие раздражители являются для собаки ключевыми, решающими, позволяющими оценить ситуацию. Многие собаки способны следить за ходом беседы, за изменениями общего настроения собеседников, как-то улавливая, когда она идет к концу. Это и позволяет собакам реагировать адекватно даже в малознакомой обстановке.

О том, как однажды удалось воспользоваться этим талантом собак, пригласив одну из них в качестве художественного эксперта, рассказал видный театральный деятель. Он долго работал над сценой, где горожане,

собравшиеся на тайное совещание, расходятся, чтобы поднять восстание против ненавистных поработителей. Сцена долго не получалась. Режиссеру казалось, что действующие лица как-то внезапно встают и расходятся. Не хватало чего-то, показывающего, что действительно настал момент расходиться. Измученные бесконечными репетициями, актеры не соглашались, считая, что в сцене совещания все достоверно. Тогда режиссер пригласил исполнителей к себе домой, чтобы продолжить там репетицию. Собака подтвердила мнение хозяина. Она очень не любила, когда гости уходят, и отлично умела улавливать, когда приближается момент расставания, однако во время репетиции никак не отреагировала на окончание трудного эпизода.

Представление об очень высоком интеллекте наших домашних животных и их способности понимать человеческую речь — прочно укоренившееся заблуждение многих владельцев собак. Во всех руководствах по воспитанию и дрессировке щенка дается совет применять строго определенные речевые команды. Между тем в домашних условиях это правило часто не соблюдается. Хозяин может и подать стандартную команду «Ко мне!», и назвать собаку по имени или позвать: «Иди сюда», а то и просто сказать: «Пес, я соскучился», и собака, до того спокойно спавшая на своей лежанке, тотчас же явится на зов. Это не значит, что она поняла обращенные к ней слова, зато точно отреагировала на ситуацию. Собака хорошо знает тон, каким хозяин дает ей команды, а каким разговаривает со своими домашними. А дальше все просто: раз она находится в некотором отдалении от своего повелителя и не улавливает в обращенной к ней речи никаких стандартных команд-приказов, значит, нужно явиться на зов, чтобы выяснить, что от нее хотят. Анализ поведения собак в самых различных ситуациях показывает, что они действительно реагируют не на смысл обращенных к ним слов, а только на их интонацию и на общую ситуацию данного момента. Таким образом, до недавнего времени у ученых было твердое убеждение, что животных невозможно научить ни понимать речь, ни тем более активно ею пользоваться.

Глубокая уверенность, что наличие языка — преимущество человека, основано, конечно, не только на анализе поведения говорящих попугаев или реакций собак на речевые команды их владельцев. Самыми развитыми

животными на нашей планете, несомненно, являются человекообразные обезьяны, особенно шимпанзе, ближе всех стоящие к человеку. Ученые справедливо предполагали, что если кого-то и можно обучить человеческому языку, то именно их.

Попытки учить обезьян говорить делались неоднократно. Чаще всего использовали английский язык. Для обучения обычно выбирали детенышей, именно они должны быть наиболее восприимчивы к обучению. Некоторые ученые брали малыша к себе в дом, чтобы иметь возможность постоянно с ним общаться. Часто обезьяны воспитывались вместе с маленькими детьми. Это, несомненно, способствовало обучению и позволяло сравнить особенности развития детей и животных. В нашей стране подобный эксперимент осуществила Н. Н. Ладыгина-Котс.

Ни одна из попыток не дала положительного результата. В одном из первых экспериментов юного шимпанзе по кличке Чим пытались обучить трем искусственным простым односложным английским словам: «ба», «коо», «на». Эксперимент был задуман так, чтобы малышу было выгодно научиться их произносить. Исследователь подводил Чима к маленькому окошку в стене и при этом говорил: «ба, ба, ба». На это магическое заклинание окошко тотчас открывалось, и Чим мог получить кусочек банана. «Ба» — очень удобное для артикуляции слово, но две недели упорного труда не дали никаких результатов. Вначале Чиму нравилось странное поведение экспериментатора, но вскоре вся малопонятная процедура опыта ему прискучила и он оживлялся лишь при появлении банана.

Ученого сначала обескуражило равнодушие Чима, но потом он решил, что обезьяна не способна думать о том, чего нет у нее перед глазами. А кроме того, Чиму не было резона напрягать свои голосовые связки, раз с этим вполне справлялся сам экспериментатор, ведь банан все равно получала обезьяна. Поэтому условия эксперимента были изменены. Теперь банан лежал в специальном ящике и через решетку был хорошо виден. Ученый произносил новое заклинание: «коо, коо, коо», нажимал на специальный рычаг и, когда из ящика на стол вываливался банан, съедал его на глазах у явно огорченного Чима. Ученика процедура определенно заинтересовала. Он долго возился с рычагом, пытался сломать решетку, испробовал много

способов извлечь банан, но за целый месяц так и не догадался сказать ящику «коо», хотя это сочетание звуков легко воспроизводимо.

Не научился Чим и третьему слову. Вслед за Чимом через лаборатории ученых прошла целая вереница шимпанзе, горилл и орангутанов. Иногда эксперименты были более успешными. Молодого орангутана удалось научить двум словам: «папа», обращение к своему воспитателю, и «чашка» (английское «кап»). Обезьяна их сносно произносила и правильно употребляла.

Самой «разговорчивой» оказалась юная шимпанзе Вики. Она научилась произносить четыре слова, правда, ей это давалось с большим трудом. Именно это исследование, выполненное весьма квалифицированно, должно было убедить ученый мир, что речь — привилегия человека. Об обучении Вики был снят научный фильм, красочно показывающий, что обучить шимпанзе языку невозможно. Однако именно знакомство с этим фильмом вызвало у американских зоопсихологов супругов Гарднер желание продолжить исследование.

Просматривая фильм, Гарднеры обратили внимание на то, с каким трудом давалось Вики воспроизводство слов и насколько богатой была ее мимика и жестикуляция, дающие полную возможность догадаться, что хочет сказать обезьяна. Фильм убедил Гарднеров, что вовсе не из-за слишком низкого уровня развития мозга, а вследствие несовершенства голосового аппарата шимпанзе оказываются неспособны освоить звуковой язык. Ученые решили обучить обезьяну амслену — жестовому языку американских глухонемых, в котором каждому предмету, действию или понятию соответствует особый жест.

Для задуманного эксперимента Гарднеры приобрели годовалую шимпанзе Ушо. Они взяли ее в свой дом и ежедневно с ней занимались. Чтобы занятия протекали успешно, ученые в присутствии обезьянки даже между собой объяснялись на амслене.

Результаты превзошли самые оптимистические ожидания. Правда, начало оказалось трудным. Гарднеры никогда раньше не имели дела с обезьянами и просто не знали, как заставить Ушо повторять знаки амслена. Когда были достигнуты первые успехи, ученицу за каждое правильно выполненное задание награждали горсткой сладкого изюма. Но скоро исследователи поняли, что Ушо учится охотно и никаких поощрений не нужно.

Мамы ведь не дают своим детям конфетку за каждое вновь освоенное слово.

За три года Уошо освоила всего 85 слов, а к концу пятилетнего срока обучения — 160. Немного. Словарный запас хорошего попугая много больше. Однако Уошо не просто повторяла заученные жесты, а активно общалась со своими учителями. Когда ей что-то было нужно, она обращалась к ним с соответствующей просьбой. Если обезьяне задавали вопрос, она давала вполне разумный ответ (табл. V).

Эксперименты Гарднеров произвели в научном мире настоящую сенсацию. Их сообщениям сначала не верили, потом, когда сомнения отпали, обрушились с критикой, утверждая, что система знаков, усвоенная Уошо, никакого отношения к человеческому языку не имеет. Наконец, нашлось и немало последователей. Сейчас в мире существует несколько десятков «говорящих» обезьян, живущих или со своими воспитателями, или отдельными обезьяньими коллективами. В таких сообществах совместно живущих животных ученые изучают, как они общаются между собой, когда люди не вмешиваются в их взаимоотношения.

Американские психологи выдвинули целый ряд возражений против того, что обезьяны действительно способны овладеть человеческим языком, и продолжают высказывать все новые сомнения. Нужно сказать, что обезьяны опровергают одно возражение за другим. Правда, единого мнения пока еще нет. Одни ученые уверены, что язык обезьян ничем существенно не отличается от человеческого, другие с этим категорически не согласны. Здесь не стоит касаться возникшей между учеными дискуссии. Познакомимся лучше с тем, как используют шимпанзе освоенный ими язык жестов.

Маленькие дети, когда начинают говорить, сначала произносят только отдельные слова. Затем начинают употреблять комбинации из двух, трех, а потом и большего числа слов. То же самое можно сказать и об обезьянах. Интересно отметить, что когда они начинают употреблять трехзнаковые предложения, то группируют слова в строго определенной последовательности. На первое место всегда ставится сказуемое, а подлежащее на последнее: «Открыть ключ пища», «Дать чашка вода». Однако когда в предложении использовалось местоимение, то на первом месте оказывалось именно оно: «Ты дать

банан», а если в одном предложении оказывались сразу два местоимения, то они оба помещались перед сказуемым, причем личное местоимение «я» находилось на втором месте: «Ты я выпустить». На более поздних стадиях обучения чаще употреблялась комбинация с местоимением «я» на самом последнем месте: «Ты дать я».

Оказалось, что обезьяны способны усваивать не только знаки, означающие определенные предметы и действия, но и весьма отвлеченные понятия, вроде «цвет», «размер», «форма», «все», «многое», «ни один».

В знаках обезьяньего языка, точно так же, как и в словах человеческой речи, высока степень обобщения. Словом «шапка» Уошо обозначала не какой-то определенный головной убор, а любые шапки и шляпы, береты и косынки, в общем все, что принято носить на человеческой голове. Словом «ключ» — любые ключи, которые обезьяне случалось видеть. Брюками Уошо называла пеленки, младенческие резиновые штанишки и брюки разного покроя и цвета. Слова «банан», «яблоко», «цветок» использовались для обозначения любых бананов, для зеленых, желтых и красных яблок, для цветов любой формы и оттенка.

Обезьяны способны не только заучивать слова, с которыми их знакомят воспитатели, но и придумывать их самостоятельно. Правда, такое случается с ними не часто. Но и мы, люди, в своем большинстве тоже не можем похвастаться особенно интенсивным словотворчеством. Зато использование освоенного набора слов для обозначения с их помощью новых предметов, названия которых они еще не знают, для шимпанзе совсем не трудно. Одна из них арбуз назвала словом «пить», отметив тем самым его основное качество — сочность, замороженную клубнику словами «холодный» и «пить», редис — «плакать» и «боль», побеги сельдерея — «запах» и «трубка», мелкие сладкие пикули — «трубка» и «конфета».

Некоторые психологи были уверены, что «говорящие» обезьяны не будут пользоваться знаками амслена для общения друг с другом. Они ошибались. Правда, поводы для разговора у обезьян весьма однообразные. Это, главным образом, просьбы подойти, обнять, дать игрушку или поделиться чем-нибудь вкусненьким. Шимпанзе даже способны научить друг друга некоторым жестам. Когда Уошо после завершения ею курса обучения перевели в колонию шимпанзе-неучей, она сначала очень

возмущалась, что эти невежественные обезьяны никак не реагируют на подаваемые ею знаки. Однако позже она завела себе приемного сына, которому сумела объяснить, что значат жесты «подойти», «обнять» и другие. Он не только научился понимать Уошо и охотно выполнял ее просьбы, но и сам пользовался многими знаками амслена.

Давайте снова вернемся к вопросу, можно ли научить языку людей кого-нибудь из животных. Особенно большие надежды одно время возлагали на дельфинов. У них изучали их собственный «звуковой язык», правда пока без особо выдающихся результатов, учили английской разговорной речи, тоже впустую, и придумывали для общения с ними искусственные звуковые языки и языки жестов. Главным образом, дельфинов учили понимать команды и их различные сочетания. Морские «интеллигенты» продемонстрировали вполне удовлетворительные способности. Попыток научить их активно пользоваться «языком» осуществлено совсем не много, и успехи не велики. В одном эксперименте дельфины освоили, как с помощью «жестов» нужно просить рыбу, игрушку или чтобы их погладили. Немного! Любая со средними способностями собака сама без нашего специального обучения «предложит» для общения с нами несложный набор коммуникационных сигналов. Она будет лаять у двери, когда ей нужно на улицу, греметь пустой миской, если почувствует жажду, и принесет мячик, чтобы с ней поиграли.

Итак, не вдаваясь в существо научных споров о близости языка обезьян к языку человека, скажем, что основные, характерные свойства истинного языка, являющегося и средством коммуникации, и, что значительно важнее, средством познания мира, хотя и в зачаточной форме, но присущи даже выработанным в течение жизни сигналам общения собаки. Когда собака лает у двери, это, конечно же, сигнал, предназначенный хозяину. Лай возникает как условнорефлекторная реакция. Условным раздражителем для нее является переполнение мочевого пузыря или кишечника. В ответ на сигналы собаки хозяева выводят ее на улицу и дают возможность избавиться от неприятных ощущений, исходящих из внутренних органов. В этом условном рефлексе, как и в любом другом, получают отображение закономерности нашего мира. Пусть самые элементарные закономерности и далеко не в такой удобной форме, какой является человеческая речь, но отображение

они получают. Таким образом, зачатки способности к языку имеются у многих животных. Лучше всего они выражены у шимпанзе. Однако достаточно стабильная среда африканских джунглей, где обитают эти обезьяны, к которой они к тому же отлично адаптированы, не дала толчка к дальнейшему совершенствованию их мозга или хотя бы к более полному использованию его потенциальных возможностей.

РОЖДЕНИЕ ЧУДА

Вряд ли индийский царь Акбар сам придумал жестокий эксперимент для изучения развития речи, но он осуществил его масштабно, с размахом. Ведь он был потомком самого Тимура и не случайно звался Великим. Если верить преданиям, подобные «научные» изыскания осуществлялись неоднократно. Легенды рассказывают, что задолго до Акбара аналогичное исследование было проведено по распоряжению египетского царя Псамметиха I. Фараон хотел удостовериться, что мнение египтян о себе, как о самом древнем народе, справедливо. В соответствии с распоряжением царя двух младенцев поселили в хижине пастуха, поручив ему уход за детьми, но запретив при них произносить какие-либо слова. Пастух присматривал за детьми и поил их молоком. Другой пищи, пригодной для маленьких детей, у него не было.

Жизнь в хижине текла без заслуживающих внимания событий, пока малышам не исполнилось по два года. Однажды, когда пастух вернулся домой, дети бросились к его ногам, лепеча непонятное для него слово «бекос». Изумленный пастух немедленно сообщил о происшествии царю. Когда детей принесли во дворец, вся свита услышала от них то же слово. Псамметих повелел выяснить, какому народу оно принадлежит и что обозначает. Оказалось, что «бекос» — слово фригийское. Так у этого народа называется хлеб. Детям приелось молоко, им захотелось чего-нибудь более существенного, вот так и родилось в их устах слово «хлеб». Таким образом, если верить преданию, самым древним народом следовало бы считать фригийцев.

Эксперимент Псамметиха — это легенда. Здесь все неверно. Не было на земле какого-то особого, самого древнего народа. И дети, воспитанные в изоляции, мы уже знаем, не могут сами заговорить, тем более воспроиз-

вести слова другого народа, не могут знать значения никогда ими не слышанных слов.

А как же вообще обучаются родному языку маленькие дети? Усвоение языка должно быть достаточно сложной мозговой работой. Напомним, что «...слово, — как считал И. П. Павлов, — для человека есть такой же реальный условный раздражитель, как и все остальные, общие у него с животными, но вместе с тем и такой многообъемлющий, как никакие другие, не идущий в этом отношении ни в какое количественное и качественное сравнение с условными раздражителями животных». Давайте выясним, как слова приобретают сигнальное значение.

Наблюдения за детьми 12 — 18 месяцев показывают, что в этом возрасте малыши уверенно узнают предметы, которые постоянно находятся у них перед глазами. Особенно легко те, с которыми им разрешают производить какие-то действия, а значит, кроме зрительных впечатлений, они получают от них кожные и мышечные ощущения, если это игрушка, вкусовые и обонятельные — когда это пища, звуковые, если из предмета можно извлечь какой-нибудь звук. Словесное обозначение таких предметов усваивается детьми особенно легко. Наоборот, те предметы, которые детям не удалось поддержать в руках, долго остаются безымянными. Вот несколько примеров.

Маленьким девочкам часто завязывают банты. При стягивании лентой волос у них возникают своеобразные ощущения. Бантики часто развязываются и поэтому постоянно попадают девочкам в руки. Они рассматривают ленточки, трогают их, играют ими. Поэтому к полутора годам подавляющее число девочек знают слово «бантик» и сами пытаются его произнести, обозначая им не только украшение на своей головке, но также и ленточки, которые завязывают бантиком. Мальчикам в этом возрасте реже приходится иметь дело с лентами, и слово «бантик» они обычно не знают.

У маленьких детей не однозначное отношение к игрушкам. Девочкам больше нравятся куклы, а мальчикам — автомобильчики. Соответственно, девочки раньше усваивают слово «кукла» или какой-то его эквивалент, вроде «ляля», а мальчики — слово «машина». Очень рано малыши узнают названия различных видов пищи: «молоко», «каша», «сок» и значение таких слов, как «ням-ням».

Большинство предметов, с которыми приходится иметь дело малышам, вызывает у них какую-нибудь безусловнорефлекторную реакцию: пищевую, игровую, оборонительную. Если ребенку часто приходится иметь дело с каким-то предметом, то скоро его вид, исходящие от него звуки, все прочие вызываемые им ощущения становятся условными раздражителями той безусловной реакции, которую вызывает сам предмет: каша — пищевой, шприц с лекарством — оборонительной, погремушка — игровой. Названия предметов, уже являющихся условными раздражителями, усваиваются ребенком раньше тех, которые он видел лишь на расстоянии, т. е. вызывающих только ориентировочную реакцию.

На первом этапе усвоения речи слово становится названием или сигналом вполне конкретного предмета: «кукла» — только вот эта резиновая игрушка, «кошка» — только наша домашняя Мурка, «мама» — только мать ребенка. Но постепенно значение слов расширяется. Из обозначения конкретной вещи они превращаются в названия для однородных предметов: «кошка» — это и наша Мурка, и черный кот, живущий в подъезде, и маленький котенок, встреченный на улице, а «кукла» — это не только знакомая резиновая матрешка, но и все прочие игрушечные девочки и мальчики.

Расширение значения слова происходит различными путями. Важную роль играет выработка на это слово большого числа различных условнорефлекторных реакций. Сначала слово «книга» относится к определенной книжке. Затем в процессе усвоения целого ряда двигательных навыков, направленных на действия все с той же самой книгой, осуществляемых по командам типа: «Возьми книгу!», «Дай книгу!», «Открой книгу!», «Положи книгу!», значение слова «книга» расширяется. При осуществлении подобных манипуляций ребенок познает основные свойства предмета. Это является основой для обобщения, позволяя ребенку увидеть сходство разных книг между собой. Когда двигательных реакций с книгой на словесные команды будет выработано много, ребенок оказывается способным признать книгой и другую книжку. Если перед ним разложить 5—10 книг и попросить его: «Дай книгу!», малыш может взять любую из них, а не только ту, с которой постоянно манипулировал.

Второй способ известен давно. У современных детей бывает много книг. Знакомясь с каждой новой книжкой, то

большого формата, то совсем маленькой, то толстой, то тонкой, в картонном переплете и в мягкой обложке, ребенок выделяет основные свойства данной вещи. На определенном этапе знакомства с книгами это позволяет ему делать обобщения, понять, что новый, впервые увиденный предмет тоже является книгой.

На следующем этапе слово приобретает способность объединять несколько понятий, выраженных уже знакомыми словами. Ребенок узнает, что и кукла, и мишка, и машина, и игрушечный ослик называются словом «игрушка». Позже слова-интеграторы обобщаются словом-интегратором более высокого порядка. Оказывается, слово «вещь» может заменить такие слова, как «игрушка», «посуда», «мебель», «одежда», а слово «животное» такие слова, как «кошка», «собачка», «зайчик», «лошадка».

Таким же образом обобщаются слова, обозначающие действия. У ребенка второго года жизни слова «возьми», «дай», «покажи», «принеси» оказываются связанными со многими предметами и приобретают обобщенный характер. Из весьма конкретного действия, вызываемого словесной командой «Принеси куклу», слово «принеси» становится обобщенным сигналом целой группы сходных действий «приносить».

Параллельно с тем, как ребенок узнает, что самые разные предметы могут быть названы одним словом — «игрушка», «вещь», идет противоположный процесс — присвоение одному конкретному предмету множества названий. Оказывается, что игрушечного медвежонка можно назвать и «мишка», и «медведь», и «топтыжка», и «игрушка», а самого ребенка — «детка», «мальчик», «сын», «Саша», «Александр».

На протяжении первых лет жизни ребенка его мозг проделывает огромную по сложности и объему работу. В это время он знакомится с окружающим миром, учится общению с людьми, запоминает значение множества слов и учится их произносить. Возникновение способности пользоваться речью И. М. Сеченов считал переломным этапом психического развития человека. До этого момента ребенок думал чувственными образами, и вдруг объектом мысли становятся не копии действительности (образы), а какие-то заменители их, сигналы этих образов. Так рождается чудо — вторая сигнальная система, переводящая мыслительную деятельность малышей на новый, неизмеримо более высокий уровень.

ДВУГЛАВЫЙ ОРЕЛ

ОДНОВОКИЙ МОЗГ

Трудно вообразить, как давно люди начали делать попытки познать окружающий мир, сколько сложнейших исследований было осуществлено и какие удивительные открытия были сделаны еще много столетий назад. Это отчасти относится и к мозгу. Римский врач, анатом и, можно сказать, физиолог Клавдий Гален, живший во II веке нашей эры, осуществил интересное и по тем временам очень тонко задуманное исследование нервной системы, в первую очередь головного мозга, с целью выяснить его функции. Он на живых животных перерезал нервы, хирургическим путем разобщал мозг на отдельные части, послойно срезал мозговое вещество больших полушарий и внимательно следил за тем, что происходило с животным, как менялось его поведение (табл. VII).

Экспериментальным изучением нервной системы занимались и другие ученые древнего мира и средневековья, но систематические исследования физиологии мозга начались лишь в XIX веке. Всеобщее внимание к функциям мозга привлекла дискуссия, возникшая благодаря исследованиям двух ученых. Первый из них, австриец Франц Галль, был блестящим анатомом. Его исследования по анатомии человеческого мозга получили высокую оценку. Однако строение мозга само по себе мало что говорит о его функциях. Тем не менее Галль не только назвал большие полушария органом интеллектуальных качеств души, но и поделил их на участки, ответственные за отдельные чувства и психические функции, такие, как остроумие, щедрость, стяжательство, речь, любовь к детям, гордость, мудрость, различные эмоции и влечения.

И хотя сама идея строгого распределения функций между различными участками мозга многим нравилась, большинство ученых понимали, что у Галля не было никаких оснований высказывать на этот счет столь далеко идущие предположения.

Второй ученый, француз П. Флоуранс, ставил опыты на голубях. Он удалял у птиц различные участки больших полушарий, а затем наблюдал, как изменяется их поведение. Отчасти потому, что, изучая обычное поведение птиц, о работе их мозга много не узнаешь, отчасти потому, что мозг птиц, по сравнению с человеческим, устроен примитивнее, Флоуранс не заметил никакой разницы в поведении голубей, какой бы участок головного мозга у них не повреждался. Выяснилась лишь одна закономерность: чем более значительным по размеру было повреждение мозга, тем серьезнее нарушалось поведение птиц. Флоуранс пришел к выводу, что большие полушария работают как одно целое.

Под влиянием Галля и Флоуранса весь ученый мир разделился на два непримиримых лагеря — сторонников строгой локализации функций в больших полушариях мозга и сторонников представлений о равнозначности любых участков их мозгового вещества. Представители каждого из противоположных научных направлений старались найти подтверждение правоты своих предположений. Это и помогло сделать интересное наблюдение, имевшее огромное значение для дальнейшего изучения чисто человеческих функций мозга.

Парижский врач Поль Брока в юные годы работал прозектором¹. Уже став известным хирургом, он продолжал активно интересоваться строением человеческого тела, главным образом мозга. Ученый даже организовал французское общество антропологов и многие годы выполнял обязанности его секретаря.

В то время в клинике Брока находились два больных с какими-то заболеваниями ног. Кроме этой основной болезни, у обоих уже много лет была нарушена речь. Практически они не могли произнести ни одного слова. Причина подобных заболеваний была тогда еще совершенно непонятна, и лечить их даже не пытались. Оба пациента умерли здесь же в клинике, а на вскрытии

¹ Прозектор — тот, кто рассекает. Врач, вскрывающий человеческие трупы.

выяснилось, что у них были повреждены одинаковые районы левого полушария мозга. Брока был удивлен и захотел разобраться в этом вопросе. Изучив еще шесть подобных случаев, он сумел понять, что человеческой речью единолично руководят височные доли левого полушария.

До Брока никто из врачей не обращал внимания на то, что параличи правой руки очень часто сопровождаются нарушением речи, а при параличах левых конечностей речь обычно не страдает. Видимо, такие совпадения замечали, но найти этим фактам соответствующее место в системе существовавших тогда представлений о работе мозга не могли. Поэтому на эти факты никто и не обратил серьезного внимания. Понадобилась дискуссия о локализации функции в мозгу, чтобы понять их значение. Таким образом, Брока сделал сразу три крупных открытия: он нашел мозговой центр, управляющий речью, доказал, что в мозгу существует строгая локализация функций, и обнаружил, что полушария человеческого мозга в функциональном отношении асимметричны и левое выполняет более важные обязанности, чем правое.

ПАРАДОКСЫ МОЗГА

К числу важнейших частей головного мозга относятся большие полушария. У человека это два массивных, четко обособленных образования, действительно имеющих форму полушарий, как две капли воды похожих друг на друга. Не только сами полушария, но и вся центральная нервная система, головной и спинной мозг, у человека и у животных состоит из двух симметричных половин (табл. VII). Причина такого устройства нервной системы не вызывает удивления. Тела подавляющего большинства животных, а главное, их органы передвижения — ноги, лапы, руки, крылья, плавники — обладают двусторонней симметрией. Естественно, что аппарат, управляющий их движением, т.е. нервная система, тоже должен быть симметричным.

Большие полушария головного мозга ответственны за высшие психические функции. Они являются главным командным центром нервной системы, «штабом верховного главнокомандования». Недаром полушария связаны со всеми частями головного и спинного мозга. Именно сюда от всех органов чувств поступает информация.

Обработав ее и осмыслив, полушария дают указания органам тела, как им работать, и направляют в спинной мозг распоряжения о необходимости произвести определенные движения. Команды мышцам дает непосредственно спинной мозг, строго выполняя приказы больших полушарий.

Изучая распределение обязанностей между полушариями-двойняшками, ученые столкнулись с несколькими неожиданными парадоксами. Правое полушарие, например, почему-то руководит работой левых конечностей и всех мышц левой стороны тела, а левое полушарие, наоборот, распоряжается правыми мышцами и правыми конечностями. Каким образом это происходит, понятно. Нервные волокна, передающие двигательные команды, покидая головной мозг, переходят на другую сторону спинного мозга, именно сюда доставляя приказы противоположного полушария. Какую выгоду получает организм от такого странного распределения обязанностей между двумя половинами мозга, пока непонятно. Ответа на этот вопрос ученые еще не нашли.

Сходным образом ведут себя нервные волокна, доставляющие большим полушариям информацию от глаз, ушей, от рецепторов кожи и мышц и от других органов чувств. Направляясь в мозг, часть из них перебирается к противоположному полушарию. У человека переход совершает 50% волокон, т.е. информацию от каждого глаза или уха в равной мере получают обе половины мозга. Вот вам второй парадокс: каждое полушарие человеческого мозга командует только одной половиной тела, а информацию в равном объеме оно получает от обеих его половин.

Работа головного мозга «братьев наших меньших» — животных организована иначе. У таких примитивных существ, как рыбы, левая половина мозга получает информацию только от правого глаза, а правая половина — лишь от левого. Зато двигательные команды к мышцам поступают у рыб сразу от обоих полушарий мозга. Этот третий парадокс имеет вполне закономерное объяснение. В процессе эволюции животных мозг постепенно совершенствовался. Реконструкция мозга проходила по принципу укрепления единоначалия его верховных командных пунктов и улучшения снабжения их всевозможной информацией. Этот принцип получил воплощение в конструкции человеческого мозга.

Ученые давно знали о симметрии в строении мозга и в распределении его функций и давно привыкли к подобному положению. До удивительных наблюдений Брока эта особенность устройства мозга не вызывала ни малейших сомнений. Открытие французского ученого буквально потрясло ученый мир и вызвало поток новых исследований. Они полностью подтвердили сделанные Брока наблюдения. Тот отдел мозга, который был поражен у пациентов Брока, впоследствии получил название моторного центра речи. Он руководит работой речевых органов: натяжением голосовых связок, движениями мышц гортани, языка, губ. Благодаря командам моторного центра мы в состоянии производить членораздельные звуки, из которых складываются фонемы, слова и целые фразы.

Позже в том же левом полушарии был найден воспринимающий центр речи, сенсорный, как называют его ученые. Он осуществляет анализ речевых звуков, узнает каждый из них, складывает их в фонемы, слова, выстраивает услышанные звуки в целые законченные фразы. В общем, осуществляет прием речи. Были обнаружены и другие речевые центры, и все они находятся здесь же, в левом полушарии мозга. В конечном итоге оказалось, что нашей способностью говорить и писать, понимать устную речь и читать написанное мы полностью обязаны работе левого полушария (рис. 9).

Мозг неохотно раскрывает свои тайны. Первое, самое общее изучение нейрофизиологии речи потребовало более ста лет. За это время ученые успели привыкнуть к асимметрии функций нашего мозга. Теперь уже твердо укоренилось мнение, что асимметрия в распределении обязанностей между большими полушариями головного мозга — это чисто человеческое свойство, отличающее нас от животных.

Об асимметрии функций человеческого мозга ученым следовало бы догадаться гораздо раньше. Кто же не знает, что большинство из нас лучше владеют правой рукой, чем левой. Именно правой рукой большинство из нас пользуются, когда необходимо выполнять что-то сложное. Правой рукой мы едим, в правой руке держим во время еды ложку или нож, этой же рукой застегиваем одежду, независимо от того, что приходится застегивать, пуговицы, крючки или молнию, вдеваем нитку в иглолку, режем ножницами, работаем пилой, молотком, лопатой, чистим зубы, стреляем и бросаем гранату, держим ракетку

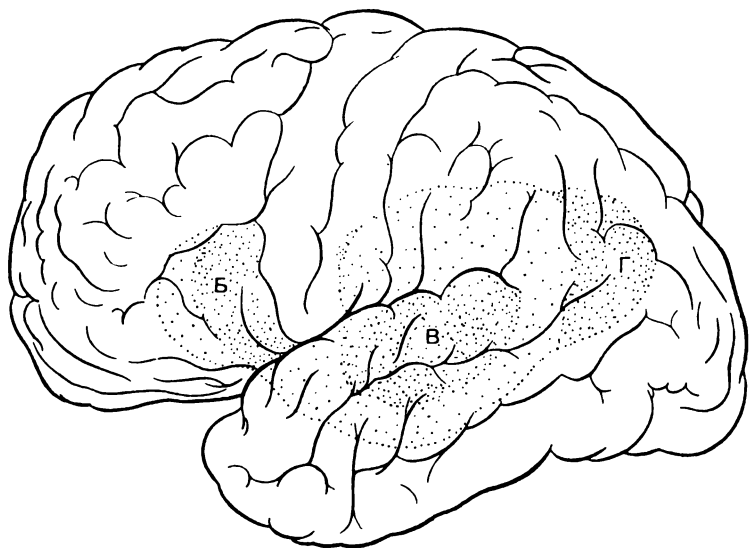


Рис. 9. Схематическое изображение левого полушария головного мозга человека.

Сгущение точек: *Б* — зона Брока — моторный центр речи. *В* — зона Вернике — воспринимающий центр речи. *Г* — зона зрительных образов слов.

во время игры в теннис, жестикулируем во время разговора. В общем все, что требует специального навыка, обычно выполняется правой рукой.

Первенство правой руки отнюдь не дань современной моде. Оно возникло очень давно. На наскальных рисунках древнего человека, которым больше 30 тыс. лет, копье или дубинку охотники держат правой рукой. Значит уже в ту пору большинство наших предков были правшами. Воины Древнего Рима и его гладиаторы меч брали в правую руку, а щит в левую. Воины легионов Александра Македонского пращу бросали правой рукой. Ясно, что преимущественное использование нашей правой руки не просто привычка. Причина его кроется в особенностях строения и функций человеческого мозга.

Безусловно, ученые прошлого века были достаточно хорошо осведомлены о неординарном развитии наших рук, но понимали это слишком буквально. Действительно, мышцы правой руки более массивны, а значит, и обладают большей силой. Однако слаженность работы мышц, от которой зависит ловкость нашей правой руки,

является целиком заслугой совершенства командных центров мозга. Лучше развита не сама правая рука, а двигательные центры левого полушария, которые ею командуют.

У правшей речевые центры занимают обширные районы в лобной, височной и теменной областях левого полушария мозга. Соответствующие области правого полушария участия в речевых функциях не обнаруживали. Недаром медики издавна считали левое полушарие тружеником, а правое тунеядцем, злостно уклоняющимся от самой сложной работы. Если случалось осуществить операцию на правом полушарии, хирурги проводили ее без долгих раздумий, уверенные, что ничего страшного с больным не произойдет. Другое дело, если заболело левое полушарие. Прежде чем рискнуть коснуться его скальпелем, приходилось тщательно взвешивать, стоит ли идти на этот шаг, ведь операция может привести к полному расстройству речи.

ТРУЖЕНИК

Долгие годы ученые не могли понять, чем объясняется трудолюбие левого и леньность правого полушария. Не было изобретено такого способа, который позволил бы изучить функцию каждого полушария по отдельности. Вероятно, над этим всерьез никто даже и не задумывался. С человеком не положено производить эксперименты!

Помощь ученым пришла от врачей. Давно уже некоторые серьезные заболевания мозга лечат с помощью электричества. На голову больного накладывают электроды и через них пропускают электрический ток. Как мы уже знаем, нервные клетки мозга обмениваются информацией с помощью слабых электрических импульсов. Вполне понятно, что более сильный ток полностью нарушает работу мозга. Подвергшиеся его воздействию отделы на некоторое время прекращают свою деятельность. Можно так расположить на голове электроды, что окажется выключенным только одно полушарие, правое или левое.

Конечно, никто из ученых не стал бы специально подвергать человеческий мозг действию разрядов электрического тока только для того, чтобы узнать о его работе что-то новое. Однако можно наблюдать за реакциями больных во время лечебных процедур и, поговорив с ними, выяснить, насколько полно у них

сохранилась речь, дать им задания различной степени сложности, чтобы сравнить, как с ними справляются правое и левое полушария. Этим способом и воспользовались советские ученые. Их исследования помогли разгадать много тайн человеческого мозга.

Чтобы научиться говорить, нужно иметь развитые центры речи: звуковой и двигательный. В звуковом центре речи происходит анализ речевых звуков и здесь же хранятся звуковые образы слов. Двигательный центр не только посылает команды к мышцам голосовых органов, но и хранит в памяти последовательность этих команд.

В работе речевых центров много необычного. Маленькие дети, овладевая речью, одновременно учатся произносить слова и воспринимать их. Эти два процесса так тесно переплетены, что один без другого полноценно воспроизводиться не может. Услышав новое слово, ребенок должен не просто проанализировать составляющие его звуки, но обязательно его повторить, одновременно сопоставляя звуки речи и двигательные реакции языка, гортани, голосовых связок. В нашем мозге слова хранятся в виде их «двигательных» и «звуковых» копий, но двигательные образы слов для нас важнее звуковых. В этом совсем нетрудно убедиться.

Попробуйте написать новое, знакомое и «трудное» слово, только что услышанное по радио. Вы заметите, что язык слегка шевелится, молча «проговаривая» то, что вы собираетесь написать. Голосовые связки и мышцы гортани в этот момент тоже двигаются, только мы этого не осознаем. Сложная задача потребовала усилить анализ нового слова, а отсюда — двигательная реакция речевых органов чуть ли не в полном объеме и последующий анализ только что произведенных двигательных реакций.

Попробуем представить себе человека, у которого работа правого полушария полностью выключена. Такой левополушарный человек владеет речью в полном объеме, даже проявляет повышенную словоохотливость. Он с видимым удовольствием заговаривает со знакомыми и незнакомыми людьми, делится с ними своими делами и впечатлениями, говорит много, длинными сложными предложениями и буквально не дает своим собеседникам слова сказать. Если левополушарного человека не сдерживать, а делать это не легко, инициатива в разговоре сразу переходит к нему. Тот же человек вне лечебной

процедуры, когда ему ничто не мешает пользоваться обоими полушариями, так себя не ведет. Оказывается, правое полушарие сдерживает своего левого «собрата», не давая ему и лишнего шага ступить. Прямо скажем, это идет нам на пользу: излишняя болтливость никого не украшает.

Несмотря на повышенную словоохотливость, левополушарных людей не назовешь приятными собеседниками. Голос у них становится глухим, сиплым, гнусавым, лающим или визгливым, а речь утрачивает свой привычный ритм. Ударения и в отдельных словах, и в целых фразах постоянно оказываются не там, где им полагается быть. Часто не сразу и поймешь, что человек хотел сказать. И уж совсем трудно догадаться, радует ли его то, что он рассказывает, или огорчает, задает ли он вопрос или выражает свое недовольство. Речевые акценты, интонации не подвластны левополушарному человеку. Придать нашей речи выразительность — одна из важнейших обязанностей правого полушария, и без него справиться с интонацией невозможно.

В отсутствии правого полушария мир звуков меркнет. Все, что не является человеческой речью, перестает волновать человека, обращать на себя его внимание. Грохот весеннего грома, курлыканье журавлей в осеннем небе, кукование кукушки, веселый смех ребенка — все кажется однообразно неинтересным шумом. Человек не узнает этих звуков, ничего не в состоянии о них вспомнить.

Из-за неспособности разобраться в многообразии неречевых звуков левополушарный человек не способен получить удовольствие от спектакля, прослушанного по радио. Веселый перестук девичьих каблучков по каменным ступеням лестницы, чарующая песня соловья, дополняющая поэтическую картину ночи, трагический звук выстрела, вой сирены воздушной тревоги или вызывающий невольный ужас свист падающих авиабомб — все сливается в однообразный шум, несколько не помогая воспринимать радиопостановку, а только мешая вникнуть в ее содержание.

Левополушарный человек, отлично понимая, что ему говорят, не способен по голосу узнать даже самого близкого человека: мать, жену, сына. Не может отличить мужчину от женщины. По интонации не в состоянии догадаться, хвалят его или ругают. Анализ человеческого

голоса, его интонации — также обязанность правого полушария.

Мир музыки доступен лишь правому полушарию. После его выключения человек не узнает мелодии знакомых песен, широко известных музыкальных произведений. Певец оказывается неспособен петь, музыкант исполнять несложное музыкальное произведение.

Образная память, способность длительно сохранять впечатление об увиденном — тоже функция правого полушария. После его выключения человек без удивления будет рассматривать на картинке корову без хвоста или лошадь с отвислыми, как у спаниеля, ушами. Он просто не заметит на рисунках ни малейшего несоответствия. Ему трудно запомнить сложные фигуры, если для них нет специальных названий. Зато выучить длинное стихотворение или запомнить два десятка иностранных слов для левополушарного человека не составит большого труда.

Пока левое полушарие трудится в одиночку, большинство зрительных задач вызывает серьезные затруднения. Человеку трудно глазами отыскать на полке нужный предмет, трудно удержать на нем взгляд, совершенно невозможно уследить за быстро передвигающимися предметами. Даже самый восторженный поклонник футбола в период временного выключения правого полушария теряет интерес к игре. Он не сядет к телевизору, так как не сможет разобраться в происходящем на экране, а значит, не получит и удовольствия. Зато послушать спортивного комментатора не откажется. В словесном виде информация легко найдет дорогу в его мозг.

Для того чтобы уметь писать и читать, иметь правое полушарие не обязательно, правда, только в том случае, если речь идет о европейцах и о буквенной системе письма. Зато у лиц, пользующихся иероглифами, чтение и письмо расстраиваются полностью. Иероглиф — это фигурный знак, миниатюрное абстрагированное изображение, с помощью которого обозначают какой-то определенный предмет или понятие. При нарушении образной памяти разобраться в иероглифах становится невозможно.

По той же причине иногда расстраивается речь глухонемых. Глухих от рождения людей обучают жестовому языку или пальцевой азбуке. Первый из них ближе к иероглифам. В нем каждый жест заменяет слово или даже несколько слов. Память на жесты хранится в правом

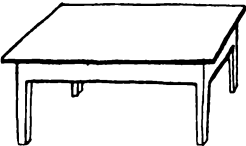

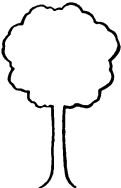

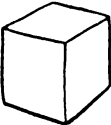
| | Правополушарный человек | Левополушарный человек |
|--------|--|--|
| Стол |  |  <i>Стол</i> |
| Дерево |  |  <i>Дерево</i> |
| Куб |  | <i>Куб</i> |

Рис. 10. Рисунки куба, дерева и стола, сделанные людьми в момент функционального выключения одного из мозговых полушарий.

Правополушарный человек (с инактивированным левым полушарием) рисует не хуже, чем он рисовал в нормальном состоянии. Левополушарный человек (с инактивированным правым полушарием) передает максимально обобщенный образ предмета: горизонтально расположенный прямоугольник, обозначающий крышку стола, узкий вертикальный прямоугольник, символизирует ствол дерева, и обязательно подписывает рисунок или просто ограничивается одной надписью.

полушарии и при его выключении полностью расстраивается. В пальцевой азбуке жест соответствует букве, это типичный код левого полушария, и возможность пользоваться им после выключения правого полушария не страдает.

У левополушарного человека не нарушается устный счет. Количественная оценка окружающего мира, как и другие действия с абстрактными понятиями, — сфера деятельности левого полушария. Человек без труда подсчитает число находящихся перед ним предметов. Решит в уме несложную задачу. А разобраться в написанных цифрах он не сможет. Изображения чисел ближе к иероглифам, а потому представления о них хранятся в правом полушарии, так же как нотные, топографические, дорожные знаки и другие символические изображения.

•ТУНЕЯДЕЦ•

Правополушарный человек, у которого выключено левое полушарие, не может ни понять обращенную к нему речь, ни сам произнести ни одного слова. Тем более, он не в состоянии писать и, конечно, не понимает написанное.

Когда работа мозговых центров левого полушария начинает восстанавливаться, у человека появляется способность замечать звуки человеческой речи, откликаться на свое имя, потом понимать то, что ему говорят, и выполнять несложные инструкции. Так же постепенно восстанавливается активная речь. Сначала возникает способность издавать звуки, потом появляется способность повторять простые, затем все более сложные слова, называть самые привычные предметы, вроде ложки и чайника, позже такие, с которыми приходится сталкиваться не часто: отвертка, револьвер, насос, фонендоскоп. Наконец, произносить целые предложения.

Интересно, что у правополушарного человека нарушен только речевой слух, а остальные звуки он прекрасно слышит и узнает. В этом нетрудно убедиться, даже если речь нарушена полностью. Испытуемого знакомят с определенным звуком и объясняют, что, услышав его, нужно поднять правую руку, а на все другие звуки — левую. Простая процедура. Для ее выполнения достаточно одного правого полушария, и испытуемый с ней действительно отлично справляется.

Правополушарный человек легко ориентируется в

любых неречевых звуках. Он не спутает звонок телефона со звуком дверного звонка, дребезжание трамвая легко отличит от грохота грузовика, а карканье вороны — от лая собаки. Такой человек способен наслаждаться птичьим пением и легко отличит соловья от малиновки или пеночки. Даже не понимая речи, он по голосу поймет, кто говорил, мужчина, женщина или ребенок, а по интонации догадается, был ли это вопрос или какая-то очередная инструкция, хотя понять, в чем она заключается, скорее всего не сможет. Наконец, он безошибочно покажет, откуда раздался звук.

У правополушарного человека полностью сохраняются музыкальные способности. Он без труда узнает любимые музыкальные произведения, получит удовольствие от их прослушивания, от песен и романсов и даже сам может напеть знакомую мелодию, естественно, без слов. Знание нотной грамоты тоже не утрачивается. Известно несколько случаев, когда выдающиеся музыканты из-за повреждения левого полушария теряли речь, но полностью сохраняли музыкальный талант. Так, французский композитор Морис Равель, потеряв дар речи и способность писать, продолжал сочинять музыку и сам записывал на бумагу свои произведения нотными знаками.

Даже если функции левого полушария нарушены лишь частично, память на речевые звуки страдает в первую очередь. Правополушарный человек простую комбинацию из трех звуков «а-о-у» сможет повторить лишь тотчас же после прослушивания. Через минуту он начинает путаться — уже успел забыть то, что только что услышал.

Ухудшение памяти на речевые звуки — одна из главных причин нарушения речи. Если правополушарный человек способен узнать каждый из пяти звуков, образующих слово, это еще не значит, что он поймет и само слово. Анализ каждого очередного звука мешает ему удержать в памяти предыдущий. Когда дойдет очередь до третьего звука, первый уже забыт!

Нарушение чтения тоже отчасти связано с нарушением памяти. Читая написанное слово, необходимо твердо помнить, какой звук соответствует каждой букве. Но даже если эта способность сохранена, слово сложить все же не удастся, нужные звуки путаются в памяти и получается белиберда. Однако некоторые особо важные, часто употребляемые слова правополушарный человек

прочтет. Дело в том, что еще в раннем детстве при обучении у детей возникает тенденция просто угадывать написанные слова, полностью игнорируя необходимость заняться их буквенно-звуковым анализом. Эта тенденция узнавать слова, так сказать «в лицо», в этот период резко замедляет процесс обучения. Однако у взрослого человека навык чтения превращается в акт зрительного узнавания привычных слов. Такие слова, как «СССР», «Москва», «мир», «КПСС» узнает даже человек с частичным нарушением работы левого полушария.

Из-за плохой речевой памяти правополушарному человеку трудно запомнить и отдельные звуки, и даже целые слова. Из 5 — 10 слов, произнесенных экспериментатором, испытуемый способен повторить 2 — 3, но и их через час-полтора забудет. Зато зрительная память у правополушарного человека обострена. Фигуры причудливой формы, для которых не подберешь словесных названий, он запомнит надолго.

У правополушарного человека отличная образная память и образное восприятие мира. На незаконченных или искаженных рисунках он сразу заметит, что у чайника нет носика, у очков — дужки, у рыбки — глаза, у собаки два хвоста. Правополушарный человек хорошо ориентирован в пространстве. Он отлично помнит расположение своей квартиры, городского квартала, целого района города. Он знает, где в комнате выключатель, где стоит утюг и лежат спички, как зажечь газовую плиту, пользоваться лифтом, включить телевизор. Всю эту работу выполняет правое полушарие. Оказывается, его совершенно зря считали тунейдцем. Новейшие исследования показали, что правое полушарие трудится наравне с левым и у него много ответственных обязанностей.

ДВУГЛАВЫЙ МОНСТР

В старые времена люди любили придумывать самых невероятных многоголовых чудовищ. Орел на государственном гербе Российской империи был о двух головах. Известный персонаж русских народных сказок Змей Горыныч имел три головы. Для змея это не так уж и много. В сказках и легендах различных народов встречаются шести-, девяти- и даже двенадцатиголовые змеи — драконы. Да что там драконы! Иметь несколько голов в те времена не считалось уродством. От этого не

отказывались даже боги. У древних римлян был двуликий бог входов и выходов Янус. По утрам он открывал ворота солнцу, выпуская его на небосвод, а вечером закрывал за ним небесные двери. И для каждого нового года он широко распахивал ворота, недаром первый месяц года в его честь получил название января.

Змей Горыныч, как известно, охранял замок Кощея Бессмертного. Справиться с чудищем было трудновато. Три его зубастые пасти представляли собой достаточно грозное оружие. А кроме того, три головы, три, хотя и небольших, умишка тоже со счета сбрасывать нельзя, хотя старинные русские сказки это обстоятельство почему-то обходят молчанием.

Честно признаться, в детстве я серьезно завидовал Горынычу. Надо же, чтобы так повезло — иметь сразу три головы. Всегда есть с кем посоветоваться! Любой вопрос можно обсудить сообща и принять коллективное решение. Кто же не знает, что ум хорошо, а три значительно лучше.

Завидовал я, конечно, напрасно. Во-первых, как явствует из предыдущих глав, между большими полушариями человеческого мозга очень строгое разделение функций. Каждое из них выполняет лишь предназначенную ему работу, и заменить друг друга они не могут. Так что может создаться впечатление, что хотя у человека одна голова, зато там целых два мозга. Во-вторых, прежде чем завидовать, нужно выяснить, хорошо ли бы чувствовал себя человек с двумя головами. Однозначный ответ на этот вопрос будет малопонятен. Попробуем в нем разобраться и начнем издалека.

Многоголовые монстры — плод человеческой фантазии, они не существуют. Однако можно найти животных, у которых практически два мозга. Действительно, у рыб и других примитивных существ большие полушария весьма независимы друг от друга: их правый мозг знает только то, что видит левый глаз, а левый мозг — только то, что заметил правый (рис. 11). У меня в аквариуме как-то жила золотая рыбка, которую я научил носить на голове колпак с отверстиями для рта и одного глаза. Иногда я так надевал ей колпак, чтобы она видела меня лишь левым глазом, и кормил ее вкусными червяками, а иногда так, чтобы я был виден лишь правым глазом, и нещадно гонял ее по аквариуму. Обучение обеих половин мозга прошло быстро и теперь, когда она видела меня левым глазом, то

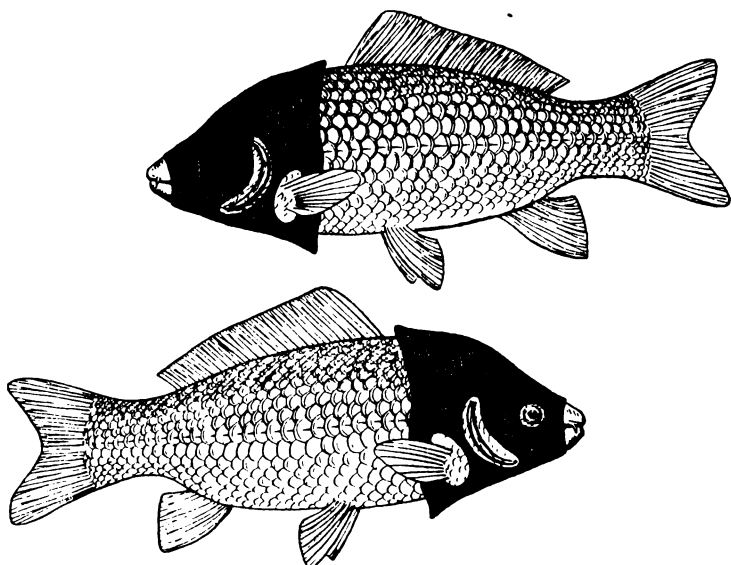


Рис. 11. Рыбы в колпачках с отверстиями для одного (правого) глаза, жаберных щелей и грудных плавников.

радостно спешила навстречу, а если видела правым, в ужасе забивалась в заросли растений. Когда же я вообще снял с нее колпак и она смогла глядеть на меня сразу двумя глазами, это ее по-настоящему потрясло. Два ее мозга не смогли договориться, что ей следует делать, и она заболела.

Мозг млекопитающих, и в том числе человека, устроен иначе. У высших животных большие полушария имеют возможность широко обмениваться информацией. Для этого существует несколько линий связи, «мощных кабелей», в которых объединены десятки, а у человека и сотни миллионов проводников — нервных волокон, являющихся отростками нервных клеток. Главнейшие из них сосредоточены в мозолистом теле, особом мозговом образовании, которое практически и служит местом соединения больших полушарий с остальным мозгом. Если, раздвинув полушария, рассечь лежащее в глубине мозолистое тело, линии связи между полушариями мозга будут прерваны. Это приведет к тому, что контакты между правым и левым полушариями почти прекратятся и теперь каждое из них будет действовать независимо от

другого, как будто является отдельным, вполне самостоятельным мозгом.

Чтобы выяснить, как функционирует мозг, физиологи перерезали у животных линии мозговых связей. Кошка после перерезки мозолистого тела и хиазмы — места, где перекрещиваются зрительные нервы, — становится существом, имеющим два самостоятельных мозга (табл. VI). У нее на один и тот же раздражитель можно выработать два разных рефлекса. Такая кошка, когда у нее закрыт правый глаз, будет при вспышке света нажимать левой лапой на педаль, чтобы получить из кормушки мясо. А если у кошки закрыт левый глаз, в ответ на ту же вспышку света она правой лапой надавит на специальный выключатель, чтобы предотвратить удар электрического тока. Нормальную кошку этому научить невозможно. Многомесячное обучение не даст абсолютно никакого результата. Оперированной кошке путать нечего. Ее правое полушарие не знает, что видит левый глаз, а левое — на что смотрит правый. Вот почему животное ведет себя как две разные кошки.

Перерезку мозолистого тела иногда производят и человеку при тяжелых, не поддающихся другим методам лечения заболеваниях мозга. Операция не вызывает у больного сколько-нибудь серьезных нарушений интеллекта. Всех, кому довелось наблюдать за людьми с разобщенными полушариями, больше всего поражает, как мало эта серьезная реконструкция мозга отражается на личности больного. Внешне поведение таких людей, пока им не дают специфических заданий, ничем не отличается от поведения нормальных. У них хорошая координация движений. Их походка не меняется. Если до операции больные умели плавать или ездить на велосипеде, они прекрасно это делают и с расщепленным мозгом. Перенесенная операция не мешает больным играть в теннис, волейбол, другие подвижные игры, и качество игры серьезно не снижается. Однако иногда с ними происходят удивительные казусы, когда больной правой рукой чиркает зажигалку, чтобы зажечь газ, а левая рука в то же самое время закрывает краны на газовой плите, предварительно открытые правой рукой.

Специализация правой и левой половин нервной системы началась задолго до появления человека. У некоторых современных животных она выражена достаточно отчетливо. Правая клешня река-щелкуна альфеуса в

несколько раз больше левой. Она предназначена для того, чтобы беспрерывно издавать щелкающие звуки. Специализированы не только сами клешни, но и нервные центры, предназначенные для управления ими. Поэтому большая клешня плохо помогает раку во время еды, а щелкать маленькой он даже и не пытается. Однако у большинства высших животных оба полушария мозга почти равноправны. Даже если одно из них повреждается, умственные способности животного не страдают.

Другое дело — человек. Наши мыслительные процессы формируются благодаря совместному участию различных мозговых блоков, гармонично дополняющих друг друга. Любая функциональная задача направляется для решения в соответствующее полушарие. Над каждой проблемой работает весь мозг, многие его блоки, но при этом у каждого из них свое задание. Их функции не дублируются. Образные конкретные представления о предметах и явлениях окружающего нас мира хранятся в правом полушарии, а звуковые образы их словесных обозначений — в левом. Правое полушарие заведует образным мышлением, а левое абстрактным. Здесь хранятся логические программы, используемые нашим мышлением. Левое полушарие формирует речь, а правое придает ей определенную интонацию, расставляет ударения, знаки препинания. Правильно построенную левым полушарием речь невозможно будет понять, если в ее формировании не приняло участие правое полушарие. Фраза «Помиловать нельзя казнить» будет воспринята по-разному в зависимости от того, как расставлены ударения, а без них ее так же невозможно понять, как и написанную здесь без знаков препинания.

Принцип разграничения обязанностей давно используется в технике. Работа автомобильного мотора возможна благодаря участию двух самостоятельных блоков. Карбюратор готовит горючую смесь и поставляет ее в цилиндры двигателя, а система зажигания обеспечивает воспламенение бензиновых паров. Двигатель не будет работать, если один из блоков испортится. А представьте, что сразу работают два карбюратора и две системы зажигания. Как было бы невероятно трудно отрегулировать работу такого двигателя.

То же самое происходит и с нашим мозгом. Представьте себе, что случится, если ответ на заданный человеку вопрос будет формироваться отдельно в каждом

из полушарий. Человеческая речь богата. Одну и ту же мысль можно передать с помощью множества самых различных предложений. Но разве могли бы со своей работой справиться речевые органы, если бы каждый раз вместо одной получали бы две разноречивые программы от каждого из полушарий.

Вот почему в мозгу человека главенствует принцип единоначалия. А иначе командовать нельзя. Ничего хорошего не получится. Вместо оперативного принятия решений по каждому вопросу возникала бы дискуссия. Специализация функций больших полушарий человеческого мозга — это не забавный парадокс, а насущная необходимость, столбовой путь эволюции мозга. Только благодаря специализации каждого из больших полушарий наша мыслительная деятельность намного обогнала психическую деятельность животных. Только в силу специализации нашего мозга мы стали людьми.

Хотя у нас два полушария, но психические процессы формируются в них иначе, чем у золотой рыбки или у многоголового Змея Горыныча. И в этом наше счастье. Теперь понятно, почему в русских сказках ничего не говорится об умственных способностях Горыныча. Стражем он был, видимо, весьма бдительным и защитником тоже превосходным, а вот мыслителя из него, даже при наличии трех голов, выйти не могло. Три его мозга оперативно ни о чем договориться не могли. Так что для решения наших обычных повседневных дел один ум, определенно, значительно лучше, чем несколько.

КРОВЬ, СЛИЗЬ, ЖЕЛТАЯ И ЧЕРНАЯ ЖЕЛЧЬ

Еще в древние времена великий греческий мыслитель Аристотель заметил, что существует четыре типа человеческих темпераментов. В соответствии с представлениями тогдашней науки, он считал, что это свойство человеческой природы связано с наличием в организме четырех основных жидкостей (кровь, слизь, желтая и черная желчь), которые у каждого индивидуума оказываются смешанными в разных пропорциях. В результате одни люди активные, живые и подвижные — он назвал их сангвиниками (от греч. «сангвис» — кровь). Другие спокойные и медлительные. Они получили название флегматиков (от греч. «флегма» — слизь). У третьих, легко возбудимых людей в организме преобладает желтая желчь (по-греч. «холе»). Это холерики. Наконец, у четвертых больше всего черной желчи (по-греч. «меланхоле»). Это обычно нелюдимые, мрачные люди, склонные к разным переживаниям и страхам. Их называют меланхоликами. Кстати, само слово «темперамент» в переводе с латинского означает «пропорция».

Истинную причину различий в темпераментах объяснил через две с лишним тысячи лет после смерти Аристотеля наш соотечественник И.П. Павлов. Изучая высшую нервную деятельность, он обнаружил, что темпераменты собак разительно напоминают человеческие. Одни собаки спокойны, степенны и быстро осваиваются в новой обстановке. У них легко и быстро вырабатываются самые разнообразные условные рефлексы. Другие медлительны, труднее приобретают новые привычки и неохотно отказываются от старых. Третьи очень подвижны, суетливы, часто лают, нередко кусаются. Наконец,

для четвертых всякое изменение обстановки мучительно. В новом помещении они стремятся забиться в угол, припадают к полу, иногда при приближении человека опрокидываются на спину, как это делают испуганные кем-нибудь щенки. И. П. Павлов объяснил, как складываются темпераменты собак или, как принято говорить у физиологов, типы их высшей нервной деятельности.

Мы знаем, что в основе мозговой деятельности лежат два процесса: возбуждение и торможение. Собственно сама деятельность мозга связана с возникновением возбуждения, а торможение является процессом, способным ее прекратить, подавить в нервных клетках возникшее там ранее возбуждение. Каждый из этих процессов обладает определенной, легко измеряемой силой. Ее, например, можно оценить по особенностям образования и осуществления простых условных рефлексов. Если у нескольких собак примерно одного размера и возраста выработать пищевой условный рефлекс на действие звукового раздражителя — стук метронома с частотой 120 ударов в мин (метроном-120), то окажется, что для образования условного рефлекса у каждой из них понадобится различное число сочетаний этого раздражителя и пищи. Но, главное, величина условного рефлекса — количество капель слюны, которое выделится за 30-секундное действие метронома-120, — будет неодинаковым. Это связано с силой возбуждательного процесса у наших животных. У собак, обладающих сильным возбуждательным процессом, условные рефлексы вырабатываются быстрее и достигают наибольшей величины, а у собак со слабым возбуждением выработка условных рефлексов затягивается, и их величина бывает минимальной.

Особенности темперамента в меньшей степени зависят от силы тормозного процесса. Особенно важно, как соотносятся между собой силы возбуждательного и тормозного процессов: равны ли они, уравнивают ли друг друга или какой-то процесс преобладает. Об этом можно судить по результатам следующей пробы. Возьмем одну из собак, у которой уже образован пищевой условный рефлекс на метроном-120, и выработаем к этому условному раздражителю условный тормоз, а в качестве тормозного раздражителя используем звонок. Чтобы образовать условный тормоз, мы время от времени, за 10 с до начала действия метронома-120, станем включать звонок и комбинацию этих раздражителей пищей никогда подкреп-

лять не будем. Вскоре метроном-120 в сочетании со звонком начнет вызывать условный рефлекс несколько меньшей величины, чем в тех случаях, когда он действует отдельно от звонка.

Если мы процедуру выработки продолжим, то скорее всего добьемся, что комбинация раздражителей звонок + метроном-120 вообще условного рефлекса вызывать не будет. Это значит, что звонок стал условным тормозом, приобрел способность препятствовать развитию условного рефлекса. Когда условный тормоз вырабатывается быстро и приобретает способность полностью предотвращать возникновение условного рефлекса, можно считать, что у данной собаки силы возбуждательного и тормозного процессов примерно равны и они способны уравнивать друг друга. Если же выработка условного тормоза тянулась долго, трудно и все равно тормозной раздражитель не в состоянии полностью подавить развитие условного рефлекса, это свидетельствует о том, что тормозной процесс значительно слабее возбуждательного и потому справиться с ним не может.

Нервные процессы обладают еще одним важным свойством — подвижностью. Если возбуждательный и тормозной процессы легко и быстро сменяют друг друга, значит, они обладают достаточно высокой подвижностью. Когда же развитие любого из процессов некоторое время препятствует формированию в этих же мозговых структурах противоположного процесса, следует говорить об их инертности.

Степень подвижности нервных процессов можно выявить следующим образом. К ранее образованному у наших собак условному рефлексу на метроном-120 вырабатывают дифференцировку на метроном-60. Ее образование означает, что на метроном-120 условный пищевой рефлекс должен осуществляться в полной мере, а на метроном-60 не должно возникать ни малейшей пищевой реакции.

Когда животное научится уверенно различать (дифференцировать) раздражители, можно приступить к изучению подвижности нервных процессов. Для этого дается один из двух стимулов — положительный условный раздражитель метроном-120 или дифференцировочный раздражитель метроном-60, а затем или тотчас же после его окончания, или через различные интервалы включается действие второго раздражителя из этой пары. Если первым действовал положительный условный раздражитель,

то вызванное им возбуждение оказывается серьезным препятствием для развития торможения, обычно вызываемого дифференцировочным раздражителем. То же самое произойдет, если первым был применен дифференцировочный раздражитель. Вызванное им торможение будет препятствовать возникновению здесь возбуждения и осуществлению условного рефлекса.

О подвижности нервных процессов судят по тому, через сколько времени после действия раздражителя, вызывающего возбуждение, оно может смениться торможением и насколько полно тормозной процесс подавляет возбуждение. Аналогичным образом показателем подвижности нервных процессов может служить время, которое требуется, чтобы тормозной процесс мог смениться возбуждением, и насколько полной бывает эта смена. Если обычная величина пищевого условного рефлекса на метроном-120, о которой судят по количеству выделившейся у собаки слюны, составляет 12 капель, а через 1 мин после окончания действия условного тормоза метронома-60 он вызывает выделение всего 10 капель слюны, ясно, что возбудительный процесс не смог полностью устранить торможение. Чем быстрее и полнее один нервный процесс сменяет другой, тем подвижнее нервные процессы.

Описанные здесь приемы изучения свойств нервных процессов не единственные и даже не основные. В лабораториях И. П. Павлова были разработаны стандартные наборы проб: одни для предварительной, ориентировочной оценки, другие для более полного суждения о свойствах нервной системы подопытного животного. Выполнение всей программы необходимых испытаний требовало не менее года. В настоящее время даже выполнение полного набора проб не считается достаточным для безапелляционных заключений, так как выяснилось, что свойства нервных процессов, протекающих в различных мозговых структурах, могут иметь существенные различия.

Изучение свойств нервных процессов позволило установить, что у собак и человека четыре основных типа высшей нервной деятельности. Первый тип характеризуется сильными, уравновешенными и подвижными нервными процессами. Это, вероятно, наиболее выгодное для человека сочетание свойств нервных процессов. Аристотель называл таких людей сангвиниками. Это очень трудолюбивые, трудоспособные и инициативные люди,

умеющие проявить настойчивость в достижении намеченных целей. В труде они достигают высоких показателей, к тому же легко переключаются с одной работы на другую, без особого труда способны приспособиться к любым условиям, умеют сосредоточиться и работать весьма продуктивно в любой, самой неподходящей обстановке.

Сангвиники смелые и находчивые люди. Они способны не впадать в панику и не терять самообладания в самой критической, часто смертельно опасной ситуации. В общем создается впечатление, что сангвиники лучше других людей приспособлены ко все убыстряющимся темпам современной жизни.

Второй тип темперамента — флегматический. Он характеризуется сильными, уравновешенными, но мало-подвижными нервными процессами. Это тоже чрезвычайно работоспособные люди, когда речь идет о привычных, давно освоенных трудовых процессах. Флегматики умеют так увлечься работой, что отдают ей дни и ночи и часто испытывают неудовольствие, когда вынуждены прерывать свою деятельность для отдыха, тем более отвлекаться от нее по менее веским обстоятельствам. Однако, чтобы работать в полную силу, чтобы увлечься работой, им требуется известный период, иногда значительный, для вработывания или, как говорят, для раскочки.

Флегматики не любят менять ни места, ни характера работы и трудно переключаются с одного дела на другое. Ученый-флегматик посвящает всю жизнь раз выбранной теме и, если она окажется перспективной, добивается выдающихся успехов. Но если выясняется, что тема не сулит каких-нибудь значительных открытий, переключиться на другую он не в состоянии. Вообще приспосабливаться к новой обстановке, к новой, ставшей модной одежде, просто к новым вещам ему трудно. Такие люди малообщительны, с трудом заводят новых друзей. Они не обидчивы. Поссориться с ними трудно, но уж если ссора произошла, добиться примирения тоже нелегко.

Все виды временных связей, в том числе условные рефлексы, вырабатывающиеся у флегматиков, бывают чрезвычайно прочными. Это заставляет их строго придерживаться сложившегося жизненного уклада. Оказавшись в новой, непривычной обстановке, они в течение долгого времени сохраняют ранее сложившийся тип поведения. Эту черту характера флегматиков красочно изобразил в рассказе «Унтер Пришибеев» А. П. Чехов.

Его герой — яркий пример чрезвычайно инертной нервной системы. Выйдя в отставку, он никак не может отказаться от давно укоренившейся манеры «наводить всюду порядок». Даже находясь под арестом, «...увидев мужиков, которые толпятся и говорят о чем-то, он по привычке, с которой уже совладать не может, вытягивает руки по швам и кричит хриплым, сердитым голосом: «Народ, расходишь! Не толпись! По домам!»

Следующий тип темперамента — холерический. Он характеризуется сильными, но неуравновешенными нервными процессами. Встречается только один вариант неуравновешенности, когда возбуждение значительно преобладает над торможением. Существенного преобладания торможения быть не может. Такое сочетание свойств нервных процессов мешало бы проявлению любой деятельности, и организм оказался бы совершенно нежизнеспособным.

Для холерика нестерпимо любое ожидание. Для него неприятно время, проведенное на автобусной остановке. Ему трудно стоять спокойно. Он суетится, постоянно заглядывает вперед, чтобы выяснить, не показался ли ожидаемый автобус, и, измучившись даже недолгим ожиданием, идет торопливо к следующей остановке, а по дороге его, естественно, обгоняет долгожданный автобус. На очередной остановке все повторяется, в результате холерик так нередко и приходит домой пешком.

Торопливость, суетливость — характерные черты холерика. Затеяв с кем-нибудь спор, он горячится, перебивает собеседника и совершенно не способен прислушаться к его аргументации. Повышенная общительность — одно из свойств характера холерика. Если сосед по электричке обратился к вам еще раньше, чем вы заняли свободное место, да к тому же затронул вопрос, совершенно не относящийся к предстоящей поездке, — он наверняка холерик. Мировая литература богата описаниями подобных людей.

Портрет человека с неудержимым темпераментом талантливо изобразил Н. В. Гоголь в романе «Мертвые души». Это Ноздрев! Вот как характеризует подобных людей сам Гоголь. «Они скоро знакомятся, и не успеешь оглянуться, как уже говорят тебе «ты». Дружбу заведут, кажется, навек; но всегда почти так случается, что подружившийся подерется с ними того же вечера на дружеской пирушке. Они всегда говоруны, кутилы, лиха-

чи...». Ноздрев дома «... больше дня никак не мог усидеть. Чуткий нос его слышал за несколько десятков верст, где была ярмарка со всякими съездами и балами; он уж в одно мгновение ока был там, спорил и заводил сумятицу...». Встретившись, «в ту же минуту он предлагал вам ехать куда угодно, хоть на край света, войти в какое хотите предприятие, менять все что ни есть на все что хотите. Ружье, собака, лошадь — все было предметом мены, но вовсе не с тем, чтобы выиграть; это происходило просто от какой-то неутомимой юркости и бойкости характера». Вспомните, как Ноздрев продавал Чичикову мертвые души, как предлагал различные варианты обмена, игры в карты и шашки, при этом ссорился и оскорблял его.

Другой пример безудержного типа — Чертопханов из рассказа И. С. Тургенева «Чертопханов и Недопюскин». Вот всего несколько слов, вполне достаточных для передачи его характера: «...горячка он был страшная и со второго слова предлагал резаться на ножах. От малейшего возражения глаза Чертопханова разбегались, голос прерывался ...«А ва-ва-ва-ва-ва, — лепетал он, — пропадай моя голова!» «...и хоть на стену!»

Последний из темпераментов — меланхолический. Для этого типа характерна слабость нервных процессов, главным образом возбуждательного. Таким людям бывает трудно справляться с самой простой и легкой работой. Они неинициативны, легко утомляются, ни за какое новое дело первыми никогда не берутся и страшно боятся любых трудностей, часто просто надуманных, и не пытаются их преодолеть. Любое новое дело, любая дополнительная нагрузка меланхоликов пугает. Им трудно делать выбор, принять даже пустяковое решение. Любая перемена обстановки их пугает. Подавленность, угнетенное состояние типично для меланхоликов. Они всегда чем-то недовольны, трусливы, при любой опасности теряются. Такие люди всегда ищут сочувствия и покровительства, любят жаловаться на свою судьбу.

Типичным меланхоликом является Беликов, герой рассказа А. П. Чехова «Человек в футляре». Вся жизнь его переполнена тревогой: «как бы чего не вышло». Помните, «он носил темные очки, фуфайку, уши закладывал ватой, и когда садился на извозчика, то приказывал поднимать верх. Одним словом, у этого человека наблюдалось постоянное и непреодолимое стремление окружить себя

оболочкой, создать себе, так сказать, футляр, который уединил бы его, защитил бы от внешних влияний. Действительность раздражала его, пугала, держала в постоянной тревоге...».

Свойства нервных процессов врожденные, однако тренировка способна улучшить их, сделать более сильными, более уравновешенными и подвижными.

ХУДОЖНИК И МЫСЛИТЕЛЬ

Темпераменты или, точнее, типы высшей нервной деятельности у человека и животных общие. Конечно, описанные выше четыре типа в чистом виде встречаются чрезвычайно редко. Гораздо чаще приходится сталкиваться с различными видами промежуточных вариантов. Подавляющее большинство окружающих нас людей, и в том числе мы сами, обычно являемся примерами промежуточных темпераментов.

Кроме этих четырех, общих у нас с животными типов высшей нервной деятельности, имеется еще два чисто человеческих. В чистом виде эти типы также встречаются редко. Большинство людей относятся к промежуточному типу. Они носят название мыслительного и художественного типов. Принадлежность человека к одному из них зависит от соотношения в деятельности мозга первой и второй сигнальных систем. Специально человеческие типы высшей нервной деятельности обнаружил И. П. Павлов. К художественному типу он относил людей, у которых ярко выражена деятельность первой сигнальной системы. Это отнюдь не означает какого-нибудь недостатка в деятельности второй сигнальной системы. У этих людей она развита не хуже, чем у представителей среднего типа. Все дело в усиленной деятельности первой сигнальной системы, в том значительном вкладе, который она вносит в общую мозговую деятельность человека.

Основная особенность людей, относящихся к художественному типу, — склонность к образно-эмоциональному мышлению. Это проявляется в необыкновенной остроте, яркости и полноте непосредственного восприятия действительности. Такая особенность восприятия помогает представителям этого типа весьма полно, красочно и эмоционально воспроизводить действительность в художественных образах: в музыке, живописи, литературе, в театральной деятельности.

Насколько остро и полно бывает восприятие у людей художественного типа, попробую объяснить на примере из собственной жизни. Одному молодому, очень талантливому художнику срочно потребовалось разыскать в дачном поселке дом моего друга. Мне часто приходилось бывать там, я прекрасно знал дорогу от станции, но точный адрес, к сожалению, забыл. Пришлось ограничиться тем, что рассказать художнику, как туда добраться, но и это мне оказалось не под силу. Отлично ориентируясь в поселке, я не сумел припомнить необходимого количества ориентиров, чтобы найти дачу друга стало нетрудно.

К вечеру художник вернулся. Пользуясь моими расплывчатыми указаниями, он нашел какой-то запертый дом и, несколько часов прождав на крыльце, но так никого не дождавшись, вернулся в город. Теперь ему хотелось убедиться, что он не ошибся домом. Ах, как это оказалось сложно! Художник перечислял массу примет, рассказывая, какой дорогой он шел, а я ничего похожего вспомнить не мог. Наконец, измучившись, он взял лист бумаги и быстренько нарисовал двухэтажный домик с пристройками, с кустами и деревьями на заднем плане. Как я ни всматривался в рисунок, дом казался мне совершенно незнакомым. Ничего не оставалось, как вызвать такси и самому свезти настойчивого визитера к моему другу. Каково же было мое удивление, когда выяснилось, что дача и дом на рисунке как две капли воды похожи друг на друга. Художник не забыл изобразить даже трещину стекла в окне второго этажа. Удивительно, регулярно посещая этот загородный дом, я ничего подобного не заметил и не запомнил, а он, побывав здесь всего один раз, сумел по памяти изобразить его с фотографической точностью!

Яркость восприятия и способность так же ярко воспроизводить действительность помогают людям художественного типа высшей нервной деятельности становиться талантливыми артистами, живописцами, музыкантами, писателями. Это не значит, что каждый молодой человек, являющийся представителем художественного типа, обязательно впоследствии проявит себя в искусстве. Для этого необходимо, чтобы и вторая сигнальная система была у него достаточно хорошо развита. Иначе он, как плохой фотограф, будет просто копировать действительность, не внося туда ни своего ума, ни своих чувств. Зато каждый крупный представи-

тель искусства обязательно имеет художественный тип высшей нервной деятельности.

Для людей мыслительного типа характерно усиление работы второй сигнальной системы, склонность к отвлеченно-словесному, абстрактному мышлению. Способность к глубокому словесно-логическому способу анализа действительности дает возможность теоретического предвидения дальнейшего хода событий, глубокого проникновения в суть изучаемых проблем и явлений, что является наиболее обычной чертой ученых, людей резко выраженного мыслительно типа.

Безусловно, чтобы стать выдающимся ученым, одного высокого развития второй сигнальной системы недостаточно. Совершенно необходимо значительное развитие первой сигнальной системы и всеобъемлющее взаимодействие обеих систем. В связи с этим И. П. Павлов напоминал, что вторая сигнальная система имеет значение только благодаря первой. А если они между собой плохо связаны, то человек теряет способность верного отражения действительности, становится болтуном и пустословом.

Пример такого пустомели, чья вторая сигнальная система плохо взаимодействует с первой, привел в «Мертвых душах» Н. В. Гоголь. Это Кифа Мокиевич. Его мысли были заняты постоянным умозрительным философствованием. Он постоянно рассуждал: «Вот, например, зверь, — говорил он, ходя по комнате, — зверь родится нагишом. Почему же именно нагишом? Почему не так, как птица, почему не вылупливается из яйца? Как, право, того: совсем не поймешь натуры, как побольше в нее углубишься!» Кифа Мокиевич ежедневно занимался подобной словесной эквилибристикой и постоянный пессимистический результат этой деятельности не мешал ему вновь и вновь возвращаться все к тем же неразрешимым для него вопросам.

Сам И. П. Павлов в качестве яркого представителя мыслительного типа называл немецкого философа-идеалиста Гегеля. Как и полагается истинному идеалисту, Гегель утверждал торжество мышления, а основой всего многообразия мира считал «абсолютную идею» и не признавал первенства материи. Гегелю как-то сказали, что его теория противоречит фактам, но это не обескуражило ученого. Он не мог допустить, что какие-то там факты, реальная действительность могут опровергнуть

выдвинутые им положения, и заявил: «Тем хуже для фактов».

Об огромной важности для ученого полноценного развития первой сигнальной системы и очень полного взаимодействия ее со второй сигнальной системой свидетельствуют биографии двух крупнейших ученых нашего века, физиков А. Эйнштейна и Н. Бора. У обоих будущих ученых развитие второй сигнальной системы шло почему-то медленно: в раннем детстве они с большим отставанием от средних норм усвоили устную, а затем и письменную речь. Физиологи предполагают, что благодаря этому у них значительное развитие получила первая сигнальная система. На эту уже достаточно зрелую систему, видимо, опиралось последующее развитие второй сигнальной системы, что было весьма благоприятно для установления между ними тесного взаимодействия и явилось предпосылкой для последующего становления этих людей как будущих ученых.

В чистом виде художественный и мыслительный типы встречаются редко. Подавляющее большинство людей относятся к промежуточному типу. Молодому человеку совершенно необходимо иметь отчетливое представление о типологических характеристиках своего мозга. Их необходимо учитывать при выборе профессии.

Развитие второй сигнальной системы происходит в индивидуальной жизни человека. Это дает основание предполагать, что становление чисто человеческих типов высшей нервной деятельности в значительно большей степени связано с воспитанием, чем с врожденными свойствами мозга. Это предъявляет особые требования к воспитателям. При этом нужно постоянно иметь в виду, что нет таких форм человеческой деятельности, которые не были бы теснейшим образом связаны с функциями второй сигнальной системы. Поэтому высокое развитие второй сигнальной системы совершенно необходимо для полноценной деятельности любого человека.

СФЕРА УСЛУГ

Первобытный человек обладал развитым мозгом, вот почему ему удавалось приспособиться к самым разным условиям жизни. Благодаря тому что первобытные люди научились изготавливать орудия и пользоваться ими, они вышли победителями в борьбе за существование с животными нашей планеты, в том числе со своими человекоподобными родственниками.

Немаловажное значение в этом процессе имело умение первобытных людей обзаводиться помощниками. Интересно, что самый ранний, самый первый друг человека — собака оказался универсальным помощником. Люди эксплуатировали и острые зубы собаки, и силу ее мышц, в том числе жевательных, обеспечивающих мертвую хватку челюстей, т.е. способность убивать добычу и наносить врагам смертельные раны, и ее прекрасное обоняние и чуткие уши, делающие собаку незаменимым помощником на охоте и превосходным сторожем. Но главное, что эксплуатировал человек, это ум собаки, ее природную сообразительность, податливость в обучении и преданность ставшей для нее родной человеческой стае. Вот каким удивительно многообразным был первый помощник человека.

Значение собаки в жизни первобытных людей трудно переоценить. Очень точно его охарактеризовал известный русский зоолог М. Богданов, сказав как-то, что именно собака вывела человека в люди. Больше подобных интеллектуальных помощников среди четвероногих обитателей планеты нам найти не удалось. Человеческий мозг, человеческий ум развивались значительно быстрее,

чем у любых животных, и скоро люди оставили животных далеко позади.

Весьма вероятно, что в этот ранний период истории человечества люди просто не испытывали потребности в интеллектуальных помощниках. Во всяком случае, в древние времена они обзаводились помощниками, которых использовали лишь для выполнения тяжелой физической работы или в качестве так необходимых в ту пору транспортных средств. Корова, которую человек ввел в свой дом раньше многих других сельскохозяйственных животных, использовалась в то время не в качестве удобного хранилища немалого запаса отличной парной говядины и отнюдь не как средство обеспечения молоком, а как отличная тягловая сила, позволявшая перевозить тяжести и пахать. Чтобы догадаться использовать корову подобным образом, древний человек должен был обладать незаурядным умом.

Все дальнейшее развитие человечества связано с непрерывным совершенствованием работы мозга, с развитием его интеллектуальных способностей. Были ли нужны такому умному существу, как человек, умные помощники? Безусловно, нужны! И человек, действительно, придумывал различные приспособления, облегчающие собственную умственную деятельность. Они появлялись всякий раз, когда жизнь ставила перед человеком очередные задачи.

Величайшим достижением древнего периода истории человечества явилось изобретение способа для сохранения и распространения информации — письменности. Нужно ли говорить, что значение этого изобретения настолько велико, что сравнить с ним пока нечего! Без него развитие науки просто немыслимо.

Числа, как особые абстрактные понятия, способность вести подсчет предметов, вошли в обиход человеческой жизни очень давно. Развитие хозяйственной деятельности, торговля резко подняли значение счетных операций в жизни человека. Но несовершенный ум с ними не справлялся. Потребовались приспособления, облегчающие счетные операции. Сначала люди пользовались своими пальцами и камешками, когда не хватало пальцев. И хотя этот период отстоит от нас более чем на 50 тыс. лет, память о нем сохранилась и поныне. Она зафиксирована латинским языком в слове *calculus*. Непосредственное его значение — камешек, переносное — исчисление,

счет. Большинство европейских языков используют этот корень в слове «калькуляция».

Позже люди придумали множество механических приспособлений, облегчающих счет. В их числе следует назвать абак¹ — одно из первых подобных устройств, широко использовавшееся еще у древних греков, — и русские счеты, изобретенные лишь в XVI веке. 400 лет спустя они были вытеснены более сложными механическими устройствами, позволяющими осуществлять основные арифметические действия. В наши дни арифмометры, в свою очередь, уступили место малой электронной технике.

XVIII — XIX века ознаменовались столь серьезными успехами в развитии науки и техники, что люди понемножку стали зазнаваться. Они не могли даже подумать, что когда-нибудь будут созданы помощники, которые окажутся способными выполнять интеллектуальные задания быстрее, надежнее, обстоятельнее, чем сами люди. И действительно, в этой области не появилось ничего, что шло бы в сравнение с машинами и механизмами, призванными облегчать физический труд. Лишь в последние десятилетия развитие электронной техники позволило создать вычислительные устройства, способные освободить человека от сложных и трудоемких расчетов и по скорости работы далеко его обогнавшие.

Математические расчеты еще в начале прошлого века стали неотъемлемой частью деятельности человечества. С каждым годом их приходилось производить все больше и больше. Часто эта работа требовала высокой квалификации исполнителей. Нередко соответствующего специалиста в нужный момент не оказывалось. Ученые давно догадались, что вместо того, чтобы всякий раз производить самостоятельно математические расчеты, гораздо удобнее пользоваться готовыми решениями. Специально создавались таблицы таких данных и издавались типографским способом в виде толстых томов. Наиболее широкое распространение получили арифметические, тригонометрические, логарифмические таблицы, таблицы процентов, астрономические и навигационные таблицы. С 1776 года в Великобритании ежегодно издается «Морской календарь» — свод астрономических, навигацион-

¹ Абак — приспособление в виде доски для осуществления арифметических вычислений, по принципу устройства близкое к счетам.

ных и логарифмических таблиц, крайне необходимых для мореплавания. Аналогичные календари издавались другими странами. Ими широко пользовались инженеры, архитекторы, банковские служащие, землемеры, моряки, астрономы, топографы.

Создание математических таблиц требовало участия в работе сотен вычислителей. Скудная, однообразная работа не может выполняться без многочисленных ошибок, а использование неверных цифр было чревато серьезными последствиями. Не удивительно, что с начала XIX века предпринимались неоднократные попытки механизировать счетные операции. Для этого создавались различные механические и электромеханические счетные машины, но только в 30-е годы нашего столетия они достигли необходимого совершенства и начали понемногу внедряться в «математическое» производство.

Однако использование этих машин продолжалось недолго. Они были сравнительно тихоходными, а главное, требовали постоянного участия в работе операторов. Объяснялось это тем, что их «программы» работы были слишком короткими. Закончив программу, машина не могла продолжить операции с полученным результатом. Для этого требовалось вмешательство человека, который должен был заново ввести исходные данные.

Развитие радиотехники надоумило ученых использовать радиолампы для создания новых счетных машин. Первая подобная машина предназначалась для составления таблиц стрельбы и бомбометания. На ее создание толкнула война. Машина начала проектироваться в США еще в 1943 году, и хотя ее конструировали и строили 10 инженеров, 200 техников и почти столько же рабочих, она вошла в строй лишь после окончания второй мировой войны.

Первая электронная счетная машина была огромным сооружением. Она состояла примерно из 20 тыс. электронных ламп и 1500 реле. Машина занимала большой зал и потребляла столько электроэнергии, что ее хватило бы для небольшого завода. Зато она была достаточно надежной, а главное — работала молниеносно. Умножала она всего за 0,0028 с, а складывала еще быстрее, всего за 0,0002 с! Машина обладала большой «памятью», задание ей давалось с помощью перфокарт. Хотя подготовка машины к работе занимала массу времени, ее использование все же было выгодно.

В нашей стране первая большая ЭВМ была создана в Москве в 1952 году (менее мощные машины создавались и раньше). Она называлась БЭСМ — быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР. Машина действительно была быстродействующей. Она работала в 20 раз быстрее американской. Вслед за ней появились и другие БЭСМы, «Стрелы», «Уралы»; «Киев», «Проминь» и «Мир» — на Украине; «Мински» — в Белоруссии; «Раздан» и «Наири» — в Армении.

В наши дни техника развивается впечатляющими темпами. За какие-то 40 лет вычислительные машины достигли удивительного совершенства. Не успели ученые насладиться работой на первых ламповых ЭВМ, как им на смену стали строить транзисторные. Транзистор — это электронный прибор, заменяющий радиолампу. Он по размеру значительно меньше самых миниатюрных электроламп, но работает значительно надежнее. Транзисторы позволили значительно уменьшить размеры ЭВМ и потребление ими электроэнергии, повысить их надежность и довести скорость работы до миллиона операций в секунду!

На этом прогресс в области вычислительной техники не остановился. Борьба шла за дальнейшую миниатюризацию ЭВМ. И не только для того, чтобы они не занимали много места. Хотя скорость распространения электромагнитных сигналов чудовищно велика, близка к скорости света, т.е. около $3 \cdot 10^{10}$ см/с, но при больших расстояниях между рабочими элементами ЭВМ скорость ее работы существенно снижается.

Конечно, совершенствовались и само устройство машин. Их, например, заставили выполнять одновременно две операции. Но главное, машины научились не только считать, но и выполнять другие интеллектуальные операции: играть в шашки или в шахматы, сочинять музыку или писать стихи, делать переводы с одного языка на другой. Понятно, что для таких устройств не подходит название «электронно-вычислительные машины». Сейчас у нас больше распространены слова «компьютер», или «процессор».

Игра в шахматы, естественно, не та проблема, ради осуществления которой стоило бы затрачивать значительные средства и прилагать большие усилия. Однако именно работа над такими механизмами позволила понять, как должны быть устроены умные машины,

способные имитировать работу мозга. Возник вопрос о конструировании электронного мозга, о возможности создания искусственного интеллекта.

В настоящее время в нашей стране и во всем мире функционирует огромное количество процессоров, работающих по самым разнообразным программам. В числе наиболее полезных оказались устройства, которые за особенность их использования получили название экспертных систем. Такой процессор хранит в своей памяти массу сведений по определенному разделу науки. Например, по строительству мостов и туннелей, холодной обработке металлов, по химии или медицине. Эти данные берут из учебников и руководств, у опытных специалистов и вкладывают в «память» машины. У современных процессоров огромная «память», и по мере работы они могут обогащаться новой информацией, в том числе накапливать собственный опыт. Только одна возможность пользоваться этой информацией представляет огромную ценность. Но машина не только склад информации. Она одновременно может использоваться и как консультационный пункт, так как способна систематизировать и анализировать, обобщать поступающую информацию, осуществлять более сложную ее обработку, делать определенные заключения по поставленным перед ней проблемам, выдавать рекомендации и даже объяснять, почему сделан данный вывод или предложен именно этот конкретный совет.

В самые ближайшие годы нужно ожидать появления недорогих универсальных и совсем миниатюрных процессоров, имеющих карманные размеры. Такими устройствами будут оснащены предприятия, учреждения, и они значительно упростят организацию трудовой деятельности. На заводах отпадет необходимость в мелочном контроле технологов за производственными процессами. Любой токарь в считанные секунды, заложив в цеховой процессор данные о марке обрабатываемого металла, размерах и других особенностях изготавливаемой детали, а также характеристики имеющегося в его распоряжении инструментария, получит рекомендацию о наиболее оптимальных условиях обработки детали.

Не исключено, что в поликлиниках первичное знакомство с больным будет проводить машина. Она задаст пациенту все необходимые вопросы и потребует точных и исчерпывающих ответов. Мгновенно обработав получен-

ную информацию, процессор направит больного к соответствующему специалисту, поставит предварительный диагноз и даст совет врачу, на что следует в первую очередь обратить внимание и какие необходимо провести анализы, чтобы можно было поставить окончательный диагноз. Если в результате медицинского обследования врач не сможет уверенно определить особенности болезни пациента, он снова сможет обратиться за помощью к машине. Вот как представляет себе такой диалог крупнейший советский специалист по «думающим» машинам профессор Д. А. Поспелов:

«Врач: — Мне необходима помощь. Нужно поставить диагноз пациенту по следующим симптомам...

Процессор: — Для уточнения ситуации мне необходимо знать следующие данные...

Врач: — Эти данные таковы...

Процессор: — Не наблюдается ли у больного...»

И так далее. Окончив обсуждение состояния больного, процессор выскажет врачу свое предположение о возможном диагнозе или наборе диагнозов, если имеющейся информации окажется недостаточно, и предложит план дальнейшего обследования и лечения пациента.

Как видите, в данном случае процессор ничего не подсчитывает. Он просто работает с информацией, но математических способностей не утратил. Если необходимо провести какие-либо расчеты, машина предложит свои услуги. Одной из частых и, к сожалению, опасных болезней является вирусный гепатит. При этой болезни вирус поражает печень. Чтобы лечение надежно вело больного к полному выздоровлению, врачу необходимо в каждый момент болезни точно знать, насколько у его пациентов повреждена печень. Определить это чрезвычайно трудно. Только самые лучшие специалисты, обладающие особой остротой профессионального зрения, способны с этой задачей справиться и сделать точную оценку. Пришлось привлечь к исследованию процессор. С помощью машины врачи-инфекционисты проанализировали значение сотни показателей состояния больного, отобрали из них пять, оказавшихся самыми важными, и создали математическую формулу, с помощью которой любой врач может определить тяжесть вирусного гепатита. Клинические процессоры будут это делать в считанные секунды!

Способность процессоров работать с информацией

даст возможность использовать их как организаторов производства, «назначать» диспетчерами на железной дороге или на воздушном транспорте. В романе американского писателя А. Хейли «Аэропорт» ярко описано, какую тяжелую, чудовищно напряженную работу осуществляют диспетчеры управления воздушным движением. А ведь процессор не утомляется, у него не рассеивается внимание, он не нуждается в перерывах для отдыха.

Еще один пример использования «памяти» процессоров, без эксплуатации их математических способностей, приведу из издательской деятельности. Электронное устройство, позволяющее вносить в рукописи редакционные поправки, называют «редактором текстов». С этой машиной работают следующим образом: сначала автор печатает на специальной машинке черновик статьи, рассказа, книги. Пишущая машинка посылает в «память» процессора электрические сигналы для каждой буквы и знака. «Редактор» позволяет менять местами отдельные главы или любые кусочки текста, находить любую главу или любую строку в ней, извлекать отдельные части текста и переносить на новое место, исправлять опечатки, одной командой заменять во всей рукописи одно слово на другое. При выполнении всех команд соответствующий текст появляется на экране компьютера. Когда после необходимого числа просмотров работа над рукописью будет окончена, подается специальная команда и текст перепечатывает особая пишущая машинка в необходимом количестве экземпляров.

Проблема создания электронных консультантов и различных интеллектуальных помощников оказалась более актуальной, чем создание роботов, выполняющих физическую работу. И она успешно продвигается вперед. Сейчас созданы и трудятся роботы самых различных специальностей и профессий. Вот некоторые из них. В Дальневосточном политехническом институте создан робот-рыболов, умеющий сортировать пойманную рыбу по породам и размеру. В Берлине роботы служат дегустаторами питьевой воды, регулярно сообщая в центральный диспетчерский пункт о ее качестве. В Болгарии существуют роботы-табачники, обладающие цветным «зрением». Они сортируют листья табака по сортам. Электронные помощники, способные взять на себя основную часть умственной и физической работы, попадают на каждом шагу. Как в известной восточной сказке, десять

мальчиков из-под лавки всегда готовы прийти нам на помощь.

Итак, человеческое общество вступило в новый период своего развития. Бурное развитие науки, техники и производства привело к катастрофическому увеличению потребности в умственном труде. Уже отчетливо ощущается, что человек не способен справиться с возросшей нагрузкой. Нам необходима помощь умных машин, и такие технические устройства уже имеются. И естественно, навыками обращения с ними уже сегодня должны овладеть как можно больше людей, а завтра уметь ими пользоваться обязаны будут все.

Когда-то давным-давно уметь читать и писать обладали лишь отдельные люди, а остальным эта способность казалась божественным таинственным даром. Но вот развитие общества и науки породило книгопечатание, и число грамотных стало неуклонно расти. А в наши дни любой пятилетний малыш легко овладевает этой премудростью. Книги никому больше не кажутся таинственными, а умение читать чем-то особенным. Напротив, в нашей стране всеобщей грамотности вызывает недоумение существование неграмотных людей, которых, к сожалению, еще достаточно много и в слаборазвитых странах, и даже в ведущих капиталистических державах, таких, как США и Великобритания.

В нашей стране грамотность давно стала жизненной необходимостью. Аналогичный процесс происходит сейчас с процессорами, только он развивается невиданно стремительными темпами. Уже сегодня умением обращаться с электронными устройствами, умением самостоятельно пользоваться их помощью обладают миллионы людей. Уже сегодня невозможно к каждому процессору приставить переводчика, который бы переводил ему наши вопросы и команды. Каждому из нас придется научиться общаться с процессором самостоятельно.

Правила работы с процессором относительно несложны, но их нужно знать и скрупулезно соблюдать. Иначе машина нас «не поймет». Вот два маленьких примера. Если, пользуясь услугами «редактора текстов», вы вдруг обнаружите, что забыли упомянуть важные обстоятельства и пожелаете тут же внести дополнения, мало дать указание машине поместить вставку после такого-то слова, находящегося на строчке № 21, нужно еще сообщить машине, где кончается вставка. Если этого не

сделать, все, что будет напечатано после команды «Сделать вставку», машина поместит после 21-й строки. Гораздо более неприятные последствия возникнут, если автору захочется убрать какой-то кусочек текста и, дав команду «Стереть с такого-то места», он забудет указать, где кончается удаляемая часть. В этом случае весь текст рукописи, начиная с указанного места, машина сотрет, и незадачливому сочинителю все придется начинать сначала.

Для общения с процессором нужно освоить машинный язык. Вероятно, настанет время, когда любой процессор будет способен понять указания, данные обычным человеческим языком, и даже не в письменном виде, а устно. Однако это будет еще не скоро, да и тогда нужно будет уметь составить для машины программу, а для этого нужно знать, как она работает, какие указания способна понять и какие распоряжения сумеет выполнить.

Человеческая речь весьма многообразна. Почти любая фраза неоднозначна и допускает несколько толкований. Представьте себе, что «редактору текстов», вместо распоряжения стереть такие-то 10 строчек, будет дана команда урезать рукопись на 10 строк, как принято говорить в разговорной речи. Что сделает машина? Она поймет распоряжение буквально и «отрежет» соответствующий текст в конце рукописи, даже не позаботившись о том, чтобы последнее предложение не было прервано на середине. Машина не поймет распоряжения «Разбить текст на главы». Слова «разбить» в лексиконе редактора нет. Но если даже его заменили и более адекватным «разделить», машине понадобится точное указание о том, как это сделать. Вот почему при работе на процессоре придется пользоваться специальными языками, очень точными и лаконичными, не допускающими ни малейших неоднозначностей.

Хотя правила управления процессором достаточно просты, ими необходимо овладеть в совершенстве. Вот почему в школах начато преподавание основ информатики и вычислительной техники, правил общения с процессорами. Когда сегодняшние школьники приобретут специальность и начнут трудовую деятельность, эти навыки будут им совершенно необходимы. Относиться к этому предмету нужно с самым глубоким уважением. Это то, что каждому обязательно понадобится в дальнейшей жизни. От умения пользоваться процессорами будут

зависеть ваши успехи на производстве. В самом ближайшем будущем навыки общения с процессорами станут таким же обычным явлением, как сегодня пользование электрическим утюгом, бритвой или чайником, как умение обращаться с газовой плитой и способность настроить телевизор.

Поразительные достижения в создании уникальных машин породили у некоторой части людей, особенно среди молодежи, представления о том, что теперь учиться ничему не надо, что умственный труд возьмут на себя умные машины. Это опасные иллюзии. Действительно, постепенно «думающие» машины будут приобретать в жизни людей все большее и большее значение, освобождая нас от самых различных видов трудоемкого и однообразного умственного труда.

Будущим поколениям придется не просто уметь пользоваться процессорами, но многому у них учиться. Однако, чтобы занимать в обществе достойное место, чтобы не утратить способность трудиться в системе поголовно автоматизированных производств, человек должен иметь образование на порядок более высокое, чем обслуживающие его машины. Так что объем знаний, которые молодой человек обязан будет приобрести в школе, ПТУ, техникуме или в вузе, не уменьшится, а постепенно будет возрастать. Наука в наши дни чуть ли не ежедневно одаривает нас новыми открытиями. Они обогащают, а иногда и видоизменяют наши представления об окружающем нас мире и о нас самих. Все увеличивающийся объем информации получит отражение в школьных и вузовских программах обучения, и знание основ важнейших наук будет обязательным для каждого гражданина коммунистического общества.

Часто задают вопросы, будет ли способен человеческий мозг справляться со все большим объемом информации, не исчерпали ли мы уже сейчас все мозговые резервы. Особенно волнует этот вопрос мам и пап сегодняшних школьников. Хочу заверить их, что наш мозг располагает весьма значительными резервами и тревога о том, что в его работе вот-вот могут начаться сбои, не состоятельна. В обозримом будущем ничего подобного не предвидится. А процессоры, освободив наш мозг от необходимости собирать и хранить массу второстепенной необязательной информации, разгрузят его кладовые и позволят более строго упорядочить отбор, хранение и использование

наиболее важных знаний. Кроме того, процессоры, освободив наш мозг от нудной, однообразной работы, создадут условия для его истинно творческой деятельности.

Недавно газеты сообщили, что в японских школах прокатилась волна забастовок. Учащиеся требовали, чтобы преподавание математики им заменили на обучение правилам работы на счетных машинах. Курс информатики и вычислительной техники вводится у нас в школе не для того, чтобы освободить детей от знания математики. Появление процессоров не отменяет необходимости быть всесторонне образованным человеком. И школьные бунты, подобные японским, это не просто недомыслие малолетних недорослей. Они провоцируются правящим там классом богатеев — хозяевами капиталистических стран, заинтересованных в том, чтобы дети рабочих и крестьян оставались невежественными, чтобы они находились от них не только в материальной зависимости, но попали бы и в интеллектуальную зависимость и без процессоров оставались бы беспомощными. А используя компьютерную технику, проще и надежнее внушать рабочим людям любые идеи, удобные и выгодные их хозяевам — владельцам фабрик, заводов, самых разнообразных производств.

Заканчивая разговор об умных машинах, стоит, пожалуй, рассказать о новой форме протеста против произвола предпринимателей. В газетах ФРГ, США и других развитых стран в последние годы все чаще мелькают сообщения о так называемых преступлениях программистов, работающих на крупных ЭВМ. Программисты, как и все трудящиеся западного мира, охвачены страхом, внушаемым безработицей. Каждый из них по произволу владельцев предприятий в любой момент может оказаться без работы. Программисты нашли средство против своего увольнения. Они закладывают в «память» обслуживаемых ими ЭВМ маленькую, трудно обнаруживаемую программу, согласно которой, если их фамилия окажется вычеркнута из списков на зарплату, машина должна стереть всю информацию, накопленную за многие годы своей эксплуатации, в том числе саму команду на ее уничтожение. После этого никаких улик не остается и доказать виновность в содеянном уволенного специалиста становится невозможным.

Итак, сначала человечество добилось того, что почти

вся тяжелая физическая работа выполняется теперь машинами. Сегодня стремительными темпами идет процесс передачи автоматам все более значительной доли информационной деятельности человека, его умственного труда. Вот почему умение работать с процессором становится второй грамотностью, и не обладать им — равносильно невежеству.

ОПАСНЕЕ КОБРЫ

В начале XVI века, вслед за Колумбом, открывшим новый континент, в Америку устремились испанские завоеватели. Беспредельно жадные и жестокие, располагавшие огнестрельным оружием, они удивительно быстро покорили крупнейшие индейские государства. Жажда наживы гнала завоевателей в глубь континента на поиски легендарного Эльдорадо — страны Золотого короля, о которой легенды утверждали, что там даже дороги мостили золотыми слитками.

Проникновению испанцев в глубь континента мешали непроходимые джунгли, бесконечные болота, страшная жара, тропические болезни и отравленные ядом стрелы, которыми индейцы осыпали непрошенных гостей.

Для испанцев индейские стрелы оказались новым, невиданным оружием. В Европе еще не забыли те времена, когда лук и стрелы являлись обычным вооружением воина, но они были не такими, как у индейцев. Европейцы пользовались тяжелыми стрелами с острыми металлическими наконечниками, способными пробить кольчугу и нанести глубокие, смертельные раны. Оружие индейцев было более легким. Не было нужды, чтобы стрелы обладали значительной ударной силой. Даже при неглубокой ране яд, находившийся на кончике острого наконечника, попадал в кровь и вызывал гибель раненого.

Для своих стрел индейцы использовали растительные и животные яды. Наибольшее распространение получил яд кураре, добываемый из некоторых растений, и выделения кожных железок ряда видов тропических древесных лягушек. Этими ядами и сейчас пользуются охотничьи племена, живущие в пока еще не тронутых уголках джунглей.

Вряд ли в те далекие времена кто-нибудь серьезно задумывался над тем, что такое яды, как они действуют и почему являются ядами. Разгадать секрет кураре, одного

из самых опасных веществ, удалось французскому физиологу Клоду Бернару. В его время было известно, что у отравленных этим ядом животных очень быстро, за считанные минуты развивается паралич мышц головы, шеи и конечностей. Когда паралич захватывает дыхательные мышцы, обмен газов в легких прекращается и животное погибает от удушья.

Наблюдая за отравленными животными, Клод Бернар обнаружил удивительное явление. Оказалось, что их нервы продолжали проводить нервные импульсы, а мышцы при раздражении электрическим током продолжали сокращаться, только возбуждение с нерва почему-то не переходило на мышцу. Теперь мы знаем, что аналогичные явления происходят и в мозгу: многие яды блокируют возможность перехода возбуждения с одной нервной клетки на другую. В результате целые отделы мозга перестают работать, и это для организма не менее ужасно, чем паралич дыхательной мускулатуры.

Чаще всего встречаются яды, которые действуют на кровь, разрушая эритроциты, и нервно-паралитические, нарушающие работу клеток мозга. Для жизни опасны и те и другие, но нервные яды, несомненно, более коварны. Одни из них действуют быстро и настолько серьезно повреждают нервные клетки, полностью выводя их из строя, что восстановление их уже невозможно. Другие яды еще опаснее. Они не убивают сразу, не прекращают полностью деятельность нервных клеток, но так ее изменяют, что мозг перестает нормально работать. Развивается психическая неполноценность, и человек частично или полностью утрачивает свой интеллект. Давайте сравним действие некоторых нейротропных ядов, т.е. действующих на нервную систему, и сами решим, которые из них страшнее.

В работе мозга наиболее уязвимым звеном оказалась передача нервного импульса с одной нервной клетки на другую. Это чаще всего и нарушается под действием ядов, но механизм этих нарушений может быть различным. В одних случаях молекулы ядовитого вещества имеют внешнее сходство с молекулами медиатора. Благодаря этому они, попав в скважину замка на воротах мембраны нейрона, там прочно застревают, не позволяя попасть туда ключам — молекулам медиатора. Именно так действует кураре американских индейцев. Замок, замочная скважина которого забита молекулой яда, отпереть

невозможно. Когда на мембране нейрона будет испорчено много запоров и значительная часть дверей окажется наглухо запертыми, нейрон теряет способность возбуждаться, т.е. получать команды от других нейронов и передавать их дальше. В результате выхода из строя нейронов нарушаются важнейшие функции организма, в том числе и жизненно важные, в первую очередь дыхание, и отравленное животное гибнет.

Курареподобным, но более сильным действием обладают яды многих животных. Обитатели тропиков крайты относятся к числу особенно опасных змей. Яд формозского крайта так прочно соединяется с белковой молекулой, образующей замок на дверях нейрона, что разделить их почти невозможно. На возникшее соединение не действуют ни кислоты, ни щелочи, способные растворять оболочки нервных клеток. Белки мозга отравленного животного, опущенного в подобный раствор, полностью разрушаются, кроме крошечных кусочков мембран с прилипшими к ним молекулами яда. Он предохраняет эти кусочки от растворения.

Пример с крайтом объясняет, почему медикам до сих пор не удалось создать лекарств, спасающих от действия яда. Если в мозговой кашеце, находящейся в колбе, химик не может отделить молекулы яда от белковых молекул замков, то мало надежды сделать это в живом мозге. Вот почему при укусе ядовитых животных так важно как можно скорее ввести в организм лечебную сыворотку, которая разрушит, инактивирует яд, пока он еще не успел попасть в мозг и вызвать там необратимые процессы.

Действие многих биологических ядов основывается на том же принципе. Яд морских моллюсков и рыб содержит такие вещества, как сенециоилхолин, уроканоилхолин и другие холины, обладающие курареподобным действием. Укус или укол шипами этих животных так же опасен, как отравленные стрелы американских индейцев.

В нашей стране опасные змеи встречаются только в южных республиках. Зато с пищевым отравлением может столкнуться каждый. Опасным для жизни является так называемый колбасный яд. Он вырабатывается бациллой ботулинус, когда она поселяется на продуктах питания. «Ботулу» в переводе с латыни и значит «колбаса».

Ботулиновый токсин — страшный яд. В 1 мг вещества 100 млн. мышинных смертельных доз! Попад в организм животных и человека, яд оседает в синапсах и препятству-

ет выделению в синаптическую щель одного из самых распространенных медиаторов — ацетилхолина. Из-за этого синапс на 1 — 2 недели выходит из строя. Ацетилхолин широко используется ганглиями вегетативной нервной системы, обслуживающими жизненно важные функции организма. Если повреждено много синапсов, наступает смерть.

Иной характер имеет действие яда у змей, обитающих в южных районах Азии, на острове Шри-Ланка, и у австралийской великолепной денисонии. Действие ядов этих змей объясняется содержанием в них антихолинэстеразных веществ, разрушающих ацетилхолин. Достаточно 1 г сухого яда, чтобы за 1 ч уничтожить около 0,5 кг ацетилхолина. Такого количества медиатора, вероятно, не найдется в организме даже самого крупного кита. Оставшись без ключей, отпирающих замки мембранных ворот, нервная система утрачивает работоспособность и перестает руководить работой мышц. Функции организма постепенно угасают, нарушается сознание, из-за паралича мышц прекращается дыхание и наступает смерть.

Нужно сказать, что люди издавна интересовались ядами. Они интуитивно догадывались, что ядовитые вещества при определенных условиях способны приносить пользу и могут применяться в качестве лекарств. И действительно, еще с древних времен одни яды использовались для защиты от врагов, другие — для защиты от болезней.

Одно из частых и наиболее неприятных явлений — болевые ощущения, возникающие при многих заболеваниях. Иногда боль может быть просто нестерпимой, особенно при операциях, а производить их пытались даже первобытные люди. Теперь мы знаем, что боль может привести человека к гибели. Травматический шок — особое состояние организма, вызванное болью от полученных травм, — нередко бывает опаснее для жизни, чем вызвавшие его раны.

В наши дни врачи отлично умеют обезболить отдельные части тела, но сложные операции предпочитают производить под общим наркозом, погружая человека в особое наркотическое состояние. При наркозе у человека выключается сознание, полностью подавлены все психические процессы, а также способность ощущать боль. Вещества, способные вызывать общий наркотический эффект, были известны еще медикам древности, но

местное медикаментозное обезболивание не было им доступно. Еще не был изобретен шприц, люди не умели делать полые шприцовые иглы и не могли вводить обезболивающие вещества непосредственно в ткани тела.

Наркотики — это вещества, вызывающие общий паралич деятельности любых клеток тела: нервных, мышечных, железистых. При этом они не вступают в химическое соединение с органическими веществами тканей организма, а действуют на них физическим способом (например, изменяя форму их молекул). Вот почему сила действия наркотика прямо пропорциональна его количеству, всосавшемуся в кровь.

Из наркотиков, известных еще в древности, важное значение имели алкоголь и опиум. Это яды растительного происхождения. Алкоголь получали путем сбраживания крахмала или сахаров, а опиум добывали из некоторых видов маков, произрастающих в странах с теплым климатом. Широкое распространение и употребление этих веществ объясняется тем, что их производство не связано с большими сложностями. Правда алкоголь из-за его малой эффективности давно уже не употребляют в качестве обезболивающего средства. Зато опиум, его производные и близкие к нему по химическому составу вещества заняли прочное место среди важнейших медикаментозных обезболивающих средств.

Алкоголь, опиум, морфий относятся к нервным ядам, угнетающим психическую деятельность. Как и все яды, они опасны в любых дозах, в том числе и в самых малых. Врачи давно осознали страшный вред наркотиков. Не случайно опиум и морфий во всем мире давно запрещены к открытой продаже. К сожалению, к тому времени, когда о вреде алкоголя стали задумываться всерьез, в мире уже существовала огромная винодельческая промышленность. Ее не так легко ликвидировать. А главное, употребление алкоголя, как и курение табака, стало для человечества привычным. Винопромышленники для этого хорошо поработали, придав своим товарам привлекательный вид, приятный аромат и вкус. Вот почему правительствам капиталистических стран редко удавалось добиться запрещения производства и продажи алкогольных напитков. Но даже когда такие законы вступали в силу, они не давали ожидаемого эффекта. Приготовить содержащие алкоголь напитки можно и в домашних условиях. Запретить подобную самодеятельность и про-

следить за ее строжайшим выполнением чрезвычайно трудно. Запрет на продажу вина обычно сопровождается бурным ростом его кустарного производства. А алкогольные напитки, изготовленные дома и не прошедшие надлежащей очистки, кроме самого алкоголя, содержат много других чрезвычайно опасных веществ, и их систематическое потребление быстро вызывает столь страшные последствия, что во многих государствах, в том числе и в нашей стране, отказались от всеобъемлющих запретов.

В действии каждого наркотического вещества есть свои, только ему присущие особенности. Общее — это действие на нервные клетки головного мозга, нарушение их деятельности, приводящее к расстройству психических процессов. Если опиум уже в малых дозах снимает или хотя бы заметно ослабляет болевые явления, то алкоголь действует на болевые ощущения только на фоне глубоких нарушений психики.

Первые капли алкоголя, попавшие в организм, сразу же приводят к ухудшению качества психических процессов. В первую очередь снижается острота восприятия, нарушается внимание, ухудшается качество переработки информации, принимаемые человеком решения оказываются не самыми лучшими. Страшный трагизм положения заключается в том, что уже при малых дозах алкоголя, когда еще и не скажешь, что человек слегка опьянел, он уже не способен осознать снижения качества своих психических процессов. Нарушение психики в первую очередь приводит к расстройству самоконтроля, а это является причиной большинства бед, связанных с употреблением алкоголя. Человек, находящийся под действием алкоголя, не осознает ни самых мелких и незначительных, ни самых глубоких нарушений собственных психических процессов. На то алкоголь и наркотическое вещество, что нарушает все виды психической деятельности.

К сожалению, восприятие человека под действием малых доз алкоголя изменяется таким образом, что он часто испытывает подъем и улучшение настроения. Механизм изменения настроения прост. Из-за нарушения восприятия не так отчетливо ощущается усталость. Опьяневший мозг не способен как обычно работать над проблемами, которые человека волновали утром на работе, над теми, что беспокоили его еще вчера и тем более месяц назад. Он с трудом справляется с задачами,

которые возникают в настоящую минуту и требуют срочного решения. Круг проблем, над которыми способен трудиться мозг, резко суживается, а человеку кажется, что наступило блаженное состояние и его покинули все заботы.

Под влиянием даже малых доз наркотика расстраивается координация движений. При выполнении привычных автоматизированных действий, при ходьбе, при пользовании ложкой и вилок это может быть незаметно. Но попросите выпившего человека вдеть нитку в иголку или выполнить тушью несложный чертеж. Сразу станет видно, с каким трудом дается человеку такая работа.

При более значительных дозах наркотических веществ координация движений нарушается серьезнее. У человека все валится из рук, при ходьбе его сильно покачивает или он совершенно не может идти.

Нарушение координации движений связано не с ухудшением работы мышц, хотя и они подвержены действию алкоголя. Оно возникает потому, что нервные клетки мозга не справляются со своей работой. Фигурально выражаясь, их начинает покачивать или они полностью прекращают свою работу, вот почему расстраиваются все психические процессы.

Наркотики — коварные яды. Даже после их однократного приема нормальная деятельность нервных клеток восстанавливается очень нескоро. А при систематических приемах наркотиков в организме накапливается много вредных и опасных веществ. Они приводят к атрофии и гибели нервных клеток головного мозга, в первую очередь нейронов коры, и восстановление ее функций в полном объеме оказывается уже невозможным.

Однако даже повреждение нервных клеток еще не самое страшное в действии наркотических веществ. Наиболее неприятные последствия употребления наркотиков заключаются в том, что к ним очень скоро наступает привыкание. Людям, систематически употребляющим алкоголь или другие наркотики, кажется, что они в любой момент могут от них отказаться. Это самообман! Сказывается резкое снижение психических способностей. Человек похож на трехлетнего малыша, обещающего маме больше не шалить и уже через несколько минут устраивающего какие-нибудь проказы.

В действительности дело обстоит несравненно серьезнее. Привыкание к наркотикам — это не обычная вредная

привычка, вроде страсти грызть ногти. Даже от нее отучить детей бывает очень трудно. В случае употребления наркотиков клетки мозга, другие ткани организма привыкают к их постоянному присутствию, приспосабливаются к этому и вырабатывают ферментативные системы для их разрушения. Если вдруг кровь и другие ткани организма освобождаются от наркотиков, вещества, предназначенные для борьбы с ними, оказываются без дела, накапливаются и сами наносят вред организму. Вот почему на определенных стадиях привыкания к наркотикам внезапное прекращение их поступления в организм вызывает тяжелое расстройство физиологических функций, иногда способное привести человека к гибели.

Прервать это тяжелое, трудно переносимое состояние проще всего введением новой порции наркотика. Обычно наркоманы именно так и поступают. Таким образом, уверенность человека, что он в любой момент сумеет прекратить употребление наркотиков ни на чем не основана. Субъект с нарушенной психикой уже не имеет силы воли, чтобы избавиться от нехорошей привычки, а если дело дошло до глубокого привыкания, тогда для этого вообще необходимо вмешательство врача, без которого возвращение пациента к нормальной жизни становится невозможным.

Наркотики опаснее и коварнее яда кобры, крайта, памы (ленточного крайта), опаснее кураре — стрельного яда американских индейцев. Действуя на организм малыми дозами этих ядов, как поступают ловцы и «заклинатели» змей, можно выработать к ним иммунитет. Тогда укус змеи уже не опасен. Попадающие в кровь молекулы яда будут тут же уничтожаться специально предназначенными для этого белковыми молекулами и добраться до клеток мозга не смогут. Кстати, так же действуют лечебные сыворотки. У животных — лошадей, баранов или кроликов — вырабатывают иммунитет к определенным ядам, а затем из их крови готовят лечебные сыворотки. Чем раньше удастся ввести в организм такую сыворотку, тем меньше молекул яда успеет добраться до нервных клеток и поразить их.

Совсем другое дело наркотики. К ним не вырабатывается иммунитет, а возникает привыкание, потребность в систематическом ежедневном поступлении новых порций наркотических веществ. Даже малые дозы алкоголя и других наркотиков исподволь подтачивают, разрушают

организм, в первую очередь мозг, и делают это совершенно незаметно для употребляющего эти яды человека. И чем больше и глубже разрушается мозг человека, тем меньше он способен оценить свое состояние, степень своей деградации. Чтобы сохранить здоровье, создать наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности организма, обеспечить себе здоровье и долгую жизнь, нельзя употреблять никаких ядовитых веществ, будь то никотин, выделяющийся при курении табака, алкоголь или другие наркотики.

Употреблять алкоголь и любые другие наркотики — это значит уничтожать собственными руками свой разум, высший дар природы — человеческий интеллект. И тем не менее в мире существует огромная категория людей, систематически употребляющих алкогольные напитки. Естествен вопрос: почему это происходит? Особенно значительные масштабы злоупотребление спиртными напитками приобрело в капиталистическом обществе. Причину возникновения этого порока понять нетрудно. Вот как ее объясняет Ф. Энгельс: «Рабочий приходит с работы домой усталый и измученный; он попадает в неуютное, сырое, неприветливое и грязное жилище; ему настоятельно необходимо развлечься, ему нужно *что-нибудь*, ради чего стоило бы работать, что смягчало бы для него перспективу завтрашнего тяжелого дня... Тело его, ослабленное плохим воздухом и дурной пищей, настоятельно требует какого-нибудь стимула извне... Но помимо этих скорее физических причин, толкающих рабочего к пьянству, оказывают свое действие и сотни других обстоятельств: пример большинства, недостаточное воспитание, невозможность оградить молодых людей от искушения, во многих случаях прямое влияние пьяниц-родителей, которые сами угощают детей вином, уверенность, что под влиянием спиртных паров забудешь хоть на несколько часов нужду и гнет жизни...»

В капиталистическом обществе злоупотребление алкоголем отнюдь не ограничено малоимущими слоями населения. Духовное убожество, отсутствие достойных целей жизни, страх перед безработицей, перед завтрашним днем толкает и вполне обеспеченных людей искать забвения с помощью спиртных напитков. Правящие классы капиталистических стран это вполне устраивает. Пьяный человек не способен задуматься над социальными проблемами, он уже не борец за справедливость, за

революционные прогрессивные изменения существующего строя. Поэтому власть имущие всячески пропагандируют и сами спиртные напитки, и их употребление. На Западе практически не встречается романов, кинофильмов, театральных и телевизионных постановок, в которых бы отсутствовали сцены винопития, а сами спиртные напитки рекламируются всеми доступными способами. Этим как бы подчеркивается, что алкоголь является неременным атрибутом современной жизни. Стоит ли удивляться, что значительная часть молодежи охотно подражает телевизионным эталонам «красивой» жизни.

Аналогичная пропаганда спиртного существовала и в царской России. Она усугублялась тем обстоятельством, что весь доход от продажи водки и других крепких напитков шел в казну российских императоров. Скрытые причины поощрения широких масштабов продажи и употребления спиртных напитков недвусмысленно объяснила еще Екатерина II. В кругу своих приближенных она любила говорить, что пьяным народом управлять проще. Это прекрасно понимал Гитлер, отводя алкоголю важнейшую роль в окончательном покорении народов, которые он рассчитывал поработить.

Великая Октябрьская социалистическая революция вместе с многочисленными институтами угнетения народов России уничтожила и социальные причины пьянства. Употребление спиртных напитков и тем более злоупотребление ими — это социальное зло, доставшееся нам в наследство от капитализма. Среди некоторой части молодежи оно подогревается все той же зарубежной пропагандой: фильмами, книгами, журналами. Нужно помнить, что вред, приносимый спиртными напитками как отдельной человеческой личности, так и всему народу, ни с чем не сравним по своим опаснейшим последствиям. В первом в мире социалистическом государстве пьянству не должно быть места.

Опасен своим токсическим действием и быстрым развитием привыкания к нему еще один распространенный яд — никотин. Как известно, это вещество содержится в табаке и во время курения попадает в дыхательные пути человека. Через кожу и тем более через слизистую оболочку никотин мгновенно всасывается в кровь и быстро разносится по всему организму.

Как и все яды, никотин повреждает многие органы и ткани, в первую очередь действует на замки мембранных

дверей, обычно отпираемые молекулами ацетилхолина. А подобные двери имеются не только у нейронов, но и на фасадах других клеток организма. Пока содержание никотина в крови еще незначительно, молекулы ядовитого вещества оседают на стенках нейронов вегетативной нервной системы, а также на мембранных дверях секреторных клеток надпочечников — важнейших органов внутренней секреции организма.

Молекула никотина по своей форме мало напоминает молекулу ацетилхолина. Она действует скорее как отмычка, а не как ключ, но тем не менее способна добраться до двери, отпереть ее, а главное, надолго застрять в замочной скважине. Благодаря тому что у нейронов вегетативных ганглиев оказываются приоткрыты двери, они возбуждаются, а секреторные клетки надпочечников усиливают действие яда, выбрасывая в кровь гормон адреналин, мобилизующий работу многих органов человеческого тела.

Возбуждающий эффект никотина невелик и весьма кратковременен, ведь это не ключ, а не слишком добротная отмычка. Псевдоключи застревают в замочных скважинах, и теперь эти двери ни открыть, ни закрыть. Понемножку один за другим нейроны и секреторные клетки выходят из строя, и чем больше в крови никотина, чем больше нервных клеток прекращают работу, тем отчетливее ощущается угнетение нервной системы, в том числе и головного мозга. При более значительных дозах никотин добирается и до него. Вот ради этого и курят, чтобы на одно мгновение просветлело в мозгу или чтобы успокоиться, затормозиться и не ощущать особых волнений. Курящие — люди с постоянно приторможенным, следовательно, неполноценным мозгом.

Курение табака сказывается на функциях многих органов человеческого тела, в первую очередь на сердечно-сосудистой системе, приводя к развитию гипертонии и других серьезных болезней. Из самых тяжелых заболеваний, возникающих от курения, следует назвать рак легких. Достоверно известно, что этот страшный недуг курящих людей поражает в несколько раз чаще, чем тех, кто к табаку не притрагивается.

Особый вред курения заключается в том, что курящие подвергают опасности не только себя, но и окружающих их людей. В сигаретном дыме, распространяющемся в помещении, много вредных для организма веществ.

Некурящие люди, находясь в комнате, где курят, принудительно получают добрую порцию яда и подвергают себя опасности заболевания. Никотин особенно опасен для детей. Их нужно тщательно оберегать от табачного дыма. Еще опаснее для малышей, если курят их мамы. Яд разносится кровью по всему организму курящей женщины. Он в больших количествах попадает в молочные железы кормящих женщин и отравляет ребенка.

Каждый культурный человек должен иметь всеобъемлющее представление о собственном организме и, естественно, о самом важнейшем органе нашего тела — головном мозге. Нужно не только изучить его конструкцию, понять механизм деятельности, необходимы элементарные гигиенические знания, чтобы уберечь мозг от болезней, от возможности повреждения. Необходимо уметь пользоваться техническими средствами, предназначенными для повышения эффективности деятельности мозга. Мозг стоит того, чтобы познакомиться с ним всерьез.

БУДЬ ГЕНИЕМ

-

ОТКУДА ЧТО БЕРЕТСЯ?

В о все времена и у всех народов каждый молодой человек мечтал быть не хуже своих сверстников и, хотя в этом подчас бывает трудно признаться даже самому близкому другу, хотел бы быть немножко лучше других, чем-то среди них выделяться, может быть внешностью, какими-то талантами, спортивными достижениями, умением обращаться со сложными механизмами, умом, наконец, ловкостью или силой.

Отчего же так бывает, что один человек становится токарем-виртуозом, чья слава распространяется далеко за пределами не только его родного завода, но и города, другой добивается всеобщего уважения как выдающийся инженер-конструктор, третий за шахматной доской одерживает одну победу за другой, четвертый станет композитором, будет сочинять музыку, а пятый не в состоянии напеть самую незамысловатую песенку, чтобы не сфальшивить, и даже не замечает собственной фальши. О таком человеке обычно говорят, что он лишен музыкального слуха. Но отчего это произошло и кто в том виноват?

Люди давно заметили, как велико сходство между родителями и детьми. Человеческий ребенок, детеныш любого животного и любое растение, вырастая, обязательно наследуют какие-либо индивидуальные черты своих родителей или того растения, из семян которого оно выросло.

Судьба любого организма, характер его развития, рост, упитанность, прочие черты внешнего вида зависят не только от наследственных факторов, но и от условий,

в которых он оказался. Давно было замечено, что яблоня, если за ней не ухаживать, «дичает», начинает приносить мелкие и кислые яблоки, а корова, если ее держать в «черном теле», перестает давать молоко. Напротив, при надлежащем уходе средняя по достоинству яблоня будет более дружно плодоносить, одарит садовода более крупными, сочными и сладкими плодами, а курица при хорошем отношении станет лучше нестись. То же самое относится к человеку. Если ребенка здоровых, умных и образованных родителей поместить в неблагоприятные условия жизни и не заниматься его воспитанием, то нужно ожидать, что, став взрослым, он не обнаружит ни могучего телосложения, ни здоровья и окажется невежественным.

Человеческий мозг в течение жизни накапливает неизмеримо больше информации, чем получает в наследство от родителей. В становлении умственного развития, человеческого интеллекта отчетливо выступает роль воспитателей. Несомненно, учителя формируют личность своих учеников, хотя не всегда в том направлении, в котором хотели бы.

Среди учащихся, независимо от того, хорошие они или плохие ученики, обычно бытует мнение, что они могли бы добиться больших успехов, чем уже достигли. Насколько основательны подобные убеждения? Можно ли узнать, какую часть способностей человек приобретает в наследство от родителей, а какая часть развивается под воздействием окружающей среды и собственных усилий? И если такое исследование возможно, то как его осуществить?

Иногда, причем совсем не так уж и редко, у людей рождаются двойняшки. Среди них встречаются человеческие дубликаты — малыши с одинаковыми наследственными задатками.

Как известно, человеческий зародыш, впрочем как и зародыш другого животного, развивается путем многократного деления оплодотворенной яйцеклетки и клеток, из нее образовавшихся. Сначала она делится пополам, и каждая половинка преобразуется в самостоятельную клетку. Через некоторое время приходит их черед, и они разом делятся пополам. Немного спустя все четыре новенькие клетки снова делятся. Теперь их становится восемь. Этот процесс синхронного деления у разных животных продолжается, пока клеток не станет 16, 32... А дальше каждая

из них делится сама по себе, без оглядки на соседей, не соблюдая единого ритма. В конечном итоге происходит формирование тканей и органов развивающегося организма.

Как известно, вся информация о том, каким должен стать развивающийся организм, как должны функционировать его органы и ткани, т. е. о полном наборе безусловных рефлексов, которыми он должен располагать, заключена в генах, входящих в состав хромосом клеточного ядра. Внешне они чаще всего похожи на небольшие кусочки сильно измятых ленточек. Обычно «ленточки» смотаны в плотный клубок и под микроскопом не видны.

У каждого организма свой набор, или, если сказать попроще, свое количество хромосом. У человека их 46. Это значит, что каждая клеточка человеческого тела, кроме половых, содержит по 46 хромосом. Только в половых клетках их вполтину меньше. У человека — 23, но в оплодотворенной яйцевой клетке их снова становится 46. Половину хромосом яйцевая клетка получает от матери, половину — от отца. В этом и заключается сущность оплодотворения. Вот почему обычные братья и сестры не являются точными дубликатами один другого. Какую часть наследственной (генетической) информации ребенок получает от отца, а какую от матери — дело случая.

Может возникнуть вопрос, как же так происходит, что, после того как клетка разделится на две части, в каждой новой клетке снова окажется по 46 хромосом. Дело в том, что, прежде чем клетка разделится на две половины, каждая ее хромосома удваивается, дстраивая себе копию. И в каждую из вновь образующихся клеток обязательно попадает по 46 хромосом.

Как возникают двойняшки? Иногда по еще далеко не достаточно полно выясненным причинам в организме женщины начинают одновременно развиваться две, три, а изредка и большее число яйцевых клеток. Если развитие зародышей будет протекать нормально, в результате родится двойня или тройня. И хотя такие дети имеют общих родителей и на свет появляются практически одновременно, они не являются настоящими дубликатами, так как, развиваясь из разных яйцеклеток, не могут содержать абсолютно одинаковой информации, и сходство между такими близнецами не больше, чем между обычными

братьями и сестрами. Доказать это совсем нетрудно.

Двухяйцовые близнецы, так называют двойняшек, развившихся из разных яйцеклеток, могут быть одного пола, т. е. мальчиками или девочками, но чаще оказываются разнополыми, т. е. девочкой и мальчиком. Совершенно очевидно, что генетическая информация в яйцевых клетках, из которых они развивались, резко различалась. Одна яйцевая клетка содержала инструкцию развиваться по женскому типу, вторая — по мужскому.

Существует и другой путь возникновения близнецов. Иногда, после того как яйцеклетка разделится на две половинки, вновь образовавшиеся клетки почему-то теряют между собой связь и из каждой развивается отдельный зародыш. В результате рождаются близнецы. Родившихся в этом случае детей называют однойяйцовыми близнецами, так как жизнь им дала одна, общая для всех яйцеклетка. Такие двойняшки очень полно копируют друг друга, так как обладают одинаковой генетической информацией, ведь они получили от материнской яйцеклетки одинаковые хромосомы. Однойяйцовые близнецы могут быть только однополыми, или мальчиками, или девочками. Однойяйцовые близнецы — человеческие дубликаты — очень удобный материал для выяснения вопроса, откуда что берется.

Первым, кто понял, что близнецы дают уникальную возможность разобраться в вопросе, какую часть психических способностей ребенок получает в наследство от родителей, а какую он приобретает в процессе воспитания, был двоюродный брат Чарлза Дарвина психолог и антрополог Френсис Гальтон. В то время это был ничем особенно не выдающийся малоизвестный ученый. Выход в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов» изменил научную судьбу Ф. Гальтона. Его захватила идея изучения наследования физических и психических особенностей человека. Он увлекся изучением психофизических характеристик и разработал диагностику для определения уровня развития человеческих способностей. Многолетние исследования привели его к мысли об огромной роли наследственности. На основании анализа родословных, в первую очередь родословных выдающихся ученых, и всестороннего обследования близнецов он сделал вывод о том, что интеллектуальные достижения человека предопределены его генетическими ресурсами. Гальтон считал, что факторы внешней среды играют в

этом вопросе весьма значительную роль. Он допускал лишь возможность незначительного воздействия питания, тяжелых болезней да еще, пожалуй, климатических условий жизни. Влияние социальной среды он полностью игнорировал. Из этих выводов логично вытекало заключение о биологической неполноценности народных масс, импонировавшее правящей верхушке не только феодального, но и буржуазного общества.

Все исследователи, занимающиеся близнецовой проблемой, обращают внимание на большое сходство между однойцовыми двойняшками, особенно живущими вместе. Об этом же говорят и сами близнецы. Они сообщают, что часто одновременно произносят одну и ту же фразу, в одно и то же время начинают звонить друг другу по телефону, видят одинаковые сны, в школьных сочинениях излагают одни и те же мысли, выражают их одинаковыми фразами и делают одинаковые ошибки, дружат с одними и теми же людьми, влюбляются в одних и тех же девушек и юношей. Если один из двойняшек заболевает сахарным диабетом, то вскоре заболевает и другой, а если аппендицитом, то операцию им приходится делать чуть ли не в один и тот же день.

У живущих вместе близнецов обычно бывают общие увлечения и одинаковые таланты. Отец Иоганна Себастьяна Баха Иоганн Амбросиус и его брат — близнец Иоганн Христофор были очень похожи друг на друга. Их речь, образ мысли — все было одинаковым. В музыке тоже их нельзя было отличить. Они одинаково играли, одинаково развивали тему. Если один болел, то болел и другой.

Такое же большое сходство было между оперными дирижерами близнецами Вольфом и Вилли Хейницами. Их интерпретация музыкальных произведений и манера дирижировать были настолько схожими, что они во время антракта могли заменить друг друга и никто из певцов, оркестрантов и публики не замечал подмены.

Близнецы Огюст и Жан Пикары имели сходные дарования. Огюст стал физиком, Жан — химиком. Первый получил кафедру в Бельгии, второй — в Америке. Оба прославились полетом в стратосферу.

Эти примеры касались всемирно известных людей, к тому же проживших свою юность вместе. В поле зрения ученых попадали не только они. Малышей Адамсонов разлучили сразу же после рождения. Один из них детство

провел на ферме своего деда где-то не очень далеко от Парижа, а его брат в Техасе (США) на ферме отца. До пятидесяти лет близнецы не общались и даже не знали о существовании друг друга, однако их судьбы оказались на удивление схожими. Оба с детства занимались спортом, хорошо учились в школе, у обоих обнаружили способности к физике и математике. Получив среднее образование, молодые люди продолжили образование, и оба стали инженерами-электриками. В возрасте 24 лет оба женились, через два года в каждой семье появилось по первому ребенку, а еще через четыре — по второму. Всю жизнь братья увлекались коллекционированием марок. В 45 лет оба заболели туберкулезом и умерли почти одновременно, не дожив всего одного года до 60 лет.

Запомните пример с братьями Адамсонами. К нему еще придется вернуться. Подобных примеров, когда судьба однояйцовых близнецов, воспитывавшихся раздельно, оказалась весьма сходной, известно относительно немного. Но они существуют и широко используются учеными капиталистических стран в качестве доказательства, что психические способности и психическая одаренность целиком зависят от наследственных факторов, хотя противоположных примеров, когда близнецы, выросшие порознь, и по уровню, и по характеру интеллектуального развития оказались совершенно друг на друга непохожи, известно неизмеримо больше.

Первым из ученых, представившим научной общественности достаточно обстоятельный материал о близнецах, был английский психолог, ученик и последователь Ф. Гальтона С. Берт. Его труды, казалось бы, дают возможность говорить о ведущей роли наследственности в психическом развитии человека. В тридцатые годы в Германии эти выводы горячо поддерживали психологи О. Фершуер и Ф. Штумпфель. Они утверждали, что у однояйцовых близнецов воля, темперамент, одаренность, пристрастие к определенным видам деятельности, склонности, вкусы совершенно одинаковы, так как особенности психики заранее запрограммированы наследственными задатками, а внешняя среда не оказывает на них никакого влияния.

Эти представления немецких психологов и прямые расистские выпады Фершуера, утверждавшего наследственную обусловленность самобытности, одаренности и характера представителей нордической расы, легли в

основу фашистской идеологии о расовом превосходстве немецкой нации. Они стали основой для обоснования необходимости изоляции неарийцев, в первую очередь евреев, и были закреплены в «Законе об охране немецкой крови». Нет необходимости подробно рассказывать, с какой жестокостью проводилась в жизнь нацистская расовая политика! В газовых камерах и на краю собственноручно вырытых могил погибли сотни тысяч людей только за то, что они не являлись немцами.

В 1971 году Берт умер, и тогда разразился скандал. Берт оказался не ученым, а примитивным фальсификатором: огромное количество приведенных в его трудах «фактов» было всего лишь выдумкой. Не удалось найти некоторых соавторов Берта. Многие близнецы, чьи биографии подробно разбирались в его трудах, оказались всего лишь плодом его богатого воображения.

Эти выдумки понадобились Берту для того, чтобы «доказать», что все человечество можно разделить на людей высшего качества, обладающих наследственной одаренностью, людей со средними способностями, индивидуумов второго и третьего сорта, и просто человеческий брак и что их потомки будут относиться к тем же категориям. Такую задачу поставил себе человек, которого долгие годы называли ученым.

Поражает не столько сам факт научной фальсификации. Самое удивительное заключается в том, что разоблачение фальшивки Берта не оказало никакого влияния на давно сложившуюся в западном мире теорию наследственной одаренности. Сейчас эта теория широко используется для обоснования превосходства одной расы над другими и доказательства неизбежности социального неравенства и неравноправия. В соответствии с этой теорией социологи и политики Запада утверждают, что профессиональные успехи любого человека и, соответственно, его финансовые доходы и имущественное положение целиком обусловлены генетическими факторами, врожденными качествами мозга.

Такие выводы делаются с дальним прицелом: поддерживать существующий в их странах общественный строй, обеспечить незыблемость власти богатых. Вот почему эти «ученые» и политики считают совершенно «очевидной» бессмысленность любой демократизации школьной реформы. Они утверждают, что нелепо всем детям давать одинаковое школьное образование, что это пустая

трата государственных средств и для большинства детей рабочих, фермеров, мелких торговцев вполне достаточно трех-, пятиклассного обучения.

Аналогичным образом проповедуется бесполезность создания равных шансов при обучении в вузах для представителей всех слоев общества и нелепость оказания помощи социально ущемленным личностям. Вот почему в США — самой богатой стране западного мира, которую издавна и не один раз сотрясали периоды катастрофической безработицы, только сравнительно недавно принят закон о выплате государственных пособий по безработице. Раньше такие пособия выдавались главным образом за счет частных пожертвований. Вот почему в конгрессе США десятки лет обсуждался и много раз отвергался законопроект о выдаче государственных субсидий разоряющимся фермерам. Зачем, мол, поддерживать «неполноценную» часть граждан страны? От «брака» нужно освободиться любыми способами! Не случайно не были предприняты надлежащие меры, чтобы предотвратить вымирание индейцев — коренных жителей Американского континента.

Теория наследственной одаренности в буржуазном мире положена в основу представлений о происхождении классового общества. Консервативные социологи и политики, стоящие во главе ведущих капиталистических стран, утверждают, что классы складываются в соответствии с биологическим потенциалом интеллекта отдельных групп людей и каждый человек занимает в обществе то положение, которое отводится ему в соответствии с его интеллектуальной предрасположенностью. Вот, оказывается, каким образом в полном соответствии с биологическим потенциалом интеллекта членов общества складываются его классы. Если ты рабочий или крестьянин, утверждают они, следовательно, твой интеллект самого низшего сорта. Отсюда политики делают категорический вывод о неприемлемости любых, тем более социалистических преобразований внутри своих стран. Рабочий класс не может якобы взять на себя управление государством.

БУДЬ ГЕНИЕМ

Какова же подлинная роль наследственности? Что же все-таки важнее для развития интеллекта: биологическая основа — врожденный интеллектуальный потенциал ин-

дивада или влияние окружающей, в первую очередь социальной, среды, в которой ребенок растет?

Анализируя уровень интеллектуального развития близнецов, западные психологи не учитывают их социального окружения. А между тем для близнецов, даже разлученных в раннем детстве, он примерно одинаков. Ведь осиротевших детей чаще всего берут на воспитание близкие родственники или люди, социально мало отличающиеся друг от друга. Это и обуславливает большое сходство психического уровня развития таких детей.

Вспомните братьев Адамсонов. Хотя они росли в разных государствах, но в фермерских семьях, с одинаковым укладом жизни, примерно с одинаковым достатком, с общими интересами и общими заботами. Естественно, что им захотелось вырваться из этой среды, освободиться от гнета капризов погоды, от влияния неожиданных колебаний цен на сельскохозяйственные продукты, переселиться в город. Не удивителен и выбор специальности. В те годы бурное развитие получила электротехника. Это была самая модная, самая престижная профессия. И на этом психическое сходство близнецов практически кончается. А все остальное касается темпов гормонального развития, особенностей сопротивляемости организма инфекции, темпов старения.

Безусловно, биологическая основа, врожденная генетическая программа развития имеют весьма важное значение. Мозг Анатоля Франса весил чуть больше 1 кг, а мозг И. С. Тургенева — больше 2 кг и, следовательно, содержал почти вдвое больше нервных клеток. Программа связей между нейронами у разных людей может быть выполнена с различной степенью точности. Кроме того, мы уже видели, что сила нервных процессов, их уравновешенность, подвижность или инертность, хотя и подвержены известной тренировке, однако являются врожденными свойствами мозга.

Безусловно, все это имеет важное значение. Однако переоценивать врожденные задатки не следует. Анатолий Франс был великим писателем, хотя имел мозг небольших размеров. Мозг млекопитающих, особенно высших представителей этого класса животных, обладает высокой пластичностью, что делает возможным направленное формирование психики. При этом интеллект не только приобретает определенные черты, но в значительном диапазоне меняется и его уровень. У одних он оказывается

значительно ниже потенциальных возможностей мозга, у других приближается к его пределу.

Влияние воспитания, направленной тренировки особенно наглядно проявляются в развитии систем анализаторов. Широко известно, что у человека, потерявшего зрение, обостряется слуховое восприятие. Стоит ли говорить, что у людей, лишенных зрительного восприятия в раннем детстве, слух, обоняние, осязание достигают удивительного совершенства.

То же самое относится к зрению. Если котят в течение всего 20 дней, начиная с 4-й недели их жизни, содержать в полной темноте, их зрение будет серьезно и надолго нарушено. Если в этот критический период у малышей попеременно закрывать то один, то другой глаз, пространственное зрение не сформируется. Подобных жестоких экспериментов над людьми, естественно, никто не производил. Тем не менее известно, что дети, растущие в бедной зрительными образами среде, сильно отстают в зрительном развитии от своих сверстников, воспитанных в нормальной обстановке.

Очень важно воспитание для развития музыкального слуха и музыкальных способностей. Известный венгерский музыкант Зольтан Кодай доказал, что хороший музыкальный слух может быть воспитан у каждого человека, если начинать с ним заниматься музыкой в раннем детстве. 17 профессиональных музыкантов из династии Бахов, достигших серьезных профессиональных успехов, — не результат врожденной музыкальности, а влияние музыкальной обстановки в их семьях.

Здесь уже много раз упоминалось о том, что мозг высших животных и человека устроен следующим образом: заложенные в нем задатки разовьются только в том случае, если подвергнутся тренировке, причем для некоторых важнейших функций мозга необходимо, чтобы тренинг проходил в строго определенные периоды жизни организма. Котята только тогда будут обладать нормальным зрением, если период с 21-го по 40-й день своей жизни не проведут в полной темноте. Ребенок первые 6 лет жизни должен постоянно слышать человеческую речь и иметь возможность упражнять голосовой аппарат и, что значительно важнее, речевые области мозга. Позже он уже не сможет овладеть речью и, следовательно, никогда не станет полноценным человеком.

Аналогичные условия необходимы для развития всех

важнейших психических функций, хотя мы пока не знаем, насколько жестки сроки, отпущенные для их формирования. Очень важно помнить, что если соответствующий фундамент для формирования функции заложен, в дальнейшем она может совершенствоваться всю жизнь и безо всякого нашего участия, благодаря формирующему влиянию социальной среды. Но конечно, когда мы сознательно прилагаем усилия к своему самосовершенствованию, дело идет быстрее. Ярчайший тому пример — развитие речи. К шести годам ее формирование не заканчивается. Речь взрослого человека обычно намного богаче и совершеннее речи ребенка. Ее обогащение и, если так позволено выразиться, «шлифовка» может продолжаться до глубокой старости.

Огромные потенциальные возможности развития человеческой психики станут более понятными, если помнить, что мозг новорожденного весит примерно 335 г, а к 15 годам увеличивается в четыре раза — до 1350 г, практически достигая массы мозга взрослого человека. Все то время, пока мозг растет, происходит совершенствование его конструкции, создаются, усложняются и уточняются программы его работы. Они определяют особенности восприятия человека, его поведение и все свойства его личности. Постоянное, насыщенное, интенсивное обучение в детстве создает условия для развития мозга, воспитывает у ребенка умение и привычку учиться, умение сосредоточиться, интерес к решению трудных умственных задач, привычку доводить интеллектуальную работу до успешного конца. Тренировка мозга в первые 20 лет жизни человека повышает его работоспособность, обеспечивая возможность выполнения большого объема работ, и, что не менее важно, значительно совершенствует качество его работы.

Чтобы читатель смог представить себе, насколько далеко может пойти совершенствование человеческого мозга, расскажу об одном эпизоде из работы детской секции функционирующего в Ленинграде при одном из Дворцов культуры университета технического творчества. Однако начну издалека. Мы привыкли с благоговением относиться к изобретателям, к их выдающимся способностям, к их гениальности. А оказывается, изобретательству можно научиться, правда не так легко, как печь блины, но при желании научиться можно. Это прекрасно демонстрирует приводимый ниже эпизод.

Однажды в университете проводилась встреча ребят со знатным изобретателем. Он познакомил их со своим творчеством и рассказал об изобретении, которое ему далось труднее всего. Несколько лет он обдумывал возникшую перед ним проблему и не находил удовлетворительного решения. Гость уже собирался перейти к рассказу о том, чем завершилась его работа, но руководители университета предложили сделать короткий перерыв, чтобы дать возможность ребятам самим подумать над решением проблемы. К крайнему удивлению изобретателя, за время перерыва несколько членов кружка, каждый совершенно самостоятельно, нашли адекватное решение поставленной перед ними проблемы. То, на что у одного человека (и, нужно сказать, у человека опытного) ушли годы, кружковцами было сделано в течение получаса. Конечно, за внешней легкостью годы напряженной учебы, но проделанный эксперимент показывает, что развить свой мозг доступно каждому.

Творческая энергия, страсть к созиданию — все формируется под направляющим влиянием социальной среды. Наследственные компоненты интеллекта чрезвычайно важны, но нужно помнить, что они могут быть реализованы лишь благодаря обучению под формирующим влиянием социальной среды.

Всеобщее знакомство с ролью социального фактора для интеллектуального развития человека, для реализации творческого потенциала личности поможет воплотить в жизнь положение Программы КПСС по воспитанию советских людей, формированию гармонично развитой, общественно активной личности. Дальнейшее повышение среднего уровня интеллектуального развития членов социалистического общества гарантирует дальнейшие, все убыстряющиеся темпы развития страны.

Юные читатели, запомните! Каждый из вас в выбранной области творчества может стать гением! Первая в мире страна социализма, предоставляя своим молодым гражданам равные возможности для овладения всеми сокровищами знаний, накопленных человечеством, для совершенствования своего интеллекта, позволяет в своем развитии достичь любых высот. Таких условий нет нигде вне социалистического мира. Стыдно, непростительно стыдно будет нам, если мы в самом ближайшем будущем не превратим наше государство в страну, все граждане которой станут выдающимися личностями!

ОГЛАВЛЕНИЕ .

КОНСТРУКЦИЯ ЖИВОГО КОМПЬЮТЕРА

3

Таинственное ничто (3). Маленькие детали
сложного механизма (10)

ЦЕПИ И ИМПУЛЬСЫ

21

Электрический флюид (21). Крохотный электрогенератор (25). Погранзастава (33). Обза-
водимся связями (40). Шифры и шифроваль-
щики (46)

ЧЕРНЫЙ ЯЩИК

55

Награда за открытие (55). Эстафета (59)

ПОДАРОК ЭВОЛЮЦИИ

70

Суперсигналы (70). Четвероногие собеседни-
ки (78). Рождение чуда (89)

ДВУГЛАВЫЙ ОРЕЛ

93

Однобокий мозг (93). Парадоксы мозга (95).
Труженик (99). «Тунеядец» (104). Двуглавый
монстр (106)

НОЗДРЕВ, ЧЕРТОПХАНОВ И ДРУГИЕ

112

Кровь, слизь, желтая и черная желчь (112).
Художник и мыслитель (119)

ВЕЯНИЯ ВЕКА

123

Сфера услуг (123). Опаснее кобры (135)

БУДЬ ГЕНИЕМ

147

Откуда что берется? (147). Будь гением (154)

БОРИС ФЕДОРОВИЧ СЕРГЕЕВ

**Высшая форма
организованной материи
Рассказы о мозге**

Зав. редакцией *Т. П. Крюкова*
Редактор *В. И. Полетаева*
Художественный редактор *В. А. Галкин*
Технические редакторы *М. И. Смирнова,*
Л. В. Хорощук
Корректор *Н. В. Красильникова*

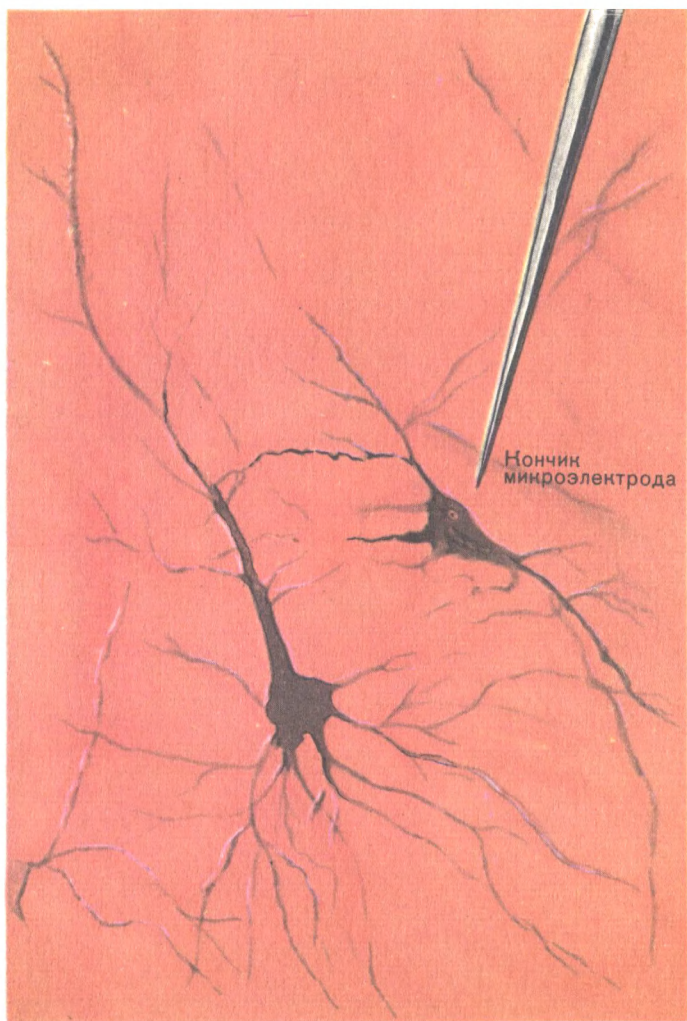
ИБ № 9949



Сдано в набор 09.01.87. Подписано к печати 15.09.87. А.11060. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага кн.-журн. отеч. Гарнитура Таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,4+0,42 вкл. Усл. кр.-отт. 9,66. Уч.-изд. л. 8,50+0,37 вкл. Тираж 100 000 экз. Заказ 49. Цена 40 коп.



Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41. Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.



Кончик
микроэлектрода

Таблица I. Микрофотография нейронов мозга обезьяны.

Две нервные клетки коры головного мозга обезьяны, окрашенные по методу Гольджи. Виден кончик микроэлектрода, введенного в мозг для изучения электрических реакций нейронов.

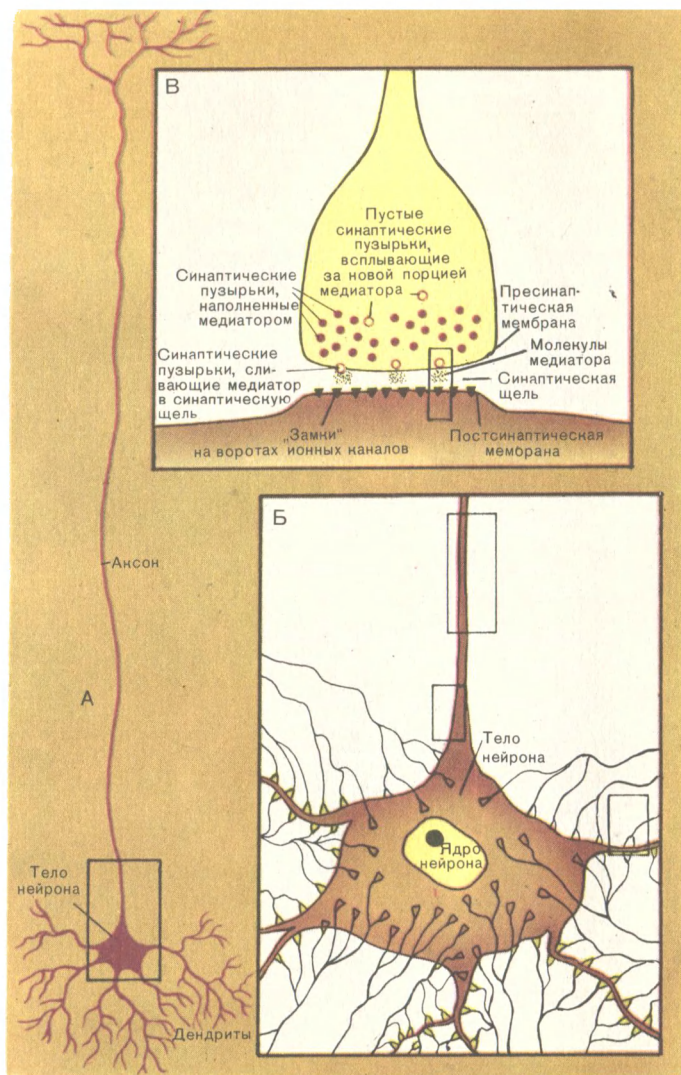
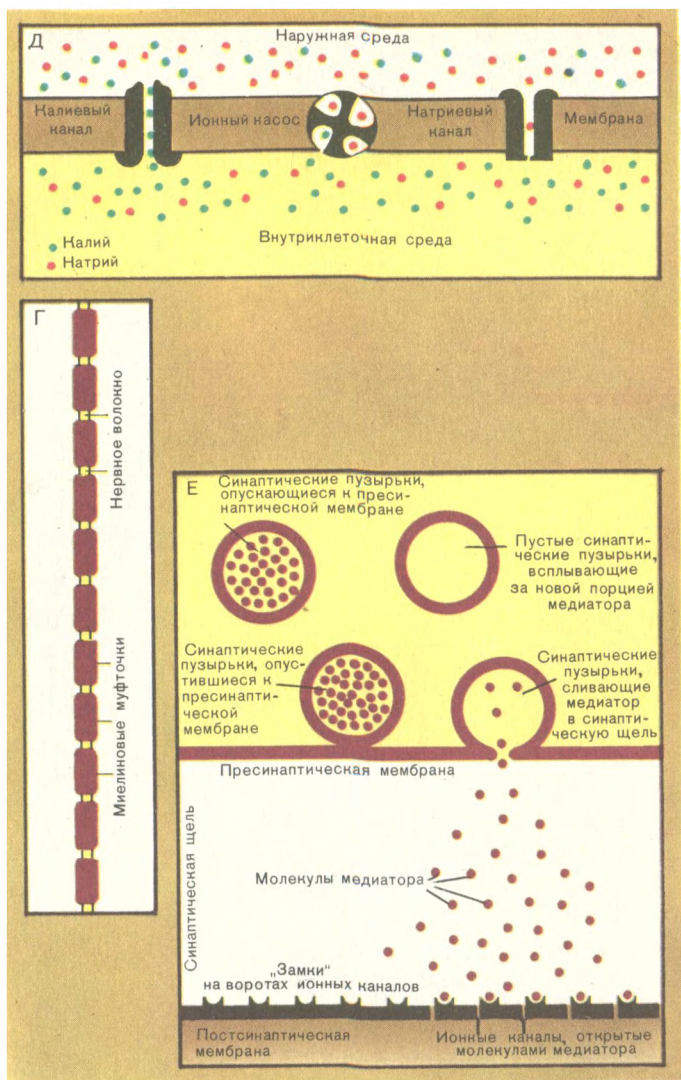


Таблица II. Строение и механизм работы нейрона.

А — Нейрон. Тело нейрона, помещенное в квадратную рамку, показано на рисунке **Б** в более увеличенном виде. **Б** — Контакты тела нейрона и дендритов с окончанием аксона. Кусочек мембраны аксона, часть аксона,



одетая миелиновой оболочкой, и его окончание, заключенные в рамки, изображены на рисунках В, Г, Д. В — Синапс. Г — Отрезок аксона, покрытый муфточками миелиновой оболочки. Д — Мембрана аксона. Е — Передача информации через синаптическую щель.

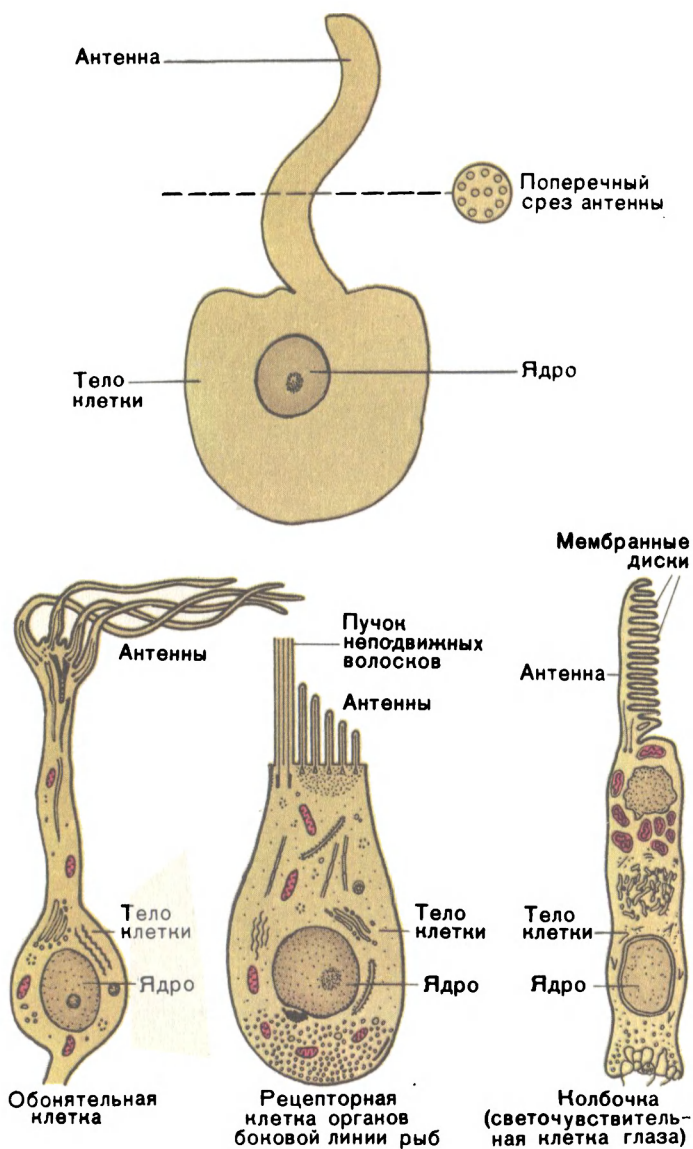


Таблица III. Строение рецепторных клеток.

Схема строения рецепторной клетки. Различные виды рецепторных клеток.

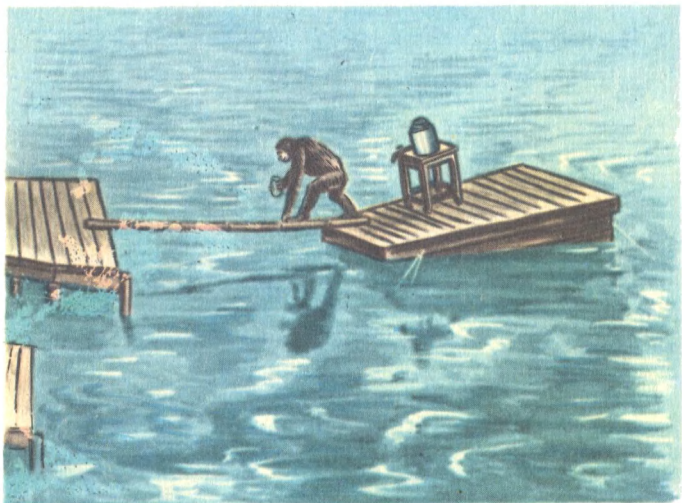
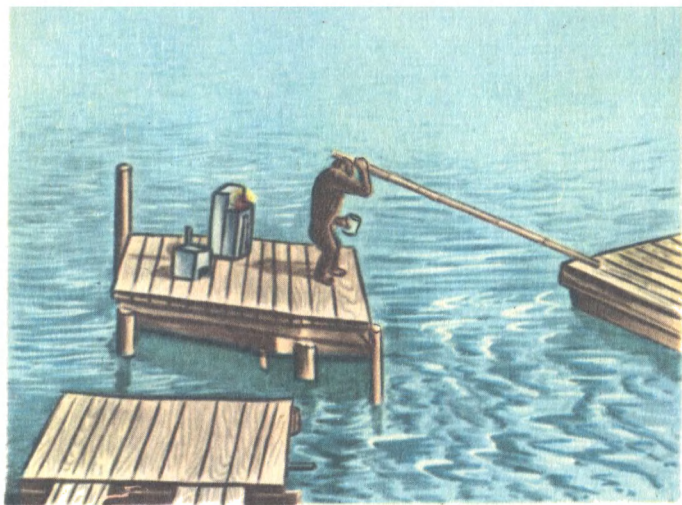


Таблица IV. Способность обезьян осуществлять длинные цепи двигательных условных рефлексов.

Шимпанзе Рафаэль, построив с помощью шеста переправу между плотами, с банкой в руке перебирается по шаткому мосту на соседний плот за водой, чтобы потушить огонь.



Шляпа



Слушать, звук



Сладкий, конфета



Грязный

Таблица V. Воспроизведение обезьянами знаков амслена — жестового языка американских глухонемых.

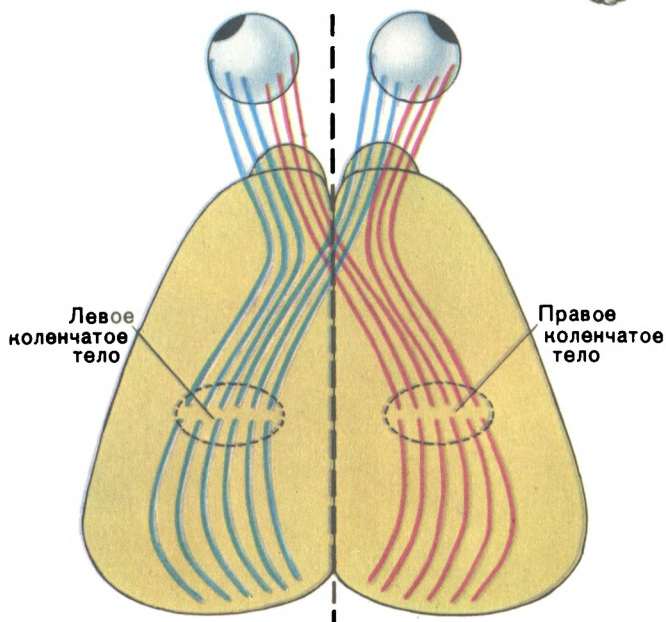


Таблица VI. Схема зрительных путей мозга кошки.

Пунктиром показана линия разобщения больших полушарий и перерезки хиазмы — места перекреста зрительных нервов. Левое и правое коленчатые тела — одно из мест в мозгу, где осуществляется обработка зрительной информации.

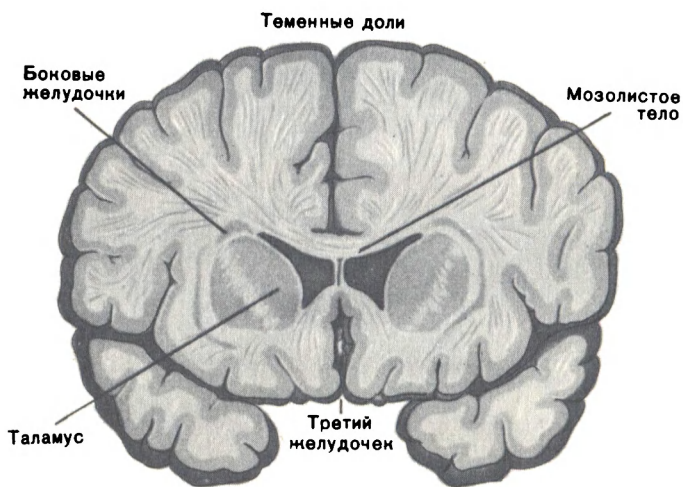
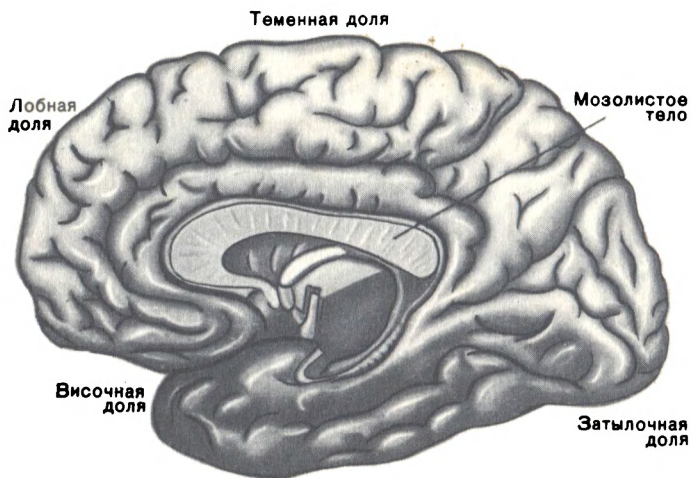


Таблица VII. Внутреннее строение головного мозга человека.



Нервное окончание (синапс) на мышечном волокне лягушки (микрофотография)