

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Серия «Проблемы современной науки и научно-технического прогресса»

И.М. ФЕЙГЕНБЕРГ
МОЗГ ПСИХИКА
ЗДОРОВЬЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» Москва 1972

Книга профессора И. М. Фейгенберга в популярной форме знакомит читателя с различными сторонами психической деятельности человека. Особое внимание уделено вероятностному прогнозированию — психической способности мозга, изучение которой является основной темой исследовательской работы автора. В книге освещены некоторые вопросы психофизиологии восприятия, эмоций, памяти, отдельные проблемы инженерной психологии и патопсихологии. Книга рассчитана на широкий круг читателей.

532-12

30-НПЛ 72

Незабвенной памяти друга
Михаила Моисеевича
Бонгарда

ОТ АВТОРА

Предлагаемые очерки в популярной форме освещают в основном те вопросы работы мозга и психической деятельности, которым посвящена исследовательская работа автора. Особенно большое внимание уделено психической способности, которую автор изучал много лет и предложил назвать вероятностным прогнозированием. Выдвигая гипотезу о вероятностном прогнозировании, автор опирался на замечательные труды Николая Александровича Берн-штейна по физиологии движений и физиологии активности. Большим счастьем для автора была возможность непосредственного научного общения с этим большим ученым.

Очерки знакомят читателя с некоторыми вопросами психофизиологии восприятия, эмоций, памяти, с отдельными проблемами инженерной психологии, патопсихологии и т. д. При всем своем разнообразии рассматриваемые в очерках стороны работы мозга и психической деятельности связаны между собой. Больше того, каждая из них имеет еще множество других связей, часто выходящих далеко за пределы психологии и физиологии.

Все в мире взаимосвязано. Изучая мир, человеку пришлось как бы разложить свои знания «по полочкам». Образовались отдельные науки — физика, химия, биология, психология, история... Такое разделение помогло упорядочить знания человека, получить новые знания. Но в объективном мире нет отдельно физики, биологии, психологии. Если взять для изучения реальный объект, например человека, то понять его нельзя без знания и физики, и химии, и психологии, и истории культуры, и взаимоотношений между людьми в обществе. Большинство этих вопросов — за пределами нашей книжки. Но хотелось бы, чтобы они не оказались за пределами круга мыслей и внимания читателя.

Сколько-нибудь полно отразить эти связи в небольшой книге невозможно, но автор просит читателя помнить о них. Забыть о единстве психики, о ее связи с окружающим миром — значило бы уподобиться горе-ученому, о котором писал Гёте в «Фаусте»:

Чтоб жизни суть постичь и описать точь-в-точь,

Он, тело расчленив, а душу выгнав прочь,

Глядит на части. Но...

духовная их связь Исчезла, безвозвратно унеслась!

¹ Перевод автора.

Автор будет очень признателен тем читателям, которые захотят поделиться с ним своими мыслями по поводу этой книжки, в том числе критическими замечаниями, и пришлют их ему по адресу издательства.

*Каждый раз, когда, отложив книгу, ты начинаешь раздумывать, книга достигла цели.
Януш Корчак.*

О МОЗГЕ

Органом психической деятельности человека, органом, который осуществляет управление различными процессами в организме, является мозг. Чтобы управлять каким-либо процессом, прежде всего необходимо иметь информацию о том, в каком состоянии находится управляемый объект (или процесс), в какое состояние он должен быть приведен в результате управления, располагать средствами воздействия на управляемый объект и знать состояние «рабочих органов» управляющей системы. На основе этих сведений принимается решение о необходимых действиях, и «рабочим органам» отдается распоряжение об их выполнении. Информация о достигнутом результате сопоставляется с требуемым конечным результатом, вновь принимается решение о последующих действиях... И так до тех пор, пока информация о достигнутом результате («обратная связь») не совпадает с необходимым конечным результатом. В соответствии с этой схемой осуществляется управление самыми разнообразными процессами.

Поясним на примере. Для нормальной деятельности организма необходимо поддерживать кровяное давление на постоянном уровне. И нервная система непрерывно следит за этим: от специальных органов, чувствительных к давлению (они расположены в сонных артериях), в центральную нервную систему идут сигналы, несущие информацию об уровне давления крови. Получая информацию о повышении давления, центральная нервная система посылает импульсы в мышцы кровеносных сосудов: мышцы расслабляются, объем сосудистого русла увеличивается, давление в нем снижается... Об этом сообщают в центральную нервную систему чувствительные к давлению окончания (так называемые барорецепторы). Если давление снизилось недостаточно, мышцы сосудов получают приказ о дальнейшем расслаблении, если давление снизилось чрезмерно, — приказ о сокращении. Описанный механизм действует непрерывно, хотя его работа и не доходит до нашего сознания.

По такой же общей схеме осуществляются и осознанные действия организма. Если человек хочет поставить часы на правильное время, то он смотрит на стрелки и сличает их положение с положением стрелок точных часов. Информация о том и другом передается в мозг от рецепторов органа зрения. Приняв решение, куда и на сколько надо передвинуть стрелки, мозг посылает приказы мышцам пальцев. Глаз следит, на сколько передвинулись стрелки, и передает эту информацию в МОЗГ. И снова приказы пальцам — передвинуть еще или вернуть чуть назад. И так до тех пор, пока глаз не сообщит мозгу, что стрелки заняли нужное положение.

Таким образом, главное в работе мозга (когда он управляет «внутренним хозяйством» организма или его поведением) — получение информации от органов чувств (органов-разведчиков), ее сохранение и переработка, а затем посылка приказов рабочим органам (органам-исполнителям).

Сигналы, несущие информацию от органов чувств, идут по нервным волокнам и попадают в нервные центры мозга. Совокупность органа чувств (глаз, ухо и др.), идущих от него нервов и нервных центров, к которым идут сигналы от этого органа чувств, И. П. Павлов назвал анализатором, т. е. системой, анализирующей определенные (световые, звуковые) воздействия на организм.

Сигналы от разных органов чувств приходят в различные области коры головного мозга, которая образует наружную поверхность его больших полушарий. У человека кора головного мозга состоит из 14—20 миллиардов нервных клеток — нейронов. Поверхность коры складчатая, благодаря чему ее площадь значительно больше, чем поверхность больших полушарий. Складки образуют выпуклости (извилины), отделенные одна от другой углублениями (бороздами). Нейроны, расположенные в коре мозга, многочисленными отростками связаны между собой, с различными участками тела и с различными органами. Одни нейроны получают по нервным волокнам сигналы от органов чувств. Вторые посылают к мышцам импульсы, заставляющие мышцы сокращаться. Третьи не связаны непосредственно с периферией, а осуществляют связь между корковыми нейронами.

Нервные клетки и их отростки образуют в коре мозга несколько слоев. Структура различных

участков коры (т. е. расположение в них клеток и отростков) неодинакова, что соответствует различию функций этих участков. Есть участки, куда непосредственно приходят с периферии сигналы от органов чувств; это — проекционные чувствительные зоны. Есть участки, откуда непосредственно на периферию уходят двигательные сигналы; это — проекционные двигательные зоны. Есть участки, связанные нервными волокнами с другими участками коры и не связанные непосредственно с периферией; это — ассоциативные зоны.

Клетки коры головного мозга нуждаются в постоянном и достаточном снабжении питательными веществами и кислородом. Эти вещества и кислород доставляются в кору мозга кровью. Кора головного мозга имеет очень густую и разветвленную сеть кровеносных сосудов, по которой к ее клеткам непрерывно доставляются необходимые им питательные вещества и кислород. Кортиковые нейроны весьма чувствительны к недостатку кислорода. Поэтому напряженная умственная работа особенно утомительна в душном помещении.

Если в результате болезненного процесса происходит разрыв (или закупорка) какого-либо мозгового сосуда, то становится невозможной работа нейронов того участка коры, который получал кислород и питательные вещества по этому сосуду. Если разрыв произошел в проекционной чувствительной зоне, то нарушается чувствительность на соответствующем участке тела. Если кровоизлияние возникло в проекционной двигательной зоне, то наступает паралич или парез (неполный паралич). В левом полушарии есть такие зоны, нарушение которых ведет у правой к афазии — потере способности говорить, или читать, или понимать слышимую речь. У левой эти зоны находятся в правом полушарии. То полушарие, в котором находятся зоны, связанные с речью, называют доминирующим или преобладающим.

Для изучения вопроса о том, с какими функциями организма связаны различные области коры мозга, большое значение имели наблюдения клиницистов-невропатологов. Они наблюдали больных с поражениями (опухольями, кровоизлияниями, ранениями) различных участков мозга. Оказалось, например, что, если болезнь разрушила затылочную область коры, человек перестает видеть часть поля зрения. Созданы карты, указывающие, какие функции нарушаются при поражении тех или других зон.

Большой вклад в учение о локализации функций в коре головного мозга внесли физиологи-экспериментаторы. Изучая условные рефлексы у собак, И. П. Павлов и его сотрудники наблюдали, какие рефлексы и как нарушаются при удалении различных областей коры мозга.

Функциональное значение различных областей коры головного мозга было установлено и с помощью записи электрических процессов. При регистрации электрических колебаний с помощью электродов, расположенных непосредственно в коре мозга, удалось установить, что раздражение глаза световой вспышкой вызывает отчетливый электрический ответ (изменение потенциала) в области полюса затылочной доли мозга — той области, при разрушении которой наступает слепота. Электрический ответ в височной области возникает при воздействии на ухо звукового щелчка. Такие электрические колебания (их называют первичными ответами) наблюдаются только в проекционной зоне раздражаемого органа чувств, т. е. в зоне, непосредственно связанной нервными путями с этим органом.

Электрофизиологическое исследование мозга позволило установить, что путь от органа чувств до коркового отдела соответствующего анализатора — так называемый специфический восходящий путь — не единственный путь сигналов в кору. Какой бы орган чувств ни раздражали, во всей коре мозга наступают электрические изменения, а характер их отличается от их первичных ответов. Эти изменения выражаются в депрессии (уменьшении амплитуды) альфа-ритма — основного ритма электрических колебаний в коре мозга. Депрессия альфа-ритма наступает во всей коре независимо от того, какой орган чувств был возбужден. Эта реакция отличается от первичного ответа еще и тем, что возникает через больший интервал времени.

Таким образом, существует и второй путь сигналов от органов чувств к коре головного мозга: все специфические пути (от органов чувств до корковых проекционных зон соответствующего анализатора) дают ответвления к сетевидной формации — скоплению нервных клеток, расположенному в нижних отделах мозга (рис. 1). От этой формации сигналы идут во все отделы коры мозга независимо от того, какое раздражение послужило причиной их возникновения. Поэтому второй путь сигналов в кору мозга назвали неспецифическим, диффузным.

Если сигналы, пришедшие в кору мозга по специфическим путям, приносят информацию о характере внешнего воздействия на организм (свет, звук), то сигналы, пришедшие в кору по неспецифической системе, играют другую роль — активируют кору мозга, подготавливают ее к

деятельности. Депрессию альфа-ритма, которую вызывают сигналы, пришедшие по неспецифическому пути, называют поэтому реакцией активации.

Проекционные зоны — и чувствительные и двигательные — занимают не всю поверхность коры головного мозга. Какова же функция непроекционных зон, к каким последствиям приводит их разрушение?

Недалеко от зоны слуха в височной области мозга в левом (у большинства людей) полушарии расположен участок коры, разрушение которого при опухоли, кровоизлиянии или ранении приводит к потере способности воспринимать речь на слух. Вольной слышит разговор, но что именно говорят — понять не может. Как будто говорят на незнакомом языке. В то же время в большинстве случаев он может при чтении понимать написанный текст. У него нарушено лишь понимание слышимой речи: больной не может различать звуковые признаки слов.

Впереди от проекционной области, управляющей движениями мышц языка и губ, расположена область (у большинства людей в левом полушарии), при разрушении которой человек теряет способность говорить

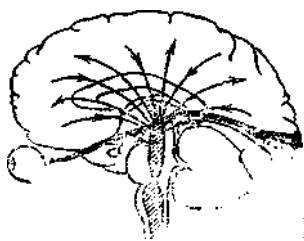


Рис. 1. Специфический и диффузный пути от глаза в кору головного мозга (сетевидная формации показана штриховкой)

При этом нет паралича мышц речевого аппарата, но сложное управление ими, при котором возникают нужные звуки речи, нарушено. В левом же (доминирующем) полушарии впереди от проекционной зрительной области расположен участок коры, разрушение которого, не делая человека слепым, лишает его возможности узнавать предметы и буквы (читать).

Из сказанного можно бы сделать вывод, что в одних областях коры локализуется элементарное зрение или слух, а в других — способность узнавать предметы или понимать слышимую речь. Но слово «локализуется» в первом и втором случае имеет неодинаковый смысл.

Если раздражать электрическим током область, где локализуется элементарное зрение, человеку кажется, что он видит какие-то световые вспышки. Раздражение этой области сопровождается воспроизведением тех ощущений, восприятие которых теряется при ее разрушении. Что же касается областей коры, разрушение которых лишает человека способности читать или понимать речь, то их раздражение не ведет к ложным ощущениям. Таким образом, правильнее было бы говорить, что эти области участвуют в организации чтения или понимания речи (в них не локализуется чтение или понимание речи).

Аналогично обстоит дело с памятью. Так, канадский нейрохирург Пенфилд, оперируя больных эпилепсией (при таких операциях больные находятся в сознании), сделал следующее наблюдение. Если с помощью электродов раздражать височную долю мозга больного, то у него возникает ощущение, что он воспринимает (видит, слышит) события, как будто совершенно исчезнувшие из памяти. Таким образом, височные области мозга участвуют в организации памяти. Однако неверным был бы вывод, что память локализуется в них. Разрушение височной коры не ведет к полному выпадению памяти.

Вообще в отношении сложных функций правильнее говорить не о локализации в мозге, а о мозговой организации, т. е. о том, какие мозговые структуры участвуют в их осуществлении и какова роль каждой из них. Эту мысль еще в 30-х годах высказал замечательный советский физиолог Н. А. Берпштейн.

В осуществлении таких функций организма принимают участие многие области мозга. Задача изучения мозга состоит в том, чтобы понять, как участвует та или иная область в сложной организации функции. Изучение организации функции помогает как в диагностике, так и в лечении больных.

Разрушенные клетки мозга не восстанавливаются. Поэтому зрение, потерянное в результате разрушения проекционной зрительной коры, восстановить невозможно. Иначе обстоит дело с потерей способности читать (узнавать буквы) в результате ранения соответствующей области коры левого полушария мозга. Врач, не имея возможности восстановить разрушенный участок

коры, может восстановить способность читать — вернее, не восстановить, а заново и по-новому построить.

Приведем пример. Талантливый инженер был ранен в голову во время Великой Отечественной войны. В результате ранения он потерял способность читать. Больной видел, но не узнавал букв. В то же время он мог писать — «двигательные образы» букв у него сохранились. Не пострадал и интеллект больного. Он продолжал работать инженером, но работать мог только с секретарем. Чтобы прочесть что бы то ни было, даже только что им самим написанное, ему нужен был помощник, читавший вслух. В таком ССТОЯНИИ раненый попал в отделение профессора А. Р. Лурия, где врачи стали заново «строить» у него функцию чтения. Глядя на букву, больной не узнавал ее. Лишь обведя букву, он узнавал ее — узнавал не глазом, а рукой. Позже он уже не обводил букву, а воспроизводил пальцем ее контур. Затем он научился узнавать буквы, воспроизводя их пальцем руки, спрятанной в карман. Месяцы тренировки — и больной научился довольно бегло читать. Он вернулся к полноценному творческому труду конструктора, который теперь уже стал посилен ему без постоянного секретаря-чтеца.

Кажется, что потерянная функция восстановлена. Но она не восстановлена, а заново (и по-новому) сконструирована. Достаточно врачу сжать пальцы руки больного, как тот становится «неграмотным». В его способности читать участвуют те области мозга, которые анализируют ощущения мышц и суставов пальцев руки.

Мозг — сложная система, построенная из огромного числа нейронов. Часть нейронов связана непосредственно с периферией — различными органами. Чем сложнее функция, тем большее число мозговых зон участвует в ее организации, взаимодействуя между собой. Сложную функцию невозможно связать с каким-либо одним участком мозга. Зная, как организована та или другая функция мозга, врач во многих случаях получает возможность восстановить (вернее, заново построить) ее даже при необратимом поражении таких участков мозга, которые ранее были необходимы для ее осуществления.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АНАЛИЗАТОРНЫХ СИСТЕМ В МОЗГЕ

Как мы уже видели, в мозге существует специализация систем. Так, например, полюс затылочной доли связан преимущественно со зрением, а определенные участки височной области — со слухом. Но все они находятся в тесном взаимодействии. Одним из проявлений межси-стемных мозговых связей является взаимодействие чувствительных систем — анализаторов. Заметить факт влияния анализаторов друг на друга можно даже в повседневной жизни. На лекциях с демонстрацией диапозитивов, когда в аудитории то гасят, то зажигают яркий свет, многим кажется, что сразу после включения света голос лектора становится громче. На самом же деле он не изменяется. Ощущение увеличения громкости имеет место и тогда, когда звучит не голос человека, а прибор с заведомо постоянной силой звука. Таким образом, световое раздражение (в нашем примере — включение яркого света) изменяет слух человека, оценку человеком звукового сигнала.

Возможно, читатель обращал внимание на то, что обычные лампы накаливания, дающие слегка желтоватый свет, и ртутные лампы, дающие зеленоватый свет, создают различное самочувствие. Лампы с желтоватым светом создают ощущение тепла, а с зеленоватым — холода. Это явление нашло отражение даже в широко распространенном представлении о теплых и холодных цветовых тонах.

Влияние возбуждения одних органов чувств на чувствительность других замечали уже давно. Еще М. В. Ломоносов в 1753 г. «делал опыты, коими оказалось, что цветы, а особливо красный, на морозе ярче, нежели в теплоте».

Каковы же пути влияния одних анализаторов на другие?

Долгое время господствовало представление о том, что влияние анализаторов друг на друга осуществляется всегда через вегетативную систему — отдел нервной системы, регулирующий главным образом работу внутренних органов. Распространенности такой точки зрения способствовали замечательные исследования советского физиолога Л. А. Орбели, который установил, что вегетативная нервная система оказывает влияние почти на все функции организма, в том числе и на функции органов чувств. Экспериментально было доказано и то, что возбуждение органов чувств изменяет состояние вегетативной нервной системы. Это делало очень правдоподобным предположение, что любое влияние одного анализатора на другой — вегетативный рефлекс. Однако правдоподобие — еще не доказанный факт.

Изучая взаимодействие анализаторов, мы исследовали, как влияют различные запахи на чувствительность зрительного анализатора к электрическому раздражению: определяли минимальное раздражение (порог), вызывающее световое ощущение, а затем смотрели, как изменяется этот зрительный порог после обонятельного раздражения. Было исследовано много пахучих веществ. Все они вызывали один и тот же эффект: зрительные пороги повышались, т. е. снижалась чувствительность зрительного анализатора к электрическому раздражению.

Пахучие вещества отчетливо влияют на вегетативную нервную систему. Однако характер этого влияния различен у разных запахов. Вегетативная система состоит из двух отделов — симпатического и парасимпатического. Одни запахи являются симпатомиметическими — повышают тонус симпатического отдела, а другие — парасимпатомиметическими. Влияние же на электрическую чувствительность зрительного анализатора оказалось одинаковым у всех запахов — все они повышали пороги, т. е. снижали чувствительность.

Является ли это влияние результатом тех сдвигов, которые вызываются запахами в вегетативной нервной системе? Проверить это можно было, проследив, как влияют на электрическую чувствительность зрительного анализатора те или иные изменения состояния вегетативной нервной системы, полученные не обонятельным раздражением, а каким-либо иным путем. Известно, что введение в организм некоторых веществ, например карбохолина, повышает тонус парасимпатической системы, а введение других веществ, например эфедрина, повышает тонус симпатической системы. Именно этими веществами мы и воспользовались. Результат воздействия различных веществ оказался неодинаковым: введение карбохолина увеличивало зрительные пороги, а введение эфедрина уменьшало их. Запахи же, как мы уже говорили, влияли одинаково: они увеличивали зрительные пороги независимо от того, каково было их влияние на вегетативную нервную систему. Значит, обонятельный анализатор взаимодействует со зрительным не через вегетативную систему. Этот вывод подтвердился еще и тем, что хирургическая перерезка (при операции по поводу опухоли) вегетативных путей не изменила характера влияния обонятельных раздражений на чувствительность зрительного анализатора.

Какие же отделы анализаторов обеспечивают их взаимодействие в нашем случае? Чтобы проверить роль центральных отделов анализаторов, нужно было исключить периферическое раздражение пахучим веществом. И вот, испытуемым давали ряд пробирок, в которых содержалось лишнее запаха вещество, и предлагали им определить, из какой пробирки чувствуется слабый запах. Таким образом периферическое раздражение обонятельного анализатора было исключено, а вместе с тем испытуемый активно напрягал обоняние, пытаясь определить запах (в действительности отсутствовавший). Результат исследования показал, что как реальный запах, так и активное напряжение обоняния ведут к увеличению зрительных порогов. Случайное ли это совпадение? Может быть, любое напряжение внимания повышает зрительные пороги?

Исследование взаимодействия слухового анализатора со зрительным показало, что звуковое раздражение (в отличие от обонятельного) снижает зрительные пороги. Мы исследовали и на этой паре анализаторов роль активного напряжения внимания. После нескольких промеров зрительных порогов испытуемого просили прислушаться, не появится ли слабый звук, и, если хоть малейший звук будет услышан, немедленно дать знать об этом нажатием кнопки. В действительности же никакого звука не возникало, а экспериментатор продолжал исследовать пороги зрительного анализатора. Пороги эти, как и при действии звука, снижались.

Итак, активное напряжение обоняния, как и реальный запах, повышает зрительный порог; активное напряжение слуха, как и реальный звук, снижает зрительный порог. Следовательно, результат зависит прежде всего от того, центральные отделы какого анализатора напряжены.

Различная направленность изменения чувствительности зрения при слуховых и обонятельных раздражениях дает основание полагать, что соотношения между анализаторами сформировались в процессе эволюции не случайно, а имеют определенный биологический смысл. Сигнал, дошедший до какого-либо анализатора, свидетельствует об изменении, происшедшем в окружающей обстановке. В этой ситуации от организма могут потребоваться новые действия, изменение программы поведения. А чтобы подготовиться к действиям, нужно прежде всего разобраться в ситуации, получить максимум необходимых сведений о ней. Взаимодействие анализаторов и отражает перестройку деятельности анализаторов, обеспечивающую наилучшую доставку организму информации, необходимой для организации определенной биологической деятельности.

Звук — обычно сигнал о том, что где-то кто-то появился. При действии звука мобилизуются и

другие анализаторы, доставляющие информацию об отдаленных объектах,— прежде всего зрение. Мобилизуется и двигательная система: достаточно посмотреть, как меняется поза и мышечный тонус животного при внезапном звуке. Подготовка к бегству от хищника, к преследованию жертвы или к отысканию и добыванию пищи требует мобилизации анализаторных функций, доставляющих информацию о далеких объектах. В таких ситуациях функции, связанные с доставкой информации о близких объектах, не играют заметной роли и поэтому могут ослабляться.

Запах (во всяком случае, для человека) — сигнал о близких объектах. Он связан, в частности, с такой деятельностью, как прием пищи. Здесь биологически целесообразна активация таких видов чувствительности, как вкус, осязание. Зрение же не играет тут существенной роли — оно в основном «дальнобойный» анализатор. В подобной ситуации оно может ослабляться.

Многие расстройства функций мозга вызываются заболеваниями тех или других его участков. Так, при поражении затылочной области нарушается зрение. Врач исследует чувствительные и двигательные функции пациента, различные рефлексы и на основании выявленных нарушений устанавливает, какие участки мозга поражены. Такая диагностика называется топической (от греческого слова «топос» — место).

Но при некоторых заболеваниях нервной системы топическая диагностика не выявляет очага поражения — каждый участок сам по себе работает хорошо. Работа же мозга в целом нарушена. Это давало основание предполагать, что нарушение касается не отдельных мозговых систем, а их взаимодействия. Нельзя ли именно в этих случаях обнаружить нарушение, исследуя взаимодействие анализаторов?

Исследование большого числа больных показало, что нарушение взаимодействия анализаторов имеет место у многих больных. Существенным является то, что нарушения взаимодействия анализаторов различны у больных с разной клинической картиной. Выявились три типа нарушений взаимодействия анализаторов — ослабление, извращение и усиление. Эти различия в характере взаимодействия анализаторов имеют и практическое значение для медицины.

Ослабление взаимодействия анализаторов выражается, например, в том, что обонятельное раздражение не вызывает у больных заметных изменений чувствительности зрения. Такое нарушение наблюдается, в частности, после травмы мозга. Ослабление взаимодействия анализаторов говорит врачу о состоянии больного даже при легком сотрясении мозга, когда не удается обнаружить других объективных признаков его поражения. По тому, как быстро после травмы восстанавливается взаимодействие анализаторов, можно судить о ходе восстановления, об эффективности лечения. Ослабление взаимодействия анализаторов наблюдается и при ряде других заболеваний, например при некоторых реактивных состояниях, возникающих в результате тяжелой психической травмы. Лекарственные вещества, улучшающие состояние нервной системы (кофеин и некоторые другие), способны улучшать и взаимодействие анализаторов.

Извращение взаимодействия анализаторов выражается в том, что обонятельное раздражение вместо снижения чувствительности зрения ведет к его повышению. Такая картина наблюдается у больных, страдающих эпилептическими припадками, вызванными различными причинами.

Исследование показало, что характер нарушения взаимодействия анализаторов не зависит от характера эпилептических припадков, но зависит от их частоты и от периода по отношению к припадку. У больных с частыми припадками извращение взаимодействия анализаторов держится, как правило, постоянно. У больных с редкими припадками извращение взаимодействия анализаторов в отдаленный от припадков период выражено слабее, чем в период, близкий к припадку (особенно резко выражено оно перед припадком). При длительном промежутке между припадками у больных в отдаленный от припадков период может иметь место ослабление взаимодействия анализаторов. Извращение взаимодействия анализаторов связано с судорожной готовностью, при которой возбуждение, возникшее в каком-либо участке нервной системы, имеет тенденцию к распространению на другие участки. Извращение взаимодействия иногда помогает распознать эпилепсию на той стадии болезни, когда остается еще недостаточно ясным, являются ли припадки эпилептическими.

Усиление взаимодействия анализаторов состоит в том, что обонятельное раздражение вызывает сдвиги в зрительном анализаторе, значительно превышающие те, которые наблюдаются у здоровых людей. Этот тип нарушения наблюдается у некоторых больных, в клинической картине которых имеют место галлюцинации и иллюзии, феномен «звучания мыслей», когда больным кажется, что они слышат собственные мысли, произносимые кем-то вслух. Иногда такие больные видят перед собой то, о чем они думают, или то, о чем слышат,— визуализация мыслей или

слышимого.

Визуализацию мыслей иногда сближают с другим явлением — эйдети́змом, при котором человек продолжает видеть картину некоторое время и после того, как она исчезла из поля зрения. Он, например, может пересчитать окна в доме уже после того, как рассматриваемое им изображение дома убрано. У людей с эйдети́змом исследование не выявило усиления взаимодействия анализаторов. При внешнем сходстве (человек видит отсутствующий объект) визуализация слышимого (или мыслей) и эйдети́зм имеют различную природу: в одном случае — усиление межанализаторных связей, в другом, по-видимому, повышенная инертность процессов в анализаторе.

Отклонения от обычной картины межанализаторных связей встречаются иногда и у здоровых людей, проявляясь в виде синестезий — соощущений. При синестезии раздражитель, действуя на соответствующий орган чувств, помимо воли человека вызывает не только ощущение, специфичное для данного органа чувств, но одновременно еще и добавочное ощущение, характерное для другого органа чувств. Эти добавочные ощущения могут быть зрительными (фотизмы), слуховыми (фонизмы), вкусовыми, осязательными и т. д. Наиболее распространенным проявлением синестезии является «цветной слух», при котором звук наряду со слуховым ощущением вызывает добавочное зрительное (цветовое). Яркие явления «цветного слуха» были у композитора А. Н. Скрябина и, как известно, наложили определенный отпечаток на его творчество. Различные звуковые тоны вызывали у Скрябина отчетливые ощущения цвета. Л. Л. Сабанев приводит в «Воспоминаниях о Скрябине» слова композитора: «Вот вам до-мажор каким кажется? Красным. Ясно, что красный... А вот Fis — синий, это совершенно очевидно... Это мне так же ясно, как то, что вот вы стоите и я стою». И еще: «Ведь каждому звуку соответствует цвет. Вернее, не звуку, а тональности. Вот у меня в «Прометее» в начале — тут как бы совмещение тональности А и тональности Fis — поэтому тут должны быть цвета розовый и синий»¹.

А. Р. Лурия наблюдал синестезии у Ш.— человека, обладавшего феноменальной памятью. У него каждый звук порождал не только переживания света и цвета, но также и вкуса, прикосновения. Так, например, когда включали тон 50 герц громкостью 100 децибел, он видел коричневую полосу на темном фоне с красными языками. На вкус этот звук напоминал кисло-сладкий борщ — вкусовое ощущение захватывало весь язык. Другие тоны вызывали иные ощущения, но для каждого тона они были всегда одинаковыми.

Этот случай интересен тем, что у одного и того же человека имели место явления синестезии различной сложности, как бы протекавшие на различных уровнях.

¹ Л. Л. Сабанев. Воспоминания о Скрябине. М., 1925, стр. 48.

Наряду с «цветным слухом» у него возникали различные зрительные ощущения под влиянием различных голосов. Так, голос психолога Л. С. Выготского был для него «желтым и рассыпчатым», а голос кинорежиссера С. М. Эйзенштейна вызывал иное чувство: «как будто какое-то пламя с жилками надвигалось на меня». Гласные звуки были для него простыми фигурками, согласные — брызгами; когда кто-либо произносил слова «да» или «нет», перед глазами появлялось пятно. Такие явления наблюдались с раннего детства: «Когда около 2-х или 3-х лет меня начали учить словам молитвы на древнееврейском языке, я не понимал их, и эти слова откладывались у меня в виде клубов пара и брызг». И уже став взрослым, он продолжал видеть клубы пара и брызги, когда слышал шум; шум мешал ему — превращался в линии.

Зрительные переживания были связаны у Ш. не только с физической характеристикой звука или звуковой, структуры голоса и слова. Они связывались и со смысловым содержанием слов, вызывая появление зрительных образов. Слово «мама» — это светлый туман. Имена Маша, Маня, Маруся, Мэри вызывали различные зрительные образы. Динамичные зрительные образы видел Ш., когда читал и прозу и стихи; эти образы сталкивались друг с другом и иногда мешали воспринимать смысл читаемого. Визуализировались и собственные мысли: перед Ш. возникали ясные зрительные образы, осязаемость которых граничила с реальностью. Это сказывалось и на всем строе мышления Ш. Решая задачу, он не оперировал отвлеченными понятиями, а видел перед собой конкретную картину, производя «реальные» операции с предметами. «Другие думают, а я ведь вижу!..»

Однако выраженные явления синестезии у здоровых людей довольно редки. Нарушение взаимодействия анализаторов чаще всего свидетельствует об отклонениях в работе нервной системы.

Таким образом, исследование взаимодействия анализаторов раскрывает некоторые стороны

природы болезненных состояний и может быть использовано в диагностике — особенно в таких случаях, когда не выражены симптомы локального поражения тех или иных участков мозга.

СОН — ТОЖЕ РАБОТА МОЗГА

Современные методы исследования, и прежде всего методы электрофизиологии, много дали не только для понимания работы бодрствующего мозга, но и для анализа того, что происходит в спящем мозге. В частности, пришлось пересмотреть взгляд на сон как на бездеятельное состояние мозга — состояние чистого отдыха и покоя.

Сон и сновидения издавна привлекали к себе внимание людей: и философов, и ученых, и поэтов — и вообще всех, кто склонен задуматься над тем, что наблюдает вокруг себя. Состояние спящего человека, который не реагирует на происходящее вокруг, а, проснувшись, рассказывает, что видел и слышал много диковинного, чего не видели и не слышали люди, находившиеся тут же, — все это вызывало изумление. Понятно, что в старину объясняли эти явления вмешательством сверхъестественных сил, что вызывало суеверный страх, веру в вещие сны. Некоторые философы и поэты видели в сне освобождение души от оков чувственного мира, приобщение к «нездешнему». В 20-х годах прошлого столетия Ф. И. Тютчев писал:

Как океан объемлет шар земной, Земная жизнь кругом объята снами; Настанет ночь, и звучными волнами Стихия бьет о берег свой. То глас ее: он нудит нас и просит...

С развитием естествознания люди стали понимать, что сновидения — результат психической деятельности спящего. Начали обращать внимание на сходство между сновидениями и некоторыми проявлениями больной психики. Заметили, что эти состояния отличаются и от бодрствования, и от спокойного сна без сновидений.

Есть бытие, но именем каким Его назвать? Ни сон оно, ни бденье; Меж них оно, и в человеке им С безумием граничит разуменье.

Так писал в 1827 г. поэт Е. А. Баратынский. А через сто лет физиолог И. П. Павлов подверг сон экспериментальному исследованию. Он пришел к выводу, что сон — это разлитое торможение нервных клеток коры головного мозга, а сновидение возникает при неполном их торможении — в состоянии, промежуточном между глубоким сном и бодрствованием. Это состояние имеет сходство с некоторыми болезненными состояниями психики.

Отчего же наступает сон?

Из того факта, что бессознательное состояние, напоминающее сон, возникает, если зажать артерии шеи (отсюда название «сонная артерия»), более ста лет назад сделали предположение, что сон — результат обескровливания мозга. Но это предположение не подтвердилось.

Регулярная смена сна и бодрствования делала заманчивым предположение о том, что при активной деятельности в организме накапливаются какие-то ядовитые вещества (гипотоксины), действие которых на мозг и вызывает засыпание. Во время сна же организм очищается от этих ядовитых веществ, что ведет к пробуждению. Эту теорию предложили французские ученые Р. Лежандр и А. Пьерон. Но и она не подтвердилась дальнейшими наблюдениями ученых. П. К. Анохин наблюдал сон двух сросшихся девочек-близнецов. Близнецы имели совершенно отдельные нервные системы и совершенно обобщенное кровообращение (это было установлено при их жизни и подтверждено после смерти). Девочки имели общее туловище, но самостоятельные головки и ручки. Если сон действительно вызывается специальными химическими веществами, то обе головки должны были засыпать одновременно, когда кровь принесет им эти вещества. Оказалось же, что головки могли засыпать и в разное время. Одна из них могла спать крепким сном, а другая в то же время (иногда в течение часа) улыбалась и забавлялась игрушками. Значит, сон вызывается не химическими воздействиями на мозг.

Каждый знает по собственному опыту, что человека клонит ко сну, когда он оказывается в тихой темной комнате, т. е. в обстановке с минимумом внешних раздражений. И. М. Сеченов описал двух больных, у которых одновременно было поражено несколько органов чувств. В одном случае у больного осталась лишь возможность видеть одним глазом и слышать одним ухом. Когда эти глаз и ухо закрывали, больной засыпал; при их раздражении он просыпался. В другом случае из всех внешних органов чувств больная обладала только осязанием. Она тоже почти всегда спала.

В лаборатории И. П. Павлова были проведены опыты на собаках, лишенных зрения, слуха и обоняния. Собаки спали почти круглые сутки. Но при поглаживании кожи, чувствительность которой была сохранена, они просыпались и даже вставали на ноги. Все эти факты доказывают, что смена сна и бодрствования связана с потоком сигналов от органов чувств в мозг.

В последние десятилетия благодаря новому методу — регистрации электрических процессов в мозгу — получены данные, которые привели к новым представлениям о природе сна.

Сравнение электрических колебаний мозга, записанных во время сна и бодрствования у здоровых людей, показало отчетливые различия. Во время сна колебания замедляются, а амплитуда их увеличивается. Это было известно еще в 30-х годах. А в 1953 г. американские ученые А. Азеринский и Н. Клейтман обнаружили, что за время нормального ночного сна у здорового человека электрические колебания в течение ночи три-четыре раза становятся быстрыми, как при бодрствовании. Но при этом человек продолжает спать, не реагируя на раздражения, лежит с расслабленными мышцами. В эти сравнительно короткие периоды (они длятся менее получаса) в состоянии спящего происходят заметные изменения. Глаза спящего, почти неподвижные в другие периоды сна, начинают быстро двигаться, как будто он что-то рассматривает; пульс учащается; повышается артериальное давление; дыхание становится поверхностным и неритмичным; усиливается выделение в кровь некоторых гормонов. Эту фазу сна назвали «парадоксальным» или «быстрым» сном, а обычный сон с медленными электрическими колебаниями мозга и без быстрых движений глаз — «медленным» сном. У новорожденных быстрый сон занимает около 80% всего времени сна, а у взрослых 17—30%, причем более половины его приходится на последнюю треть ночи. С увеличением возраста наблюдается более частая смена стадий сна.

Наблюдения над быстрым сном позволили во многом уяснить вопрос о природе сновидений. Когда человека будили во время быстрого сна или в ближайшие 15 минут после его прекращения, то разбуженный чаще всего (в 65% случаев) рассказывал о своем сновидении. Если же пробуждение наступало не в фазе быстрого сна и не вскоре после нее, то рассказы о сновидениях были крайне редкими. Таким образом, быстрый сон — это чаще всего сон со сновидениями. А поскольку быстрый сон имеет место у всех людей в течение каждой ночи, можно предположить, что все люди каждую ночь видят сны, но часто не помнят о них. Если бы их разбудили в фазе быстрого сна, они рассказали бы о содержании сновидения.

Необходим ли человеку быстрый сон со сновидениями? Чтобы решить этот вопрос, были поставлены опыты на здоровых людях, которых приучили спать в условиях, когда у них в течение всего ночного сна регистрировали биотоки мозга. Одну группу исследуемых будили, как только появлялись быстрые электрические колебания, соответствующие быстрому сну со сновидениями. Медленный сон у этих людей не ограничивали. Другую группу — контрольную — будили так же часто, но в периоды медленного сна.

У людей, которых будили при появлении быстрого сна, периоды сна со сновидениями стали появляться чаще — через более короткие промежутки времени. Когда лишение быстрого сна прекращалось, то в течение нескольких ночей наблюдалось значительное увеличение времени сна со сновидениями (до 60% от общей длительности сна). У людей, которых будили в периоды медленного сна, подобные явления не наблюдались. Природа как бы пыталась компенсировать лишение быстрого сна со сновидениями. При более длительном лишении быстрого сна у человека развивались нарушения психики — тревога, страх, напряженность. Таким образом, сон со сновидениями необходим для человека.

Опыты с лишением быстрого сна показали, что у животных (кошек, кроликов, собак и обезьян), как и у людей, обычный, медленный, сон перемежается периодами быстрого сна с характерной для него электрической активностью мозга и быстрыми движениями глаз. Иногда возникают быстрые подергивания ушей, челюстей, губ, хвоста и конечностей.

Вопрос о том, видит ли животное сновидения, остается без ответа, так как единственным безусловным свидетельством сновидения является рассказ видевшего сон. Но поведение животных во сне иногда очень напоминает поведение человека, видящего сон. Некоторые охотники даже утверждают, что могут определить по поведению спящей собаки, снится ли ей охота на зайца или охота па уток. Во всяком случае, можно утверждать, что состояния быстрого и медленного сна у животных сходны с этими состояниями у человека.

Это побудило ученых более детально исследовать, к чему приводит длительное лишение животного быстрого сна. Очень остроумно были проведены такие исследования в лаборатории французского физиолога Жуве. Кошку помещали на небольшую, окруженную водой площадку-островок, на которой можно было стоять или сидеть, но невозможно было поместиться лежа. В состоянии бодрствования и медленного сна кошка удерживалась на площадке. Но как только наступала фаза быстрого сна с характерным для него полным расслаблением мышц, кошка теряла равновесие, падала в воду и просыпалась. Общая продолжительность сна сокращалась в этих опытах лишь на 10—20%, поскольку медленный сон кошек не ограничивали, быстрый же сон был

невозможен. Опыты с лишением кошек быстрого сна длились от 10 часов до 17 суток. В первое время после помещения на островок кошки проявляли беспокойство, но уже через 12 часов восстанавливался медленный сон. После опыта кошки как бы компенсировали недостаток быстрого сна: если опыт продолжался более трех суток, то быстрый сон у кошки составлял 60% всего времени ее сна. После опыта спящая кошка не реагировала на звук — не пробуждалась от него.

Исследования показали, что с помощью различных веществ можно заметно уменьшать или удлинять периоды быстрого сна. Соотношение фаз быстрого и медленного сна изменяется при повреждении определенных мозговых структур у подопытных животных, а также у людей с некоторыми заболеваниями мозга.

Подопытных кошек лишали быстрого сна, разрушив у них определенные участки мозга. Поведение этих животных изменялось очень своеобразно. Они могли стоять, самостоятельно питаться, но время от времени взгляд их становился пристальным, они застывали с поднятой головой и расширенными зрачками, протягивали лапу, как бы пытаясь дотянуться до какого-то предмета, которого на самом деле не было. Такое поведение кошки очень напоминает поведение больного человека, переживающего зрительные галлюцинации.

Все эти факты привели к новому пониманию природы сна. До недавнего времени сон рассматривали как разлитое по коре мозга торможение, как пассивный процесс. Сон со сновидениями представлялся состоянием неглубокого торможения. Теперь же стало ясно, что сон — активный процесс. Во время сна мозг продолжает работать, но не так, как в состоянии бодрствования.

Оказалось, что в мозге есть структуры, раздражение которых ведет к засыпанию животного. Многие нервные клетки в мозге (как показали электрофизиологические исследования) во сне не только не заторможены, но находятся в состоянии повышенной активности. Сон со сновидениями — активное состояние мозга, необходимое для нормальной работы организма.

Пришлось пересмотреть^ и точку зрения на сон со сновидениями, который считали неглубоким сном. Чтобы разбудить спящее животное в период быстрого сна, необходим более громкий звук, чем в период медленного сна. Казалось бы, отсюда следует, что быстрый сон более глубокий. Вместе с тем электрические колебания в мозге во время быстрого сна соответствуют его активному состоянию. Выходит, это парадоксальный сон, по одним признакам самый глубокий, по другим — граничащий с активным состоянием.

Существенное различие между быстрым и медленным сном выявили исследования здоровых людей, которым на различных стадиях ночного сна давали два разных (по высоте) звуковых сигнала. Если испытуемым перед засыпанием предлагали реагировать только на один из этих сигналов, то они не различали звуки ни в стадии медленного сна, ни в стадии быстрого. Если же после одного из сигналов испытуемые несколько раз получали болевое раздражение, то данный звук начинал вызывать активацию коры мозга в стадии быстрого сна (как и в состоянии бодрствования). В стадии же медленного сна испытуемые не различали оба звука (подкрепленный и не подкрепленный болевым раздражением). На основании этих опытов можно полагать, что в стадии быстрого сна мозг особенно чувствителен к сигналам, сообщающим о возможной опасности.

Все эти факты натолкнули некоторых исследователей на мысль, что сон — не однородный процесс. Больше того, считают, что надо различать не два состояния организма — сон и бодрствование, а три: бодрствование, медленный сон (т. е. обычный) и быстрый (парадоксальный) сон. Состояния, похожие на быстрый сон, могут возникать не только на фоне обычного сна, но и на фоне бодрствования («грезы наяву»).

Чередование сна и бодрствования — необходимое условие нормальной психической деятельности человека. Немудрено, что с целью сломить волю человека инквизиторы разных времен лишали человека сна.

Часто досадуют, что треть жизни человек проводит во сне, что это время «пропадает» для созидательной деятельности. Но если «красть» время у сна, это не приведет к увеличению общей продуктивности человека. Каждый знает, как плохо идет работа после бессонной ночи. А длительное лишение сна может повести и к более печальным последствиям — к нарушениям психической деятельности.

Итак, вопрос о природе сна и сновидений очень сложен. Существующие точки зрения противоречивы: каждая объясняет какую-либо группу фактов, но ни одна не объясняет всего многообразия. Сам факт существования различных взглядов — признак того, что проблема еще

недостаточно ясна.

Весьма вероятно, что дальнейшее изучение природы сна и сновидений приведет к созданию концепции, в рамках которой наряду с тем, что было уже давно установлено работами павловской физиологической школы, найдется объяснение и тем данным, которые обнаружены в последнее время с применением современных методов электрофизиологии.

Во всяком случае, уже сейчас ясно, что сон — не пассивный отдых мозга, а его деятельность — иная, чем в состоянии бодрствования, но совершенно необходимая для нормального протекания психических процессов, для здоровья человека. Сон — деятельность мозга по переработке информации при заблокированных в значительной степени «внешних входах» — анализаторах. В этих условиях преобладающее значение имеют «внутренние входы», через которые поступает информация, хранящаяся в мозгу — память о прошлом, прогнозы и планы на будущее. Это находит отражение в содержании сновидений.

ЧЕЛОВЕК «ДОСТРАИВАЕТ» ОРГАНЫ ЧУВСТВ

О том, как хорошо видят орлы, знают все. Глаз орла — сложный прибор, позволяющий ему видеть довольно мелкие детали на большом расстоянии. А какое зрение у червей? У земляного червя по всей поверхности тела разбросаны светочувствительные клетки. Он чувствует свет всем телом, как мы чувствуем тепло. Земляной червь чувствует, какой участок его тела освещен, но направления, откуда пришел свет, он различить не может.

Казалось бы, ясно, что орган зрения у орла лучше, чем у червя. Но что значит «лучше»? Стало бы лучше червя, если бы у него вместо светочувствительных клеток был орлиный глаз? Помогло бы это ему лучше реагировать на изменения в окружающей среде? Может быть, наоборот, бесполезная информация о далеких предметах, которую приносит зоркий глаз, запутала бы червя, помешала бы ему реагировать на действительно важные для него раздражения?

Органы чувств приносят организму информацию об изменениях в окружающей среде. Тем самым они помогают организму осуществить полезные ему действия, помогают сохранить свое существование в новой ситуации. Но чтобы выполнить эту задачу, органы чувств должны быть приспособлены к той среде, в которой живет данный организм, и к возможностям его ответных реакций. Так, например, гидре, которая ведет сидяче-прикрепленный образ жизни (по внешнему виду она больше напоминает растение, чем животное), не имеет органов перемещения тела в пространстве и может проявлять активность только в радиусе действия своих щупалец, не нужны органы чувств, доставляющие информацию об изменениях среды на значительном расстоянии от животного. Такие органы чувств были бы бесполезны гидре, так как не способствовали бы выработке целесообразного поведения. Что толку от глаза, если «видит око, да зубнеймет».

Совсем другое дело — орел. Он способен очень быстро преодолеть большое расстояние. Лишь несколько мгновений отделяют орла, парящего под облаками, от добычи на земле. Если бы глаз орла не различал маленького цыпленка на большом расстоянии, ему не нужен бы был аппарат столь точного и стремительного перемещения в пространстве — крылья. Организму бесполезны органы, которые не дают выигрыша в борьбе за существование, в борьбе за сохранение жизни организма и вида, в возможности удовлетворения потребностей организма в изменяющихся условиях. Могучая сила бесполезна ослепленному Полифему.

Итак, в процессе эволюции жизни на Земле для каждого вида установилось соответствие, «равновесие» между органами чувств и органами действия — движения, вол-действия на среду, перемещения собственного тела в пространстве. Если в результате изменчивости появлялся орган чувств с большими возможностями, то он закреплялся отбором лишь в том случае, если одновременно появлялись и новые возможности действия, для которых необходима информация, доставляемая новым органом чувств. И наоборот, возможности более быстрого перемещения в пространстве закреплялись лишь в том случае, если у животного возникли более совершенные органы чувств.

Органы чувств должны информировать организм об изменениях на таком расстоянии, которое может быть преодолено им за время, в течение которого состояние среды, определяющее поведение организма, не претерпевает существенных (для этого организма) изменений. Существенными же нужно считать такие, которые потребовали бы изменения стратегии поведения, направленной на изменение окружающей обстановки сообразно с потребностями организма.

Возможности органов действия могут быть использованы для осуществления целесообразного

поведения только при наличии соответствующих возможностей органов чувств; и наоборот — развитые органы чувств полезны лишь при соответствующем развитии органов действия. Именно поэтому в процессе эволюционного развития живых организмов у них сформировались органы чувств, соответствующие среде их обитания — точнее, тем факторам среды, которые используются данным организмом в его активной деятельности. Совокупность этих факторов можно назвать актуальной средой обитания данного организма (или вида). Актуальная среда обитания гидры, грубо говоря, определяется длиной ее щупалец. Гидра не может воздействовать на удаленные объекты и не имеет органов чувств для получения информации.

Специализированные органы чувств высоко развитых животных — результат эволюции простых и недифференцированных органов чувств низших ЖИЕОТНЫХ. Этот процесс шел параллельно увеличению возможностей органов действия (прежде всего локомоторного аппарата, т. е. аппарата перемещения в пространстве) и формированию сложной центральной нервной системы. На основании информации, полученной через органы чувств, нервная система посылает команды органам действия. У гидры, например, по поверхности тела разбросаны эпителиально-мышечные клетки, способные возбуждаться различными внешними воздействиями. Они являются одновременно и неспециализированными органами чувств, и рабочими органами. У более высокоорганизованных животных скопления светочувствительных клеток на поверхности тела расположены преимущественно у головного конца, обращенного вперед при движении животного, на котором расположено ротовое отверстие.

При дальнейшем развитии органического мира совершенствовался и специализировался двигательный и локомоторный аппарат. Чувствительные клетки оказались уже не на поверхности тела, а внутри сложных образований, устроенных так, что к этим клеткам получил доступ лишь определенный вид энергии. Благодаря этому в естественных условиях жизни организмов чувствительные окончания зрительных нервов раздражаются только светом, слуховых нервов — звуком, вестибулярных нервов — силами земного притяжения и инерции. И только в особых, необычных условиях можно «подобраться» к этим окончаниям и возбудить их чем-либо иным: электрическим током в условиях лабораторного эксперимента или каким-либо внутренним раздражителем в условиях болезни. Но это необычные условия, не они определяют ход эволюционного развития.

Так в процессе эволюции создалось соответствие между возможностями органов чувств и потребностями данного вида животных в информации об окружающей его среде, т. е. соответствие между органами чувств организма и его моторным и локомоторным аппаратом. Это соответствие мы можем наблюдать на любом уровне организации живых организмов — от самых примитивных до обезьян. Если в результате изменчивости соответствие нарушалось, то в дальнейшем (на более высоком уровне организации) изменчивость и естественный отбор восстанавливали его.

Вершиной прогресса, осуществляемого естественной эволюцией, явился человек. И вот это дитя биологического прогресса самим фактом своего появления на Земле нарушило то соответствие, которое поддерживалось природой в медленном ходе эволюции. Предок человека стал человеком тогда, когда он вооружился орудием труда. Палка, которой можно достать высоко висящий на дереве плод; камень, которым можно убить убегающую мышь или приближающуюся змею,— все это как бы удлинит руку человека. Палка и камень в виде рычага усилили руку. Праща, копье, бумеранг, лук со стрелой... Рука человека становилась все сильнее и длиннее. Человек стал «достраивать» не только руку, но и другие рабочие органы, данные ему природой. Смастерив примитивный плот, он «достроил» свои ноги, научившись «ходить» по воде.

И именно этими «достройками» человек нарушил то соответствие между возможностями своих рабочих органов и органов чувств, которое поддерживал медленный эволюционный процесс. Человек начал быстро расширять свою актуальную среду обитания. И это требовало получения такой информации о событиях и явлениях, которая не нужна обезьяне. Чтобы поразить стрелой животное, находящееся на большом расстоянии, нужно видеть зорче, чем видит глаз, сформировавшийся в соответствии с возможностями «невооруженной» руки обезьяны. Для того чтобы передвигаться по водным просторам, необходимо иметь органы чувств для восприятия далеко расположенных ориентиров. А у предков человека таких органов не было — они не сформировались изменчивостью и отбором, так как не давали им преимуществ в борьбе за существование. По мере того как человек со стремительно возрастающей скоростью «достраивал» свои рабочие органы, все больше и больше нарастало несоответствие между этими улучшенными человеком рабочими органами и его естественными органами чувств. Ведь сколько-нибудь

заметного изменения естественных органов не происходило — слишком ничтожно было время для этого.

Ограниченные возможности естественных органов чувств положили бы предел развитию приспособлений, механизмов и машин, являющихся «продолжением» рабочих органов. И человек стал «дистраивать», улучшать свои органы чувств. Появились очки и зрительные трубы. Без биноклей и подзорных труб не могли бы развиваться ни дальнобойная артиллерия, ни мореплавание. Без микроскопа не могла бы развиваться современная медицина. Эти приборы усилили глаз. Но многие виды деятельности человека требовали такой информации об окружающей среде, для получения которой человек вообще не имел от природы никаких органов чувств.

Так, например, единственным ориентиром для мореплователя в открытом море при закрытом облаками небе было магнитное поле Земли. Но у человека от природы вообще нет органа чувств для восприятия постоянного магнитного поля. И человеку пришлось создать новый «орган чувств». Он должен перекодировать информацию об интересующем нас явлении в систему сигналов, которую мы способны воспринимать каким-либо из наших органов чувств. Таким искусственным органом чувств явился для мореплователя компас — прибор, дающий информацию о магнитном поле Земли в виде световых сигналов (положение стрелки на шкале), которые человек воспринимает глазом. «Достроив» свой глаз телевизионной системой со спутником связи, человек может видеть события, совершающиеся на противоположном конце земного шара. «Достроенный» глаз человека способен увидеть маленький камешек на поверхности Луны и поведение посаженных на Луну технических устройств. А это дает ему возможность управлять их работой. Рука человека не могла бы дотянуться до Луны, если бы глаз его не мог рассмотреть, что там делается. Такую «руку» и такой «глаз» сделал себе сам человек.

Современный человек живет окруженный «достройками» рабочих органов и органов чувств. Жизнь современного человека без этих «достроек» невозможно себе представить.

В течение нескольких тысячелетий человек совершенствовал свои рабочие органы, а потом и органы чувств. Но в течение всего этого периода, почти до наших дней, человек сохранял за своим естественным органом — мозгом — функцию промежуточного звена между усиленными органами чувств и усиленными рабочими органами. Как бы ни были усилены органы чувств, они посылали собранную ими информацию в мозг; как бы ни были усилены рабочие органы, они выполняли сигналы-приказы, которые посылал управляющий ими мозг. Подобно тому как на определенной стадии развития естественные (не усиленные человеком) органы чувств оказались тормозом для дальнейшего развития техники (т. е. для усиления рабочих органов), в наше время слабым звеном оказался аппарат управления — мозг человека.

Нагрузка человека, который должен получать огромную информацию, необходимую для управления сложными производственными процессами, принимать на основании этой информации оптимальное решение и посылать соответствующие приказы исполнительным системам, огромна. Она изнурительна, а часто и непосильна. Скорости работы современных машин таковы, что человеческому мозгу не угнаться за ними. В системе «человек и машина» человек часто оказывается более медленным звеном.

Дальнейшее развитие техники требовало «достройки» естественной системы управления — человеческого мозга, как много веков назад оно потребовало «достройки» органов чувств. Из этой потребности и родилась наука об управлении — кибернетика. Человек создал машины, способные запоминать и сохранять в «памяти» огромный объем сведений. Он создал машины, способные получать и перерабатывать огромную информацию, принимать решения, отдавать приказы исполнительным устройствам — и при этом не утомляться. Он создает машины, способные обучаться, устанавливать диагноз болезни, играть в шахматы... То, что еще недавно казалось посильным только человеческому мозгу, теперь доступно машинам, которые создал человек, которыми он «достроил» и усилил свой мозг.

Итак, совершенствование человеком своих рабочих органов потребовало совершенствования органов чувств, а затем и мозга — органа управления и психической деятельности. Все это удивительно похоже на продолжение того процесса поддержания равновесия, который медленно осуществлялся в ходе естественной эволюции. Но это продолжение осуществляется человеком другими средствами и другими — значительно более быстрыми — темпами.

СПОСОБНОСТЬ ЗАГЛЯДЫВАТЬ В БУДУЩЕЕ (ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ)

Сохранить себя, сохранить свой вид — вот то главное, чему, по воззрениям эволюционной биологии, должна удовлетворять организация живого существа. А угрозу несет множество воздействий окружающей среды: и колебания температуры, и химические изменения, и нападение хищников, и многое, многое другое.

Какими же путями могут живые организмы защищать себя от всевозможных опасностей?

Один путь — спрятаться от сложного мира, несущего столько неожиданностей и опасностей. Найти возможно более безопасный уголок, где среда, непосредственно окружающая организм, мало изменчива. Второй путь — совершенствовать свои реакции на изменения среды.

Есть организмы, эволюция которых пошла по первому пути. Это паразиты, поселившиеся внутри других орга-низмов. Организм хозяина создает постоянную внутреннюю среду, а для паразита эта среда является внешней. Строение тела паразитов сравнительно простое. Им не нужны ни сложные органы чувств, ни большое разнообразие реакций, так как среда их обитания достаточно постоянна.

Однако эволюция большинства живых существ шла по второму пути. Они жили в изменчивой среде, где выживают те организмы, которые могут достаточно тонко улавливать ее изменения и соответственно реагировать на них. Эволюция этих организмов шла в основном по пути усложнения их организации, улучшения и все большей диф-ференцированности реакций на изменения среды. Однако чем сложнее орга-низм, тем больше времени нужно для осуществления реакции. В этом заключается опасность — реакция может произойти слишком поздно.

Таким образом, усложнение организма несет в себе две противоположные тенденции: полезное улучшение реакций и вредное замедление их. Казалось бы, замедление может даже положить предел улучшению реакций: самая лучшая реакция бесполезна, если она завершится слишком поздно, когда организм уже поражен. Однако в ходе эволюции у живых организмов выработалась способность, благодаря которой они успевают реагировать своевременно: организм начинает подготовку к реакции заранее, раньше, чем возникла та ситуация, ответом на которую должна служить реакция.

Первым физиологом, который стал изучать опережающие реакции, был И. П. Павлов. Основной факт, на котором Павлов сосредоточил свое внимание, состоит в следующем.

Раздражитель A (например, укол лапы или поступление пищи в рот) вызывает у животного определенную реакцию a (это может быть отдергивание лапы или выделение слюны). Раздражитель B (например, звонок или зажигание лампочки) не вызывает реакции a (отдергивания лапы или слюноотделения). Однако если раздражитель B достаточно много раз (n) предшествовал раздражителю A , то организм начинает отвечать на один стимул B (не дожидаясь наступления A) реакцией a , которая адекватна именно в ситуации A : животное отдергивает лапу, не дожидаясь, когда его уколют, или выделяет слюну, не дожидаясь, когда в рот попадет пища. Коротко изменение реакций можно записать так:

$$\left. \begin{array}{l} A \rightarrow a \\ B \rightarrow a \\ BA \rightarrow a \\ \dots \\ \dots \\ B \rightarrow a \end{array} \right\} n \text{ раз}$$

Такие реакции Павлов назвал условными рефлексам, так как они возникают лишь при определенных условиях — если раздражитель (или ситуация) A закономерно следует за раздражителем (или ситуацией) B . В этом случае принято говорить, что безусловным раздражителем A подкрепляют условный раздражитель B . Таким образом, раздражитель B становится сигналом, по которому организм как бы опережает события, т. е. реагирует, не дожидаясь ситуации A .

Для изучения условных рефлексов И. П. Павлов построил в Ленинграде «башню молчания» — специальное лабораторное здание, в котором подопытные животные были изолированы от случайных посторонних воздействий. Павлов стремился создать такую обстановку, в которой за условным раздражителем (B) всегда бы следовал безусловный раздражитель (A) и между ними не вклинивались случайные раздражения. «Башня молчания» давала возможность максимально приблизиться к таким условиям.

В реальной жизни живых существ на них действует множество самых разнообразных раздражителей. Но тем не менее условные рефлексы у них вырабатываются, хотя и не так быстро, как в «башне молчания». Представим себе, что на каждый организм даже в сходных ситуациях действовали различные раздражители. Но один из них встречается очень часто, а остальные редко. Например, после звона расставляемой на столе посуды чаще всего следует еда, а иногда — телефонный звонок или получение телеграммы. Условный рефлекс все же вырабатывается: при звоне расставляемой на столе посуды «текут слюнки». Таким образом, организм ведет себя так, будто он в состоянии предвидеть (прогнозировать), какие события наступят дальше. Откуда же может организм получить сведения о будущем? Ведь, строго говоря, предсказать, что будет, невозможно. Организм может только получать сведения о том, что происходит в данный момент, и сохранять в памяти сведения о том, что было в прошлом. Но оказывается, именно эти сохраняемые памятью сведения о событиях прошлого и помогают организму «заглядывать в будущее».

Память сохраняет не только следы бывших событий и их последовательности, но и следы того, как часто одно событие следовало за другим. Так, если после события A в прошлом наступали разные события $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$, то в памяти сохраняются данные о том, как часто каждое из них встречалось после события A — $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Это дает основание предполагать, с какой вероятностью наступит то или иное событие после A : появление события B_1 прогнозируется с вероятностью P_1 , события B_2 — с вероятностью P_2 и т. д.

Такое прогнозирование на основе вероятностной структуры прошлого индивидуального опыта мы назвали вероятностным прогнозированием предстоящих событий. Оно не является абсолютно достоверным, а лишь указывает, с какой степенью вероятности можно ожидать наступления того или иного события.

Какую же пользу приносит организму способность к вероятностному прогнозированию? Предположим, что вероятность наступления события B_1 в случае, если имело место событие A , равна 0,9 (это значит, что за достаточно длинный отрезок времени после события A в 90% случаев наступало событие B_1). Следовательно, P_1, P_2, \dots, P_n очень малы, составляя в сумме 0,1. Организм получит определенное преимущество, если в случае наступления события A сразу же начнет преднастройку — подготовку к реакции на событие B_1 . В 90% случаев его реакция окажется выигрышной — более быстрой, чем если бы он начинал подготовку лишь после того, как узнал, какое именно событие на этот раз следует за A . Правда, организм проиграет во времени реакции в случае наступления какого-либо из маловероятных событий. Но проигрыш будет редким (10% случаев). Даже если проигрыш будет иногда очень большим и в некоторых случаях приведет к гибели отдельных организмов, биологический вид, действующий в соответствии с вероятностным прогнозом, получит преимущество в борьбе за существование: вид сохранится ценой гибели отдельных особей.

Рассмотрим крайнюю ситуацию, когда после A всегда наступает B_1 . В этом случае $P_1 = 1$, а $P_2 = P_3 = \dots = P_n = 0$. После A можно достоверно прогнозировать наступление B_1 . Стало быть, организм может не просто готовиться к реакции, соответствующей ситуации B_1 , а даже доводить эту реакцию до конца (не дожидаясь B_1). Именно к этим условиям и старались физиологи приблизить животное, вырабатывая условные рефлексы в «башне молчания», о которой говорилось выше.

А что если нет такого события B_1 , вероятность возникновения которого после A значительно выше вероятности возникновения после A всех остальных событий?

Рассмотрим крайнюю ситуацию, когда события B_1, B_2, \dots, B_n одинаково часто, но в случайном порядке встречались после события A , т. е. $P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/n$. Тогда наступление события A не дает никаких оснований прогнозировать с большей вероятностью наступление какого-либо из событий B_1, B_2, \dots, B_n . Подготовка к действиям, соответствующим одному из этих событий, чаще всего (в среднем $n - 1$ из n случаев) вела бы не к выигрышу, а к проигрышу в скорости реакции. Максимальный выигрыш во времени реакции получится в том случае, если организм равномерно распределит свои резервы для преднастройки к действиям в любой из ситуаций B_1, B_2, \dots, B_n . И действительно, в ситуации неопределенного прогноза в организме наступает реакция «широкой мобилизации» — в кровь поступают гормоны, активирующие нервную систему, из печени в кровь поступает сахар, необходимый для работы мышц (хотя еще неясно, каким именно мышцам он потребуется), и т. д.

Такую реакцию называют ориентировочной реакцией. Очень характерно поведение животного, когда появился неожиданный сигнал и возникает ориентировочная реакция. Поза подобранная, в ней чувствуется готовность к каким-то дальнейшим действиям; уши «наострены»; глаза

внимательно осматривают окружающую обстановку (И. П. Павлов назвал это реакцией «что такое?»). Та деятельность, которой было занято до этого животное, на время приостанавливается. Кровяное давление несколько поднимается, работа сердца усиливается. Но если сигнал, вызвавший ориентировочную реакцию, многократно повторяется, то она становится все слабее и наконец исчезает совсем — угасает.

Сигнал, который вносит неопределенность в прогноз организма, ведет к мобилизации органов чувств и органов действия (надо быть готовым к реакции, а к какой — это выяснится из дальнейших «сообщений» органов чувств). Функции же, не участвующие в таких действиях (например, пищеварение), на время затормаживаются. Организм развивает реакцию «широкой мобилизации» в ситуации неопределенного прогноза. При многократном повторении один и тот же сигнал перестает быть сигналом неопределенности — и ориентировочная реакция угасает.

Способность к вероятностному прогнозированию необходима для хорошего осуществления ориентировочной реакции, которая возникает в ситуации неопределенности вероятностного прогноза (в частности, при неожиданной ситуации). Угашение ориентировочной реакции состоит в изменении прогноза — неопределенный вначале прогноз сменяется определенным: сигнал не влечет за собой ничего существенного для организма (или влечет за собой что-то вполне определенное).

Условную и ориентировочную реакции можно рассматривать как крайние случаи реакции на прогнозируемую ситуацию. Первая из них — реакция в условиях предельно определенного вероятностного прогноза, вторая — в условиях неопределенного вероятностного прогноза. Это можно записать в виде следующей таблицы:

Наступившее событие	События, которые в прошлом следовали за А	Вероятность, с которой прогнозируется соответствующее событие при условии наступления А	Идеальный условный рефлекс	Идеальная ориентировочная реакция
А	B_1	P_1	$P_1 = 1$	$P_1 = \frac{1}{n}$
	B_2	P_2	$P_2 = 0$	$P_2 = \frac{1}{n}$
	B_3	P_3	$P_3 = 0$	$P_3 = \frac{1}{n}$

	B_n	P_n	$P_n = 0$	$P_n = \frac{1}{n}$

В естественных условиях жизни живых существ на Земле не бывает крайних ситуаций, соответствующих идеальному условному рефлексу или идеальной ориентировочной реакции. Но возникают ситуации, близкие к одной из них. В эксперименте можно еще более приблизиться к этим крайним ситуациям. Жизнь же дает непрерывный ряд ситуаций, от почти полной определенности до почти полной неопределенности вероятностного прогноза. Живые организмы отвечают на эти ситуации рядом реакций: на одном конце этого ряда стоит условный рефлекс, на другом — ориентировочная реакция. А между ними — ряд реакций, имеющих черты как условной, так и ориентировочной. Все это — реакции на прогнозируемую ситуацию.

В поведении животных и человека можно найти огромное множество примеров того, как организм строит свое поведение с учетом вероятностного прогноза.

Эрнест Хемингуэй в повести «Старик и море» так описывает охоту золотой макрели за летучей рыбой: «Макрель плыла ей наперерез с большой скоростью, чтобы оказаться как раз под рыбой в тот миг, когда она опустится в воду». Хищник, Догоня Жертву, не повторяет ее путь, а движется наперерез, в некоторую точку, где, в соответствии с прошлым опытом, он, вероятнее всего, окажется одновременно с жертвой. Если же траектория движения жертвы сложна, как полет у некоторых бабочек, то хищнику трудно предположить, где она окажется в следующий момент, и труднее преследовать ее. Канадский биолог и писатель Фарли Моуэт описывает в своей книге «Не кричи, волки», как, охотясь на оленя-карибу, волк «срезает угол». Прыгая через скакалку, девочка готовит прыжок не через видимую ей веревочку, а через то место пространства, в котором окажется веревочка в момент прыжка.

Ловкость, гармоничность движения в большой мере зависит от того, что человек заранее подготавливается к нему, преднастраивает те мышцы, которые должны будут осуществить движение. Эта преднастройка осуществляется в соответствии с вероятностным прогнозом.

Поглядите на детей, играющих в мяч. Задача бросающего мяч — попасть в кого-либо из участников игры. Задача остальных — отскочить от мяча, не дать мячу задеть себя. Движения играющих ловки, быстры, точны. Но вот внимание одного из играющих чем-то отвлечено. И в этот момент он замечает, что его партнер по игре замахивается, чтобы бросить мяч в него. Еще мгновение — мяч летит, а неловкий прыжок отвлекшегося мальчика в сторону вызывает громкий смех остальных ребят. Почему на этот раз движение было таким неуклюжим, а во всех других случаях ловким?

Присмотритесь к играющим. Их глаза внимательно следят за малейшими движениями и за взглядом того, в чьих руках мяч. Мышцы тела напряжены. Малейшее движение руки или головы обладателя мяча вызывает небольшое, но отчетливое движение тела остальных игроков. Но вот мяч брошен в одного. Он ловко отскакивает, и остальные на мгновение расслабляют мышцы, у некоторых улыбка на лице. Но как только мяч снова в руках у кого-либо из играющих, снова у остальных мышцы готовы к быстрому движению, глаза внимательны, улыбка исчезла. Но вот игрок с мячом в руке делает резкое движение — и мяч летит в другого. Тот уже успел расслабиться, предполагая другие направления броска. Теперь ему уже труднее увернуться от мяча, движения его неловки, часто смешны (почему смешны — мы увидим из следующего очерка).

В описанной ситуации все играющие стараются предугадать, что будет в следующий момент, куда полетит мяч. Для прогноза нужно быстро и точно собрать сведения о ситуации — отсюда внимательный и зоркий взгляд. Нужны накопленные в прошлом сведения о том, после каких движений бросающего мяч чаще всего летел в том или другом направлении,— отсюда преимущество опытных, много раз игравших ребят. В соответствии с прогнозом поддерживаются в максимальной готовности к действию именно те мышцы, действие которых с наибольшей вероятностью позволит уклониться от броска мяча. А тактика бросающего мяч состоит в том, чтобы по возможности обмануть вероятностное прогнозирование остальных игроков. «Финт» в спорте — обман прогноза партнера. У некоторых больных нарушается опора на вероятностную структуру прошлого опыта при организации движений. Именно этим можно, в частности, объяснить двигательную неловкость, неуклюжесть их движений при отсутствии даже намека на поражение тех частей нервной системы, которые «ведает» движением. Эта неловкость сродни неловкости здорового мальчика, который при игре отвлекся и не мог предвидеть, в какой момент и как полетит в него мяч.

Нарушения способности к вероятностному прогнозированию влияют не только на движения больных. О других проявлениях мы расскажем в очерке «Нарушения психики и вероятностное прогнозирование».

Вероятностное прогнозирование помогает организму жить в вероятностно организованном мире. Только в таком мире эволюция могла выработать способность к вероятностному прогнозированию. Если бы мир был абсолютно случайным, совершенно дезорганизованным, вероятностное прогнозирование не помогало бы жить в нем. Если бы мир был жестко детерминированным, т. е. все в нем было бы однозначно предопределено, вероятностное прогнозирование оказалось бы бесполезным. Но тогда не понадобились бы и органы чувств: живым организмам было бы достаточно иметь жесткую программу, соответствующую «программе» среды обитания.

В нашем же сложном, полном неожиданностей мире непаразитическая жизнь возможна лишь с широко открытыми глазами, с ясными прогнозами на будущее, с готовыми к действиям руками.

Вероятностное прогнозирование — это «моделирование» вероятностно организованного мира живущим в этом мире существом.

ЧТО НАС ВОЛНУЕТ

Человек не только воспринимает окружающие его предметы и явления, не только воздействует на них. У него есть определенное отношение к ним. Общение с другими людьми, природа, произведения искусства, наука, собственная деятельность — все это вызывает в человеке различные переживания: любовь, радость, уважение, восхищение, горе, гнев, страх и т. п. Эти переживания называют чувствами или эмоциями (от латинского *motio* — движение, впечатление). Эмоции играют большую роль в жизни человека. Без них невозможна целенаправленная деятельность.

Эмоции выражаются не только в субъективных переживаниях человека, они имеют и

объективные, телесные проявления. Еще Спиноза обратил внимание на то, что эмоции «увеличивают или уменьшают способность самого тела к действию».

Полезны ли эмоции? Различные ученые по-разному отвечали на этот вопрос. Так, французский психолог начала нашего века Е. Клапаред считал эмоции бесполезными и даже вредными: печаль, радость, гнев, ослабляя внимание или суждение, часто заставляют нас совершать поступки, о которых мы сожалеем.

Иначе смотрел на роль эмоций американский физиолог В. Кеннон, много сделавший в области их психофизиологического изучения. Он подчеркивал мобилизующую роль эмоций, которые приводят организм в состояние готовности к затратам энергии: «Прекращение деятельности пищеварительных органов (освобождаясь запасы энергии для других частей организма); приток крови от желудка к органам, непосредственно участвующим в мускульной деятельности, увеличивающаяся сила сокращений сердца; более глубокое дыхание; расширение бронхов; быстрое восстановление работоспособности утомленной мышцы; мобилизация сахара в крови — все эти изменения прямо служат для того, чтобы приспособить организм к интенсивной затрате энергии, которая может потребоваться при страхе, ярости или боли». Доводы сторонников теории бесполезности эмоций не противоречат мобилизующей роли эмоций, о которой говорит Кеннон. Общее снижение активности может наступать как результат концентрации всех сил на какой-либо одной деятельности. Иногда же значительное перенапряжение может приводить в конце концов к упадку сил.

Большинство современных исследователей смотрят на эмоции как на полезное приспособительное явление. Однако мобилизация сил, полезная в здоровом организме, может оказаться опасной в больном организме. Усиление сердечной деятельности и повышение кровяного давления, способствующие активной деятельности здорового организма, могут повести к разрыву сосудистой стенки и кровоизлиянию, если стенки кровеносных сосудов поражены болезнью. Поэтому мы всегда стремимся уберечь пожилого человека от бурных эмоций, которые могут быть для него особенно опасны.

Народная мудрость давно знает, что если нужно сообщить пожилому человеку о неожиданном горе (да и о радости), то нельзя делать это сразу — повышение кровяного давления при бурной эмоциональной реакции может быть опасным. Человека «подготавливают» — подводят к сообщению постепенно, изменяя его прогноз, приближая последний к реальному положению дела, о котором хотят сообщить. И уже этой замены резкого несоответствия между прогнозом и реальным сообщением серией небольших расхождений достаточно, чтобы ослабить телесные проявления эмоциональной реакции. Постепенный спуск по информационным ступенькам значительно безопаснее, чем прыжок с информационного обрыва.

Почему же такая подготовка способна избавить человека от опасных для него проявлений волнения? Ведь все равно к концу разговора ему сообщают о случившемся. Почему проявления волнения (эмоции) оказываются в результате существенно ослабленными? Вот здесь-то мы подходим к одному из важных факторов, от которых зависит сила эмоциональной реакции,— к связи между эмоциональными реакциями и вероятностным прогнозированием.

Бурную эмоциональную реакцию вызывает хорошо рассказанный анекдот. Однако ту же мысль, которая содержится в анекдоте, можно передать так скучно, что у слушателя не возникнет никакой эмоциональной реакции. Смешной анекдот обычно строится по следующей схеме. Вначале идет короткий рассказ о чем-то довольно обычном, о знакомом слушателю круге явлений. Слушатель уже заранее предвидит, чем эта ситуация разрешится, прошлый опыт подсказывает ему наиболее вероятные развязки ситуации. И вот тут-то рассказчик преподносит слушателю совсем иную развязку. В этот момент и возникает эмоциональная реакция.

Попробуйте рассказать анекдот иначе: четко выразить мысль, которая содержится в анекдоте, но не сталкивать прогнозируемую слушателем концовку с действительной. Никакой эмоциональной реакции при этом не возникает. Не возникнет она и в том случае, если сам рассказчик начнет смеяться раньше времени, это изменит «прогноз» слушателя. Часто кажется несмешным иностранный анекдот: у читателя, мало знакомого с бытом и нравами того народа, который создал анекдот, первая часть его не вызывает достаточно четкого прогнозирования вероятной развязки. Поэтому нет столкновения действительной развязки с прогнозируемой, нет и эмоциональной реакции.

Нередко можно услышать: «Скучная книга — с самого начала уже ясно, что будет дальше». И наоборот, какой-нибудь детективный роман держит читателя все время в эмоциональном напряжении. Читатель может даже понимать, что на книжку жалко тратить время, а оторваться не

может. Чем же держит детектив читателя в эмоциональном напряжении? Тем, что на каждой странице события оборачиваются не так, как ожидал читатель, прочитав предыдущие страницы. Среди блестящих по краткости и выразительности эпиграмм Роберта Бернса (в переводе С. Я. Маршака) есть такая:

Нет, у него не лживый взгляд,
Его глаза не лгут...
Они правдиво говорят,
Что их владелец — плут!

Содержание этого четверостишия сводится к следующему: «По глазам видно, что он плут». Но в такой передаче была бы потеряна вся красота и эмоциональность бернсовского стиха, сила которого в том, что заключительное слово «плут» — совсем не то, чего ждал читатель.

А. Твардовский, разбирая творчество С. Я. Маршака, приводит его текст для плаката времен Отечественной войны:

Лом железный соберем
Для мартена и вагранки,
Чтобы вражеские танки
Превратить в железный лом!

Достаточно в этом четверостишии лишь переставить строки, не меняя ни одного слова, и при полном сохранении смысла оно теряет всю свою эмоциональность:

Чтобы вражеские танки
Превратить в железный лои,
Для мартена и вагранки
Лом железный соберем!

Прочитаем теперь оба четверостишия не до конца — лишь первые три строки. После них возврат к железному лому в первом варианте — радостная неожиданность для читателя, во втором же варианте последняя строка почти безошибочно предугадывается читателем.

Чувство комического возникает при неожиданном возникновении резкого несоответствия предыдущего поведения клоуна (соответственно — прогноза зрителем его дальнейшего поведения) с его действительным поведением. На этом построена клоунада. Этим же объясняется неуместный смех при виде внезапно упавшего на ровном месте прохожего. Смешон чертик на пружинке, движения которого резки и неожиданны. Смешон человек в костюме прошлого века, внезапно вошедший в партер театра. Но он же совсем не смешон, пояись он на сцене в пьесе Гоголя — там он не неожидан.

Неожиданность, несоответствие вероятностного прогноза действительному ходу событий — один из элементов, от которых зависит сила эмоциональной реакции. Подготовка пожилого человека к неожиданному для него сообщению и состоит в том, чтобы исключить резкое несоответствие прогноза и сообщаемых сведений. Подготовка сводится к тому, чтобы «мелкими шажками» изменить прогноз, постепенно подвести человека к сообщению о случившемся.

Чем больше неожиданность, тем сильнее эмоциональная реакция. При прочих равных условиях сила эмоциональной реакции (и прежде всего ее телесных, соматических, проявлений) тем больше, чем больше несоответствие между поступившей информацией и вероятностным прогнозом.

Но одна и та же ситуация может вызвать у разных людей неодинаковые эмоции.

Представим себе ситуацию, благодаря которой возник экспромт, приписываемый Лермонтову. Барышня попросила поэта написать в ее альбом строчку правды.

Три грации считались в древнем мире,—

появилась первая строка. «Ага, речь пойдет о красоте»,— мелькает в голове у барышни. Родились вы...

Такого комплимента барышня не ожидала: ее красоту сравнивают с красотой граций! Всё три, а не четыре!

Вот тебе и на... Барышня вспыхивает. А усатый гусар-насмешник, сбоку смотревший в листок альбома, заливается раскатистым смехом. Их эмоциональная реакция различна. Но и у барышни и у гусара эмоция вызвана тем, что подготовленный поэтом прогноз концовки не оправдался. Если бы написать: «Вы не так красивы, как грации»,— никаких эмоций это бы не вызвало. А ведь никакого другого смысла в стихотворном экспромте нет.

Даже о решении математической задачи мы говорим, что оно красиво, если оно не только правильно, но и неожиданно.

Почему же рассогласование между вероятностным прогнозом и действительным ходом событий вызывает эмоциональную реакцию, которая, как мы уже говорили, подготавливает организм, к действиям с возможно большими затратами энергии? Отклонение хода событий от прогнозируемого свидетельствует о том, что для удовлетворения потребностей организму,

возможно, придется изменить стратегию поведения. Он должен быть готов к различным действиям, которые могут потребоваться от него. Мышцам может понадобиться сахар, поэтому, он должен быть в крови; сердце должно работать в режиме, соответствующем мышечной работе. Эмоциональная реакция возникает в ситуации, когда организм прогнозирует возможность экстренных и разнообразных действий, необходимость изменения стратегии поведения перед лицом изменяющейся ситуации, но при этом не располагает достаточными сведениями о том, какие именно изменения приведут к достижению цели. По удачному выражению П. В. Симонова, эмоция — это механизм гиперкомпенсации в условиях недостатка информации о способах достижения цели.

Таким образом, эмоция возникает в ситуации неопределенного прогноза как подготовка организма к разнообразным действиям, которые могут понадобиться. Ситуация рассогласования прогноза с действительностью чаще всего является ситуацией неопределенного прогноза.

Часто говорят, что эмоция возникает в ситуации опасности. Это не совсем точно. Представим себе опытного машиниста у парового котла. Приближение стрелки манометра к критической точке — сигнал опасности, возможного взрыва. Но опытный машинист спокоен, потому что он точно знает, какие действия в нужный момент приведут к снижению давления в котле. Малоопытный же ученик в этой ситуации не сохранит спокойствия, так как у него нет твердой уверенности в том, что его действия приведут к нужным результатам. Человек, который точно знает, как избежать опасности, не испытывает страха при ее приближении — он просто готовится к определенным действиям. Но нет эмоционального напряжения и у человека, который фатально оценивает ситуацию как безнадежную: что ни делай — беда неотвратима. Эмоции — реакция человека, который готов к действиям для достижения цели, но не знает еще, какие именно действия понадобятся; он готов к разнообразным действиям.

В неопределенности дальнейшего развития событий — эмоциональная сила многих произведений художественной литературы. В. С. Узин писал о «Повестях Белкина»: «Не кажется ли нам при внимательном рассмотрении сложного узора «Повестей Белкина», что финальные аккорды их не являются единственно возможным, что предположительны и другие исходы?.. И пусть все видимо кончается хорошо: это может служить утешением Митрофадаушке; одна возможность иного решения преисполняет нас ужасом»¹.

Ш. С. Выготский считает, что эффект шекспировского «Отелло» столь трагичен потому, что неровный Отелло («Отелло от природы не ревнив — напротив; он доверчив», — писал Пушкин) убивает из ревности не заслуживающую ревности Дездемону. Если бы Шекспир выбрал героем ревнивого и подозрительного человека и связал его с женщиной, которая давала бы сильнейший повод для ревности, получилась бы не трагедия, а «обыкновенная пошлость», — пишет Выготский².

При некоторых заболеваниях мозга нарушаются эмоциональные реакции человека. В одних случаях они усиливаются — человек дает бурные эмоциональные реакции тогда, когда здоровые люди реагируют спокойно. В других случаях они ослабевают — не возникают в тех ситуациях, когда, казалось бы, должны возникнуть. Причины ослабления эмоциональных реакций могут быть различными. Так, при тяжелом склерозе мозговых сосудов эмоциональная реакция может отсутствовать из-за того, что больной не понимает ситуации; растолкуйте ему ситуацию, и эмоциональная реакция возникнет. Но у некоторых больных бывает иначе: им совершенно ясна ситуация, они понимают, что она радостна или печальна, но ни пульс, ни мимика, ни цвет лица не выявляют эмоциональной реакции. Больной все понимает, но не чувствует ни горя, ни радости. Это те самые больные, о которых мы упоминали в конце очерка о вероятностном прогнозировании (мы вернемся к ним в очерке «Нарушения психики и вероятностное прогнозирование»). Сохранение способности к вероятностному прогнозированию — необходимое условие нормальных эмоциональных реакций.

БЫСТРОТА РЕАГИРОВАНИЯ

В наш век все большее число людей работает за пультом управления. Труд оператора — нелегкий труд. Работа оператора требует большого психического напряжения, «маленькая» ошибка — не та или не вовремя нажатая кнопка — может привести к серьезным нарушениям процесса, которым управляет оператор.

¹ В. С. Узин. О «Повестях Белкина». Из комментариев читателя. Пг., 1924.

² Л. С. Выготский. Психология искусства. М., 1965.

Большая нагрузка/ на нервную систему оператора не безразлична для его Здоровья. Утомление оператора может заметно снизить скорость и точность его работы.

Как же сделать труд оператора безвредным для здоровья и наиболее производительным при минимальной утомительности? Для решения этой задачи конструкторы пультов должны ясно представлять себе особенности реакций человека-оператора и учитывать их при проектировке пультов. Важны не только физиологические, но и психологические характеристики работающего человека — его способность различать сигналы, принимать решения о необходимых реакциях на сигнал, способность быстро и точно реагировать. Подобные нужды современного производства и привели к созданию новой науки — инженерной психологии, которая изучает психофизиологические характеристики человека, определяющие его взаимоотношения с машиной.

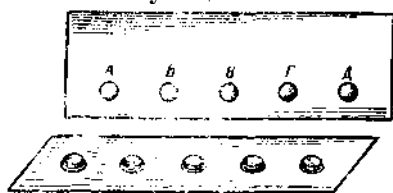
Одно из важнейших условий успешной работы оператора — быстрота и точность его реакций. Вместе с тем, требуя от оператора достаточной быстроты реакции, нельзя доводить ее до той грани, где нарушается точность реакции, где возникают утомление, ошибки.

Интервал между сигналом и ответной реакцией принято называть временем реакции. От чего же оно зависит? На первый взгляд кажется, что время, необходимое для нажатия пальцем кнопки в ответ на появление сигнала, например на загорание лампочки, определяется длиной пути нервного импульса от чувствительных клеток глаза до мышц пальца. Однако опыт показывает, что для ответной реакции требуется значительно больше времени.

Представим себе, что перед оператором находится пульт с несколькими сигнальными лампочками. Каждой лампочке соответствует определенная кнопка — число кнопок совпадает с числом лампочек (рис. 2). Задача оператора состоит в том, чтобы в ответ на сигнал как можно быстрее нажимать соответствующую кнопку. Опыт показывает, что если лампочки загораются в случайном порядке, то время реакции тем меньше, чем меньше лампочек на пульте. Кроме того, на время реакции влияет и то, как часто загорается та или другая из них. Если, например, на пульте две лампочки, загорающиеся в случайном порядке, то скорость реакции на ту и другую лампочку будет одинаковой лишь в том случае, если обе они загораются одинаково часто.

Зависимость времени реакции от числа сигналов на пульте (в нашем примере — от числа лампочек) и от частоты появления того или иного из них (при появлении их в случайном порядке) наводят на мысль: время реакции на сигнал тем меньше, чем чаще он появляется в случайной последовательности сигналов, т. е. чем больше вероятность его появления в общем ряду сигналов. Однако в действительности вопрос о зависимости между частотой появления того или другого сигнала и временем реакции на него не так прост, и для его решения понадобилось довольно сложное исследование.

Рис. 2. Сигнальное устройство. Каждый из обозначенных буквами сигналов требует нажатия соответствующей кнопки.



На его примере покажем, какими методами могут быть экспериментально установлены характеристики человека-оператора, как формулируются задачи экспериментов и расшифровываются их результаты.

Почему тот из двух сигналов, который появляется чаще, вызывает более быструю реакцию? Может быть, как считают некоторые ученые, различные сигналы возбуждают различные нервные элементы, и те элементы, которые чаще возбуждаются, изменяют свое состояние — становятся более быстро реагирующими? Чтобы получить ответ на этот вопрос, мы поставили эксперимент (рис. 3), проведенный нашей сотрудницей М. А. Цискаридзе. Перед оператором появляется один из двух световых сигналов, чередующихся в случайной последовательности. На каждый из них оператор должен реагировать нажатием одной из двух кнопок. Прибор точно регистрирует время от появления сигнала до нажатия кнопки. Сигналы А и В появляются в случайном порядке, но сигнал А возникает вдвое чаще, чем сигнал В. Изобразим в виде букв небольшой отрезок такой

последовательности сигналов:

...БААБААААБАБАББААААБАБ...

В этом случае оператор реагирует на сигнал A быстрее. Когда время реакции установилось (на рис. 3 момент T), экспериментатор незаметно для испытуемого (оператора) меняет тактику подачи сигналов. Он выбирает небольшой отрезок их случайной последовательности (отрезок этот подчеркнут в приведенном выше ряду) и начинает многократно повторять его:

...АААБАБАААБАБААААБАБАААБАБ... В этом новом ряду сигнал A , как и раньше, встречается вдвое чаще, чем B . Между тем время реакции оператора при переходе к новому ряду существенно изменяется: время реакции на A и B начинает сокращаться,

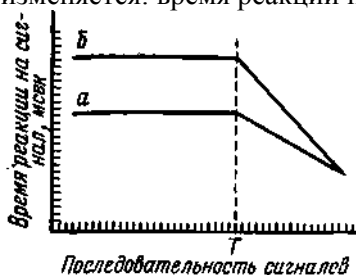


Рис. 3. Уменьшение и выравнивание времени реакции на сигналы при повторении отрезка случайной последовательности

о — частый сигнал, б — редкий, Г — момент изменения последовательности сигналов

п постепенно исчезает разница между временем реакции на частый и редкий сигналы. Время реакции на любой из них становится примерно равным времени простой двигательной реакции, т. е. реакции на повторяющийся один и тот же световой сигнал, в ответ на который надо нажимать кнопку.

Отсюда следует, что различное время реакции на сигналы зависит не от частоты их проявления: в новых условиях сигнал A остался более частым, а время реакции на оба сигнала сравнялось.

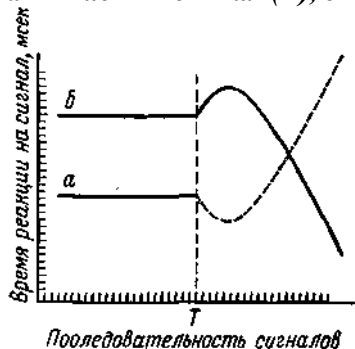
Может быть, дело не в частоте сигналов, а в том, какого сигнала ожидает оператор? В очерке «Способность заглядывать в будущее» мы уже говорили о вероятностном прогнозировании — способности на основании накопленного опыта прогнозировать предстоящие события с определенной вероятностью.

Действительно, хотя в новом ряду сигнал A встречается вдвое чаще, чем сигнал B , оператор, уловивший структуру ряда, с уверенностью может предсказать следующий сигнал. Возможность точно предсказать следующий сигнал здесь так же велика, как при повторении одного сигнала. Время реакции в этом случае такое же, как при простой двигательной реакции. Это позволяет предположить, что время реакции зависит от вероятностного прогноза появления того или иного сигнала.

Правильно ли это? Для проверки мы решили «развести» частоту появления сигнала и прогноз оператора — поставили эксперимент так, чтобы в его ходе один из сигналов становился более частым, но при этом оператор бы все более уверенно прогнозировал появление другого

Рис. 4. Когда случайная последовательность сигналов A и B сменяется повторением одного сигнала B , время реакции на него сначала растет, а затем снижается

а — частый сигнал (A), б — редкий (B), Г — момент изменения последовательности сигналов



сигнала. На первой стадии эксперимента оператору предлагали случайную последовательность сигналов A и B , в которой частота A больше, чем B . Затем, когда время реакции на сигналы A и B

становилось устойчивым (момент *T* на рис. 4), экспериментатор начинал включать (без предупреждения, конечно) только один сигнал *B*. Однако в ответ на него время реакции не только не уменьшилось (хотя сигнал *B* стал более частым), а начало расти. Если же, прервав опыт (т. е. нарушив установленную последовательность и включив сигнал *A*), измеряли время реакции на сигнал *A*, то оказывалось, что оно уменьшается.

Такой результат эксперимента хорошо согласуется с предположением, что время реакции зависит от вероятностного прогноза. По мере того как сигналы *B* следовали подряд, оператор (испытуемый) со все большей вероятностью прогнозирует появление сигнала *A*. В соответствии с таким прогнозом время его реакции на сигнал *B* растет, а на *A* уменьшается. Но когда число идущих подряд сигналов *B* становилось достаточно большим, соотношение времени реакции на сигналы *A* и *B* вновь изменялось: время реакции на *B* снижалось, а на *A* росло. Это значит, что оператор уже перестал ждать сигнал *A* и прогнозирует новое появление сигнала *B* — он изменил гипотезу о вероятностной структуре последовательности сигналов.

Однако описанных экспериментов еще недостаточно для утверждения, что скорость реакции при случайной последовательности сигналов является функцией вероятностного прогнозирования. Ведь в обеих сериях опытов экспериментатор переходил от случайной последовательности к жестко установленной. В одной серии (рис. 3) повторялась группа сигналов, в другой (рис. 4) — один сигнал. Для строгости доказательства необходимо было не только «развести» в эксперименте частоту сигналов и вероятностный прогноз их появления, но и до конца сохранить при этом случайную последовательность сигналов.

Отвечающий этим условиям эксперимент был задуман в следующей форме. Перед испытуемым четыре сигнала (назовем их *A, B, B, Г*), каждому из них соответствует кнопка, нажать которую надо при появлении сигнала. Существенной особенностью эксперимента была последовательность, в которой зажигались сигналы на пульте.

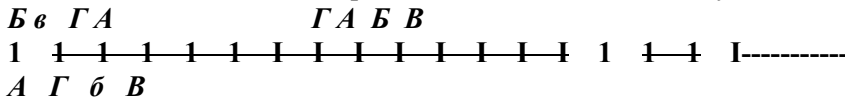
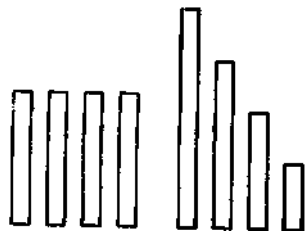


Рис. 5. Последовательность сигналов, группируемых в четверки
Первый сигнал выбирался случайным образом из четырех равновероятных. В случае, приведенном на рис. 5, это оказался сигнал *B*. (Вероятность выбора для первого сигнала $P_i = 1/4$) Следующий сигнал (на рис. 5 — *B*) выбирался из трех оставшихся с вероятностью $P_n = 1/3$. Затем выбирался сигнал из двух оставшихся (на рисунке — *Г*) с вероятностью $P_{uz} = 1/2$. Наконец, следовал единственный оставшийся сигнал (в нашем примере — *A*), вероятность которого $P_{\text{л}} = 1$. Таким образом, в пределах четверки сигналов вероятность появления каждого следующего сигнала увеличивалась.

Последовательность сигналов в следующей четверке строилась по тому же принципу. Иначе говоря, в ряду сигналов (их было 120) число сигналов *A, B, B и Г*

Рис. в. Среднее время реакции в эксперименте с четверками сигналов одинаково, но в пределах каждой четверки их последовательность случайна



A B B Г I Ж Ш Ш

После нескольких четверок испытуемый улавливает структуру ряда сигналов. С этого момента вероятность, с которой он прогнозирует появление того или иного сигнала в каждый момент времени, зависит от порядкового места сигнала в четверке. Таким образом, в описанном эксперименте последовательность сигналов представляет собою частный случай

марковской последовательности.

Среднее время реакции за весь эксперимент на каждый из сигналов (A , B , V и Γ) оказалось статистически неразличимым (рис. 6), иначе говоря — одинаковым. Вместе с тем среднее время реакции на сигналы, занимавшие различные порядковые места в четверках, оказалось не¹ одинаковым. На первые сигналы время было наибольшим, на вторые — несколько меньшим, на третьи — еще меньшим, на четвертые — самым малым. Кроме того, выявлена еще одна закономерность: время реакции на первые сигналы равно времени, установленному в эксперименте с бернуллиевской последовательностью четырех сигналов; на третьи сигналы — времени в экспериментах с бернуллиевской последовательностью двух сигналов; время реакции на последние в четверках сигналы совпало со временем простой двигательной реакции (т. е. реакции при наличии лишь одного сигнала и одного ответа). Таким образом, время реакции зависело от того, с какой вероятностью прогнозировался возникший сигнал, а не от того, какой именно сигнал появлялся.

¹ *Случайную последовательность, в которой вероятность появления сигнала зависит от того, какие сигналы ему предшествовали, в математике называют марковской последовательностью. В случайной последовательности другого типа, так называемой бернуллиевской, вероятность появления сигнала не зависит от предшествовавших сигналов (так, при бросании монеты вероятность выпадения «орла» равна 0,5 независимо от того, что выпадало в предыдущих случаях).*

Итак, время реакции на сигнал зависит от вероятностного прогноза, от степени ожидания сигнала. Частота сигналов влияет на время реакции лишь постольку, поскольку от нее зависит вероятностный прогноз.

Какие же психофизиологические явления в организме вызывает ожидание? Опишем один из опытов (он проведен В. А. Иванниковым в нашей лаборатории), поставленных для ответа на этот вопрос. Перед оператором появляется один из двух сигналов — A или B . На сигнал A оператор должен реагировать левой рукой, на сигнал B — правой. С помощью специальных электродов, усилителей и осциллографов записываются биотоки мышц правой и левой руки. Экспериментатор по своему усмотрению устанавливает последовательность сигналов. Он делает это таким образом, что может создавать у оператора различные прогнозы поступления следующего сигнала — A или B . Опыты показали, что при прогнозировании сигнала A с большей вероятностью у оператора повышалась амплитуда биотоков мышц левой руки, а при большей вероятности сигнала B — амплитуда электрических колебаний на правой руке. При этом и время двигательной реакции правой и левой рук было неодинаковым: та рука, в мышцах которой отмечались большие электрические колебания, реагировала на сигнал быстрее. Таким образом, вероятностное прогнозирование сигналов вызывает (заранее, еще до появления сигнала) подготовку к действию, или преднастройку, именно тех двигательных органов, которые должны реагировать на ожидаемый сигнал. Благодаря преднастройке и достигается большая быстрота реакции.

Как экспериментально проверить этот вывод? Если он правилен, то время реакции правой и левой рук должно быть неодинаковым в любом случае различной их пред-настройки — даже тогда, когда ожидаемая вероятность появления любого из нескольких сигналов равновелика (лишь бы при этом преднастройка мышц правой и левой

54

рук была различна). Именно такие условия были созданы в следующем эксперименте.

Перед оператором находится пульт, на котором может появиться один из восьми сигналов: A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , B_1 , B_2 , B_3 и Z . Вероятность появления этих сигналов соответственно равна p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , q_1 , q_2 , q_3 и q_4 . Если появится один из сигналов группы A , то оператор должен нажать рычаг левой рукой; если же появится сигнал из группы B , то он должен нажать другой рычаг правой рукой. Прогнозируемая оператором вероятность P нажима левого рычага равна сумме вероятностей появления сигналов A_1 , A_2 , A_3 и A_4 ($P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$), а прогнозируемая вероятность Q нажима правого рычага равна сумме вероятностей появления остальных четырех сигналов ($Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$). Если поставить опыт так, что оператор с большей вероятностью ожидает, что сейчас нужно будет нажимать левой рукой ($P > Q$), то обнаруживается асимметрия биотоков мышц (они выше на левой руке) и асимметрия времени реакции (реакция левой руки быстрее). Однако весьма примечательно следующее. Если в таком опыте $p_1 = q_1$ (но при этом нажим левой рукой остается более вероятным, чем нажим правой), то время реакции на сигнал A_1

все же короче, чем время реакции на сигнал B^1 .

Эксперимент доказывает, что время реакции может быть различным и на сигналы, появление которых прогнозируется с одинаковой вероятностью, если только при этом прогнозируемые ответные реакции (для правой и левой рук) равновероятны. Следовательно, надо различать прогнозирование сигнала и прогнозирование ответной реакции. Однако в частном случае, когда каждой ответной реакции соответствует один определенный сигнал, ожидание ответа и ожидание реакции совпадают.

Не вытекает ли из результатов последнего опыта, что для времени реакции существенно только вероятностное прогнозирование ответной реакции, а вероятностное прогнозирование сигналов имеет значение лишь постольку, поскольку от него зависит прогнозирование реакции? Чтобы ответить на этот вопрос, пришлось несколько видоизменить опыт с восемью сигналами и двумя ответными движениями. Если верно предположение, что для времени реакции существенно только прогнозирование соответствующего движения, то время реакции на сигнал Л1 и на сигнал Л2 должно быть одинаковым даже при различной их вероятности ($p \setminus \Phi p 2$) — ведь оба эти сигнала требуют одного и того же движения с вероятностью P . Однако в опыте оказалось, что при движениях, прогнозируемых оператором с одинаковой вероятностью, время реакции зависит от вероятностного прогноза сигнала: время меньше, если оператор с большей вероятностью ожидал появившийся сигнал. Таким образом, высказанное выше предположение не подтвердилось.

Итак, время реакции на сигнал зависит как от вероятностного прогноза сигнала, так и от вероятностного прогноза ответного движения. Это говорит о том, что пред-настройка осуществляется и в двигательных и в чувствительных системах организма.

С помощью целой цепочки экспериментов мы, казалось бы, до конца разобрались в вопросе о времени реакции. Но в действительности этот вопрос сложнее. Ведь во всех описанных экспериментах выяснялась зависимость времени реакции от прогнозируемой оператором вероятности появления сигналов и вероятности ответов. При этом молчаливо предполагалось, что все сигналы и все ответы равноценны, т. е. что промедление или ошибка в ответе на один сигнал «стоят» столько же, сколько промедление или ошибка в ответе на другой. Однако одинаковая «значимость» сигналов возможна лишь в частном случае. Обычно же оператор оценивает не только вероятность появления сигнала или необходимого ответа, но также и величину и вероятность «выигрыша» или «проигрыша», который наступит в случае того или иного его ответа на сигнал. Именно поэтому аварийный сигнал на пульте вызывает очень быструю реакцию оператора, если даже появление этого сигнала прогнозируется им с очень малой вероятностью. Как же происходит оценка оператором «выигрышей» и «проигрышей»? На основании чего эта оценка складывается? По каким показателям можно судить о ней?

Введение различного вознаграждения за правильные и быстрые ответы на разные сигналы (или, что то же, введение различных «штрафов» за промедление или ошибочный ответ) ведет к изменению времени реакции. Время реакции различно для двух одинаково вероятных сигналов, если реакции на них вознаграждаются по-разному (рис. 7). Варьируя плату за хорошие реакции на два сигнала, можно не только уравнивать время реакции на сигналы разной вероятности, но даже добиться большей быстроты реакции на менее вероятный сигнал.

Таким образом, время реакции зависит не только от вероятностного прогноза возникновения события (сигнала), но и от его значимости. Можно принять, что время реакции зависит от математического ожидания поощрения, т. е. от среднего значения ожидаемого «выигрыша». Но если вероятность возникновения имеет количественное выражение (об этом подробнее мы расскажем в очерке «Память и вероятностное прогнозирование»), то как сравнить значимость двух событий?

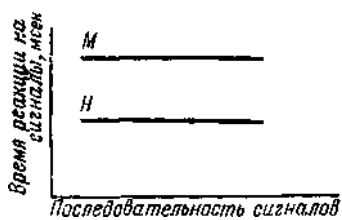


Рис. 7. Время реакции на два равновероятных сигнала, из которых один (H) поощряется выше, чем другой (M)

Ведь значимость события — понятие субъективное, да и для одного и того же лица она меняется в зависимости от ряда обстоятельств.

Прежде всего будем различать плату и значимость. Назовем платой то реальное вознаграждение, которое субъект получает за правильный и быстрый ответ. Плата не зависит от субъекта и может быть объективно измерена. Если хорошие реакции на один сигнал оплачиваются 1 копейкой, а на другой 10 копейками, то платы относятся, как 1:10. Но далеко не всегда можно аналогичным образом решать вопрос о соотношении значимости. Если, к примеру, принять, что значимости плат в 1 рубль и 10 рублей так же относятся, как 1:10, то значимости плат в 0,0001 и 0,001 копейки различаются очень мало (в обоих случаях они оцениваются как «очень малые»). Точно так же для человека, далекого от астрономии, расстояния в миллиард световых лет и в 10 миллиардов световых лет оцениваются примерно одинаково (как «очень большие»). Таким образом, прямо пропорциональная зависимость между платой и значимостью сохраняется лишь в некотором актуальном диапазоне — при тех порядках величины платы, с которыми данному субъекту часто приходится иметь дело (рис. 8). Еще сложнее, если платы не могут быть сравнены по единой шкале. Так, если реакции на один сигнал (*A*) вознаграждать пирожным, а на другой (*B*) — билетом в кино, то сравнить эти платы трудно даже с точностью «больше— меньше». Значимость же этих вознаграждений совсем индивидуальна: лакомка предпочтет пирожное, а любитель фильмов — билет. О значимости *A* и *B* можно судить только по реакции субъекта — что он предпочтет, на что реагирует быстрее (или сильнее). Итак, если вероятность сигнала или плату можно установить заранее, до опыта, то о значимости можно судить только по его результатам.

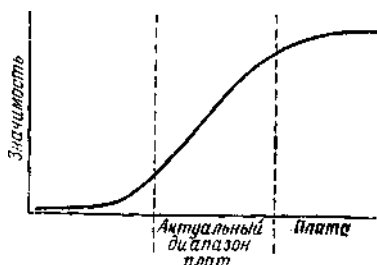


Рис. 8. Зависимость значимости сигнала от платы

Как же количественно сравнить значимость двух сигналов? Показателем при таком сравнении может служить степень искажения зависимости какого-либо доступного измерению параметра реакции (например, времени реакции) от вероятности появления сигнала.

При сравнении значимости сигналов будем исходить из следующих трех положений.

1. Если сигналы *A* и *B* возникают в случайной последовательности с равной вероятностью ($P_A = P_B$) и при этом среднее время реакции на них одинаково ($T_A = T_B$), то будем считать, что значимость *A* и *B* одинакова ($V_A = V_B$).
2. Если при тех же условиях ($P_A = P_B$) время реакции на сигнал *A* меньше, чем на сигнал *B* ($T_A < T_B$), то будем считать, что значимость *A* больше, чем значимость *B* ($V_A > V_B$).
3. Время реакции на сигналы разной значимости можно (как мы уже говорили) уравнивать, сделав более значимый сигнал более редким. Если время реакции на сигналы уравнивается ($T_A = T_B$) при условии, что *A* встречается в *N* раз реже, чем *B* ($P_A = P_B/N$), будем считать сигнал *A* в *N* раз более значимым, чем *B* ($V_A = N \cdot V_B$).

Таким образом, можно ввести количественную меру для сравнения значимости различных сигналов. Однако, повторяем, значимость сигналов субъективна, и судить о ней можно только на основании реакции данного субъекта на них.

Вопрос о роли значимости сигналов для реакции на них очень важен. Но исследование его только начинается.

Лишь теперь, когда инженерной психологией изучена зависимость реакции человека от вероятностного прогноза как сигнала, так и ответа, появляется возможность при помощи эксперимента решить и этот вопрос.

ПАМЯТИ И ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Всякое мало-мальски сложное поведение человека опирается на его прошлый опыт, точнее — на хранимую каким-то образом информацию об уже прожитом, т. е. на память. Только благодаря памяти живой организм способен «заглядывать в будущее» — строить вероятностный прогноз и

использовать его для организации действий.

Память, собственно, потому и нужна живому организму, что без информации о прошлом невозможно целесообразное поведение, подготовка к будущему. Но для этого мало обладать только емкой памятью, хранящей много сведений. Память не свалка сведений, уложенных в беспорядке или даже в хронологическом порядке поступления, а хорошо упорядоченный архив, организованный в соответствии с тем, для какой цели хранятся эти сведения, как ими придется пользоваться. Такая организация требует соблюдения определенных правил заполнения «архива» памяти, определенных правил хранения информации в памяти и определенных правил извлечения информации из памяти.

Как же должна быть организована память, чтобы она позволяла осуществлять вероятностное прогнозирование?

До сих пор наука не имеет достаточно убедительных материалов для суждения о физико-химической основе памяти, т. е. о тех сигналах, с помощью которых закодирована в мозге информация о прошлых событиях. Но это не лишает нас возможности исследовать логическую организацию памяти.

Рассмотрим такую логическую (концептуальную) модель памяти, которая позволяет понять, как из вероятностной организации прошлого опыта строится вероятностный прогноз будущего. При этом оставим в тени другие стороны памяти; в частности, наша модель не будет отражать реальной физико-химической организации памяти человека и животных.

Вообразим систему, живущую в вероятностно организованной среде, представляющей собою некоторую последовательность событий A, B, C, \dots , следующих в случайном порядке с некоторыми заданными вероятностями. Модель памяти этой системы можно условно изобразить в виде каталожного шкафа с выдвижными ящиками.

Пока система не приобрела опыта, память ее пуста — это шкаф с пустыми каталожными ящиками. Обозначим буквой A первое событие (явление, сигнал), с которым встретилась система, и соответственно присвоим индекс A одному из ящиков модели. Тем самым в память записано, что событие A имело место в опыте системы. Пусть и в дальнейшем особый ящик с соответствующим индексом заводится для каждого впервые встретившегося события.

Если, например, после события A наступило событие B , то индекс B присваивается следующему (пустому) ящику. Кроме того, карточка B ставится в ящик A — фиксация в памяти того, что B произошло после A . И в дальнейшем карточка с записью каждого происшедшего события (в какой бы раз оно ни произошло) ставится в ящик того события, которое непосредственно предшествовало ему. При этом каждая новая карточка (т. е. карточка о самом последнем событии) помещается впереди ранее поставленных (рис. 9).

Сформированная таким образом память уже может обеспечить системе возможность вероятностного прогнозирования предстоящих событий и, следовательно, возможность преднастройки — подготовки к действиям, соответствующим прогнозируемым событиям.

В простейшем случае прогноз осуществляется следующим образом. После того как произошло некоторое событие (например, B), в соответствующем ему ящике (B) подсчитывается доля различных находящихся в нем карточек (A, B, C, \dots). Доля карточек A (по отношению ко всему числу карточек в ящике) характеризует вероятность, с которой прогнозируется наступление события A ; доля карточек B — вероятностный прогноз наступления события B и т. д. Таким образом, для прогнозирования используется вся память, накопленная за всю «жизнь» системы. В частном случае, если непосредственно после события A всегда следовало только определенное событие (например, B), ящик A будет заполнен только карточками B . И тогда событие B будет прогнозироваться после A с вероятностью, равной единице, т. е. система будет «абсолютно уверена», что за событием A последует именно B .



Рис. 9. В памяти зафиксирована последовательность событий $ABCBBABAB$

Мы рассмотрели прогноз, основанный на использовании опыта, накопленного в памяти за всю «жизнь» системы (в нашей модели — на привлечении всех карточек данного ящика). Однако «память всей жизни» оказывается весьма ненадежной, если система живет в среде, вероятностные

характеристики которой со временем изменяются. Чтобы сделать прогнозы хоть сколько-нибудь соответствующими изменившейся среде, система должна «прожить» в этой среде отрезок времени, соизмеримый с уже прожитой ранее «жизнью», т. е. накопить достаточный новый опыт. Система оказывается «косной», плохо адаптирующейся к изменяющимся внешним условиям.

При этом чем «старше» система, т. е. чем больше ее старый опыт, тем труднее она приспосабливается к изменяющейся среде. Опыт, приобретенный за последнее время, занимает все меньшее место по сравнению с накопленным за долгое время старым опытом.

Чтобы устранить этот дефект, можно попытаться осуществить вероятностное прогнозирование, опираясь не на «память всей жизни», а лишь на опыт последнего периода.

Если произошло событие A , то модель просматривает первые N карточек в ящике A и подсчитывает, какую часть их составляют карточки событий A, B, C и т. д. В соответствии с полученными величинами и прогнозируются вероятности возникновения событий A, B, C, \dots и осуществляется преднастройка к соответствующим действиям.

Весьма важен вопрос о рациональном выборе числа N . При $N=i$ прогноз носит не вероятностный, а жестко predetermined характер: всегда предсказывается с вероятностью $P = 1$ (однозначно) то событие, которое в последний раз следовало за событием A . При $N = 1$ хорошее прогнозирование будет обеспечено, только если вслед за A всегда следует одно и то же событие.

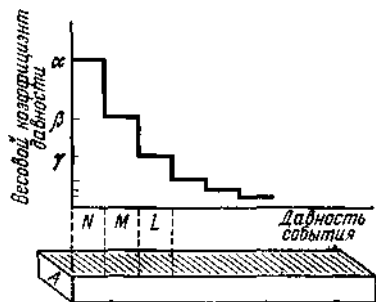
Система, использующая для прогнозирования лишь недавний опыт, способна адаптироваться к изменяющимся условиям. В частности, ее прогнозирование достаточно для выработки классического условного рефлекса и его угашения.

Но в прогнозировании такой системы есть еще весьма существенные недостатки.

При небольшом N система будет очень «доверчивой» в своем прогнозе; влияние на прогноз случайного, но недавно встретившегося события будет значительным; модель будет быстро менять прогноз даже под влиянием случайных изменений среды.

При слишком большом N модель окажется слишком «косной» в своем прогнозе, недостаточно чуткой к изменениям вероятностной характеристики среды.

При N , равном числу всех карточек в ящике (т. е. если модель обладает «бесконечно большой» памятью — в пределах всей ее «жизни»), вероятностный прогноз (как уже говорилось выше) будет достаточно хорошим лишь до тех пор, пока будут оставаться стабильными вероятностные характеристики «среды обитания» модели. Если же вероятностная структура среды изменится, модель начнет выдавать неверные прогнозы и будет лишь медленно приспосабливаться к новой среде.



Итак, вероятностный прогноз оказывается неточным как при слишком малом N («легкомысленная», «доверчивая» модель), так и при слишком большом N («косная», «скептическая» модель).

Рациональный выбор N зависит от того, в какой среде работает модель — как часто меняются вероятностные характеристики этой среды.

Рис. 10. Чем больше времени прошло после события, тем с меньшим весовым коэффициентом сохраняется в памяти след о нем

Таким образом, вероятность, с которой рассматриваемая система (опирающаяся на опыт последнего периода) прогнозирует событие B в случае наступления события L , равна n_B / N , где n_B — число карточек B среди первых N карточек в ящике A . Система подготавливается к действиям, соответствующим событиям A, B, C, \dots , в соответствии с величиной вероятностного прогноза $p_A/N, p_B/N, p_C/N, \dots$

Система будет работать гораздо лучше, если, в большей мере опираясь на опыт последнего

периода, она вместе с тем не будет забывать и о событиях далекого прошлого. Пусть карточки в картотеке имеют некоторый «весовой коэффициент давности» события: лучше помнится то, что произошло недавно. Первые N карточек, стоящие в ящике (недавние события), имеют коэффициент α ; следующие M карточек (более давние события) имеют коэффициент β , меньший, чем α ; дальнейшие L карточек (еще более давние события) — еще меньший коэффициент γ и т. д. (рис. 10).

При такой структуре модели в величину вероятностного прогноза события B после наступления A входят доля карточек B среди первых N карточек в ящике A с коэффициентом α , доля карточек B среди следующих M карточек с коэффициентом β , доля карточек B среди следующих L карточек с коэффициентом γ и т. д.:

$$P(B/A) = \alpha \frac{n_B}{N} + \beta \frac{m_B}{M} + \gamma \frac{l_B}{L} + \dots,$$

где $\alpha > \beta > \gamma > \dots$

Точно так же для любого другого события C :

$$P(C/A) = \alpha \frac{n_C}{N} + \beta \frac{m_C}{M} + \gamma \frac{l_C}{L} + \dots$$

При такой организации памяти становится понятным уже не только вероятностное прогнозирование и, в частности, классический условный рефлекс, но и еще одно явление. Представим себе, что собака в определенных условиях после звонка всегда (в течение достаточно долгого времени) получала пищу. В результате после звонка у собаки начинается усиленное выделение слюны — результат того, что прием пищи прогнозируется с большой вероятностью.

Однако в очередной раз после звонка собака не получила пищу, а последовало болевое раздражение лапы. То же повторилось и в следующий раз после звонка, а затем еще несколько раз. И вот в ответ на звонок собака продолжает отдергивать лапу, а усиления слюноотделения больше не наблюдается. Собака ведет себя так, как будто она забыла, что ее кормили после звонка, но помнит, что после звонка было больно лапе, — собака переучилась. Однако опыт показывает, что собака ничего не забыла. Если оставить такую собаку на достаточно длительное время в покое — не кормить после звонка и не ударять током, — а затем привести в лабораторию и включить звонок, у нее может возникнуть усиленное слюноотделение. Собака как бы вспомнила, что ее когда-то кормили после звонка, и как бы забыла более давние события — болевое раздражение после звонка.

Похожие явления можно наблюдать и у человека. В квартире во время ремонта перенесли выключатель — он был слева от двери, а оказался справа. Первое время хозяин, заходя в квартиру, по привычке тянется в темноте налево. Но вскоре он переучивается и правильно ищет выключатель справа. И тут хозяин уезжает в отпуск. Вернувшись через месяц, он снова по ошибке тянется налево, как говорят, «по старой памяти». Та же картина — человек как бы забыл более недавний кратковременный опыт и как бы вспомнил ранее забытый более старый, но длительный опыт.

Такое «забывание» старого при изменении среды и «вспоминание» после перерыва объясняется тем, что со временем «весовой коэффициент давности» изменяется. Недавние события могут «перевешивать» даже длительный, но более старый опыт благодаря их высокому весовому коэффициенту давности (площадь 5г на рис. 11

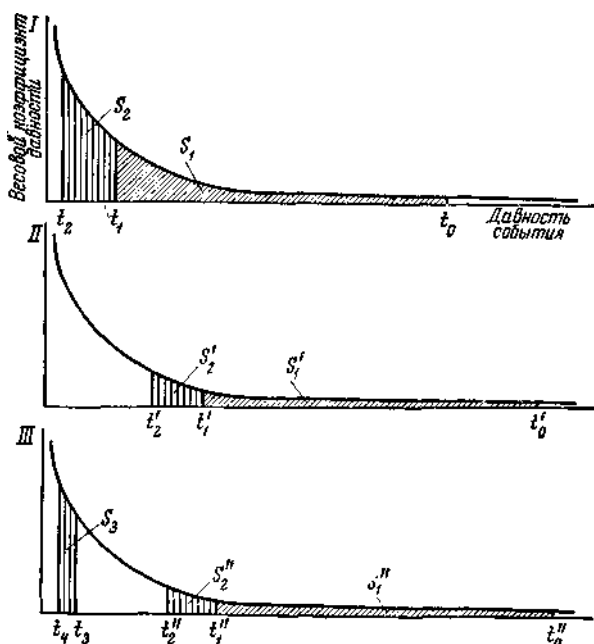


Рис. 11. Весовой коэффициент давности событий

I — кратковременный недавний опыт «перевешивает» более длительный, но давний; *II* — по прошествии некоторого времени этот «перевес» утрачивается; *III* — повторное обучение требует меньшего времени, чем первоначальное. На оси ординат — весовой коэффициент, на оси абсцисс — давность событий (большее площадь S_i). По прошествии же длительного времени, когда весовой коэффициент давности тех же событий уменьшится, опыт этого короткого периода уже не доминирует над длительным опытом (площадь S_1' меньше площади S_1). Но если теперь вновь восстановить такие вероятностные характеристики среды, как в период $U—t_i$, то обучение пойдет быстрее, чем в первый раз: площадь S_2'' суммируется с площадью S_2' ; поэтому время повторного обучения t_3 — *4 меньше времени первичного обучения t_1 — 1%. Повторное обучение требует тем меньше времени, чем быстрее оно проводится после первичного и чем длительнее было первичное обучение. В описанной выше модели вероятностное прогнозирование осуществляется по отношению только к одному событию, которое непосредственно предшествовало прогнозируемому событию. Ясно, однако, что такой прогноз не может быть достаточно надежным в среде, в которой имеются связи не только между событиями, стоящими рядом, но и между более отдаленными. Так, например, событие D может следовать с большей вероятностью за событием B , если перед B было L , и с малой вероятностью, если перед B было C . В описанной же выше модели прогноз вероятности наступления события D после B осуществляется без учета того, какое событие предшествовало B (в ящике B не содержится информации о том, что предшествовало событию B).

Наряду с ящиками, на передней стенке которых записано одно какое-либо событие (ящики первого порядка), заведем в нашей модели еще ящики второго порядка — такие, на передней стенке которых записаны два последовательных события — $AA, AB, AC, \dots BA, BB, BC, \dots CA, CB, CC, \dots$. Карточка D , поставленная, например, в ящик AB , означает, что событие D произошло после события B , которому предшествовало событие A . В приведенном выше примере карточка D будет часто встречаться в ящике AB и редко — в ящике CB .

Ящики второго порядка, конечно, обеспечивают лучшее вероятностное прогнозирование, чем ящики первого порядка. Еще более надежное прогнозирование обеспечивают ящики третьего порядка, на которых записаны три последовательных события.

Ящики второго и более высоких порядков не только обеспечивают лучший прогноз, чем ящики первого порядка, но и делают возможной выработку «ситуационных» условных рефлексов. Представим себе такую ситуацию. Физиологи A и B работают на одних и тех же собаках, но в разное время. Физиолог A подкрепляет звонок пищей, а физиолог B — легким уколом лапы. В первом случае у собаки возникает пищевая реакция, во втором — оборонительная.

Если звонка нет, то на появление физиологов A или B собака не реагирует ни пищевой, ни оборонительной реакцией. На звонок же она после выработки условных рефлексов реагирует по-разному. Если перед звонком (C)



Рис. 12. Вероятностное прогнозирование событий D и E хорошо осуществляется с помощью ящиков II порядка и плохо — с помощью ящика I порядка

она видела физиолога A , то, не дожидаясь подкрепления — пищи (D), отвечает пищевой реакцией. Если же перед звонком (C) она видела физиолога B , то, не дожидаясь подкрепления — укола (E), реагирует отдергиванием лапы. В модели (рис. 12) это достигается благодаря тому, что карточки D (пища) попадают в ящик AC , а карточки E (укол) — в ящик BC . Поэтому при возникновении комплекса событий A и C прогнозируется высокая вероятность возникновения события D ; если эта вероятность $P(D|AC)$ близка к 1, то наступает пищевая реакция. При возникновении же комплекса событий B и C прогнозируется высокая вероятность возникновения события E ; если $P(E|BC)$ выше некоторого «порогового» уровня, наступает оборонительная реакция.

Наличие ящиков высоких (второго и выше) порядков позволяет моделировать не только классические условные рефлексы, описанные И. П. Павловым, но и условные рефлексы, названные учеником Павлова Ю. Конорским условными рефлексами второго типа (в отличие от классических — условных рефлексов первого типа). Условные рефлексы второго типа известны в литературе и под другими названиями — инструментальных условных реакций (Хильгард, Маркие), оперантного поведения (Скиннер).

В чем же различие между условными рефлексами первого и второго типов?

Общая схема условного рефлекса первого типа приведена в очерке «Способность заглядывать в будущее». Для характеристики же условного рефлекса второго типа опишем один из экспериментов Конорского. Собаку оставляли в пустом помещении, где она время от времени лаяла. Каждые несколько минут раздавался стук метронома, и если собака в этот момент лаяла, то из пищевого контейнера падал кусочек мяса. Вскоре собака стала лаять в экспериментальной обстановке постоянно. Но лай «подкреплялся» мясом только тогда, когда стучал метроном. В результате собака начинала лаять именно тогда, когда стучал метроном. Таким путем осуществляется дрессировка животных.

Если сравнить условные рефлексы первого и второго типа, то оказывается, что за сходством терминологии скрывается существенное различие между явлениями. В первом случае (см. стр. 34) «подкрепляющим» называют такой стимул, который «безусловно» вызывает вырабатываемую реакцию ($A \rightarrow a$). Так, в опытах с пищевыми условными рефлексами мясо (подкрепляющий стимул A) «безусловно» вызывает пищевую реакцию — слюноотделение (a). Во втором же случае вообще нет такой реакции, которая «безусловно» вызывает лай. Подкрепление же (мясо) играет роль вознаграждения. В условных рефлексах второго типа нет аналогии с ситуацией $A \rightarrow *a$.

Модель с ящиками первого порядка достаточна для моделирования классических условных рефлексов, но не может обеспечить осуществление условных рефлексов второго типа. Иначе обстоит дело, если использовать ящики высших порядков. Присутствие карточки F в ящике EC (рис. 13) моделирует след в памяти того, что событие F произошло после C , которому предшествовал E . Из сказанного выше ясно, как ящик EC может быть использован для вероятностного прогнозирования предстоящих событий, в частности для предсказания вероятности наступления события F .

Но ящики второго (и более высокого) порядков могут быть использованы еще и другим образом. Под каждой буквой (в нашем примере F , E , C) можно понимать любое событие, воспринимаемое животным. Таким событием может быть и внешнее явление, и собственное действие животного — сгибание лапы, лай и т. п. Пусть F означает получение мяса, E — стук метронома, C — лай. Послышался стук метронома. Что надо сделать, чтобы с наибольшей вероятностью получить мясо? В памяти-картотеке просматриваются ящики EA , EB , EC ..., где A , B , C ... — различные действия собаки. В каждом из этих ящиков подсчитывается вероятность наступления желаемого события (получение мяса). Таким образом, используя ящики второго порядка, можно не только осуществлять вероятностное прогнозирование внешних событий,



Рис. 13. Ящики 11 порядка могут быть использованы для выбора действия, с наибольшей вероятностью приводящего к достижению цели но и строить планы собственных действий (C), приводящих с наибольшей вероятностью в заданных условиях (произошло E) к желаемому результату (F). Еще лучше эта задача решается с помощью ящиков более высоких порядков. Ящики n -го порядка позволяют строить планы действий, состоящие из $n-1$ шагов, приводящих с наибольшей вероятностью к желаемому результату в заданных условиях. С помощью ящиков g -го порядка можно строить и более короткие планы действий — из $n - k$ шагов, но зато при этом k первых элементов будут использованы для более точного прогноза.

Чем более высокого порядка ящиками располагает модель, тем точнее она осуществляет вероятностное прогнозирование, тем более длинные планы действий можно с ее помощью строить. Но это дается ценой значительно большей громоздкости модели и «перебора» при выборе из памяти. Число ящиков в модели сильно увеличится при возрастании их порядка (n).

Нетрудно сообразить, что при том же числе m возможных событий (т. е. таких событий, которые наступили хоть раз) модель может содержать ящиков первого порядка m , ящиков второго порядка m^2 , ящиков третьего порядка m^3 , ..., ящиков g -го порядка — m^g .

В силу этого в простой среде пользоваться ящиками высоких порядков нецелесообразно: процедура прогнозирования становится громоздкой и длительной, а выигрыш в точности может быть малым или даже совсем отсутствовать (если, например, среда представляет собой бернуллиевскую последовательность).

Итак, стремление улучшить вероятностное прогнозирование приводит к тому, что модель памяти становится чрезвычайно громоздкой. А нельзя ли несколько разгрузить память, не ухудшая результатов вероятностного прогнозирования? Нельзя ли запоминать не все в равной степени, а кое-что и совсем не запоминать? Вслед за этим возникает и другой вопрос: какие события (сигналы) должны более основательно запоминаться для вероятностного прогнозирования?

Чтобы ответить на этот вопрос, подумаем, от чего зависит глубина запоминания того или иного события (сигнала)? Она зависит от многих факторов, но здесь мы хотим обратить внимание лишь на один из них — на «степень удивительности», степень неожиданности, несоответствия происшедшего события тому, что прогнозировалось.

Поясим примером. Вечером осеннего дня мне трудно точно вспомнить, не встречал ли я сегодня на улице человека в сером пальто. А вот если со мной в автобусе ехал человек в индийской чалме, я это буду хорошо помнить вечером. Встреча с чалмой в московском автобусе маловероятна (и неожиданна для меня), а с серым пальто — весьма вероятна в осенний день.

Зависимость запоминания от степени несоответствия появившегося сигнала прогнозу выявилась и в специальных экспериментах, проведенных Е. И. Фейгенберг. Она предлагала испытуемым один раз прослушать ряд из 22 слов и постараться запомнить их. Среди этих слов было 21 название млекопитающих. Одно же слово, стоявшее на 16-м месте в ряду, было названием неодушевленного предмета. Это слово оказалось единственным, которое у всех без исключения испытуемых вошло в число запомнившихся.

Во второй серии экспериментов испытуемым зачитывали 20 слов. В первый десяток слов входили только названия животных; во второй десяток — пять названий животных и пять названий неодушевленных предметов (порядок слов во втором десятке был случайным). На этот раз степень неожиданности названий неодушевленных предметов была (в среднем) меньше, чем в первой серии опытов. Оказалось, что названия неодушевленных предметов запоминались лучше. Однако (в отличие от первой серии экспериментов) названия неодушевленных предметов запоминались после однократного прочтения списка слов не всеми испытуемыми. Таким образом, чем более неожиданным было слово, тем основательнее оно запоминалось.

Пусть теперь и наша модель запоминает не все, что поступит в нее, с одинаковой глубиной. В нашем предыдущем рассуждении результат работы памяти — вероятностный прогноз — служил только для преднастройки других рабочих органов. Теперь же этот прогноз будет использован и для организации самой памяти.

Если произошло событие L , то с помощью карточек ящика A подсчитывается P_A — вероятность того, что снова произойдет A , P_B — вероятность того, что наступит событие B , ..., P_K — вероятность того, что наступит событие K . Это и есть вероятностный прогноз. Предположим, что после этого наступило событие $/$, вероятность наступления которого, согласно прогнозу, равнялась P_j . Теперь по установленному порядку следует поставить карточку $/$ в ящик A . Но при этом карточке придается различный «вес» в зависимости от степени неожиданности события $/$ — она ставится с

коэффициентом $1 - P_j$.

Назовем эту величину коэффициентом неожиданности. Если в прошлом опыте после A всегда следовало $/$, то $P_j = 1$ (т. е. хранящаяся в памяти «модель среды» точно соответствует среде). Тогда $1 - P_j = 0$, т. е. повторно наступившее событие $/$ не запоминается, не загружает память. В жестко детерминированной среде модель перестает запоминать, как только «научается» безошибочно прогнозировать ход событий. Но если среда изменится и наступит неожиданное событие, оно врежется в память с максимальным коэффициентом неожиданности $1 - 0 = 1$. Каждое событие запоминается тем сильнее, чем более неожиданным было его возникновение в данный момент.

Живому организму или другой сложной системе, функционирующей в вероятностно организованной среде, вероятностное прогнозирование полезно тем, что позволяет осуществлять преднастройку — подготовку к действиям в тех предстоящих ситуациях, наступление которых прогнозируется с наибольшей вероятностью. Исследования, проведенные в нашей лаборатории (М. А. Цискаридзе, В. А. Иванниковым и др.), показали, что именно благодаря преднастройке при наличии нескольких сигналов, на каждый из которых нужно было реагировать нажатием соответствующей кнопки, реакция совершается тем быстрее, чем с большей вероятностью прогнозировалось возникновение именно этого сигнала.

В очерке «Быстрота реагирования» мы уже писали, что при случайной последовательности сигналов, вероятность которых одинакова, время реакции растет с увеличением их числа. Однако странным казался тот факт, что удлинение времени реакции происходит лишь при увеличении числа таких сигналов до десяти. Дальнейшее увеличение (в некоторых экспериментах число различных сигналов превышало тысячу) не ведет к еще большему удлинению времени реакции.

Это явление может быть понято, если предположить, что преднастройка осуществляется лишь по отношению к действиям, адекватным такой ситуации, возникновение которой прогнозируется с вероятностью, превышающей некоторую минимальную величину P_0 . Величина P_0 играет роль абсолютного порога вероятностного прогноза. К ситуациям, появление которых прогнозируется с вероятностью меньшей, чем P_0 , преднастройка не осуществляется. Если $P_0 \wedge / \gamma$ (а из экспериментальных данных вытекает, что это примерно так), то при наличии равновероятных сигналов вероятностный прогноз достигает пороговой величины P_0 лишь при числе сигналов до десяти, при большем числе сигналов вероятностный прогноз появления каждого из них меньше порогового. Если же сигналы возникают с неодинаковой вероятностью, то среди них могут оказаться и сигналы с $P > \gamma$, но число их (независимо от общего числа сигналов) всегда будет меньше десяти. А это значит, что как бы велико ни было число возможных сигналов, при наличии порога P_0 организм упрощает ситуацию так, как будто число их не больше чем $1/P_0$, (т. е. в приводимом примере не больше десяти). Наличие порога P_0 позволяет при большом общем числе возможных событий принимать во внимание лишь небольшую часть (не более $1/P_0$) наиболее вероятных из них (рис. 14).

Различие в преднастройке к действиям на сигналы наблюдается лишь тогда, когда различие прогнозируемой вероятности появления этих сигналов достаточно велико, больше некоторого ΔP — дифференциального вероятностного порога. В частности, для выработки условного рефлекса не необходима выработка прогноза с $P = 1$ (такая ситуация практически недостижима даже в эксперименте); необходимо, чтобы прогнозируемая вероятность подкрепления была достаточно близкой к единице ($P \wedge 1 - \Delta P$).

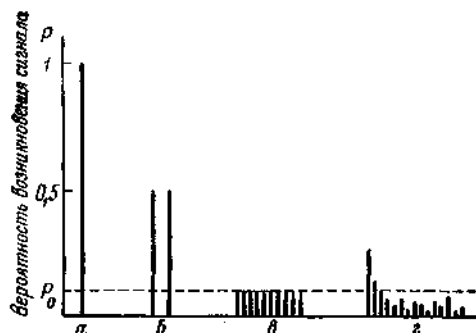


Рис. 14. Абсолютный порог вероятного прогноза (если $\hat{P}_0 = 0,1$, то число альтернатив, достигающих этого порога, не может быть больше 10)

a — для одного сигнала, b — для двух равновероятных сигналов, v — для 10

равновероятных сигналов, z — для 15 равновероятных сигналов.

Таким образом, в описанной модели хранение сведений о прошлом и способ пользования ими делает возможным вероятностное прогнозирование предстоящих событий и построение плана действий, которые в заданных условиях с наибольшей вероятностью приведут к желаемому результату.

Память и вероятностное прогнозирование являются лишь частью большой системы (будь то живой организм или техническое устройство). Здесь в каждый момент любому событию A , B , C ..., которое может произойти, приписывается определенная вероятность $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$ и т. д. Учитывая этот вероятностный прогноз, а также значимость прогнозируемого события, исполнительные системы осуществляют преднастройку — подготовку к действиям тех органов, которые должны будут работать в прогнозируемой ситуации для достижения заданной цели (или для удовлетворения потребностей организма). Степень преднастройки каждого исполнительного органа тем больше, чем вероятнее и чем значимее наступление того события, при котором потребуются работа этого органа.

ОШИБКИ ПРОГНОЗА

Что мы видим, что слышим — зависит от сигналов, пришедших в мозг от органов зрения и слуха. Но дело не только в этих сигналах. В шумном вокзальном зале вы ждете сообщения о времени отправления поезда. Звук репродуктора недостаточно отчетлив на фоне общего гула. «Поезд номер (неразборчиво) отходит через (неразборчиво) минут». Несмотря на шум, вы все же расслышали большинство слов, неясными остались лишь два, но именно те два, которые важнее всего для вас.

Почему именно они? Случайность? Нет, именно их труднее всего разобрать — и это закономерно. Уже при первых звуках включенного репродуктора вы с высокой вероятностью ждете слов «поезд номер». И вы слышите эти слова, несмотря на небольшую разборчивость звуков. Какой же номер поезда будет назван — заранее неизвестно; чтобы разобрать слова, которых вы не ждали заранее, нужна значительно большая четкость звукового сигнала. Но часто пассажир, убежденный, что сейчас обязательно объявят о нужном ему поезде, уверяет, что слышал именно его номер, хотя сходство (по звучанию) объявленного с ожидаемым было лишь отдаленным.

В ситуации недостаточной разборчивости сигнала или резкого ограничения времени на его восприятие то, что мы слышим (или видим), зависит не только от сигналов, пришедших от органов чувств, но и от того, что ожидалось как наиболее вероятное — что прогнозировалось.

Именно поэтому аудитория нередко просит лектора повторить незнакомую фамилию или термин: остальные слова прогнозировались по контексту, а эти нет. Именно поэтому же при быстром чтении мы не замечаем буквенной ошибки — точнее, допускаем ошибку, приняв напечатанную букву за ожидаемую. С этим же приходится сталкиваться и в изобразительном искусстве, когда мы ясно видим, что изображено на детали картины, но, изолировав этот фрагмент, не можем узнать нарисованный на нем предмет. Так, на известном рисунке Пикассо изображение Дон-Кихота заставляет нас искать рядом мельницу — и мы ее ясно видим на рисунке; отдельно же ее трудно узнать. Правильный прогноз помогает узнать объект даже тогда, когда органы чувств доставляют недостаточно информации. Неправильный же прогноз может вести к ошибкам.

При каких условиях может сформироваться неправильный прогноз, если внутренняя система формирования памяти и ее использования не нарушены?

Одно из таких условий — приобретение опыта (иначе говоря — заполнение памяти) в определенным образом ограниченных условиях, если, например, после одного определенного события часто следует другое определенное событие, хотя между ними нет никаких причинно-следственных отношений. Такое совпадение может быть результатом случайности при малом опыте. В этом случае ошибка прогноза исправляется при дальнейшем накоплении опыта: каждая ошибка прогноза запоминается и «выправляет» статистику памяти.

Другое условие формирования ошибки прогноза — это воспитание (получение опыта) в искусственных условиях, при которых соотношения между событиями не отражают всего действительного многообразия отношений между ними. Так, выпущенный на волю ручной зверек, у которого человеческий голос ассоциировался чаще всего с добром и лаской, доверчиво попадает в злые руки.

Искусственность (ограниченность) среды, в которой формируются неверные прогнозы, может создаваться самими людьми. Представим себе примитивное племя, впервые встретившееся с

солнечным затмением. Неожиданное, никогда ранее не виданное быстрое наступление темноты в неурочное время — явление уже само по себе страшное. Оно тем более страшно, что совершенно неопределенен дальнейший ход событий — неясно, когда станет светло и вообще станет ли светло. Кому-то приходит в голову, что шумом можно прогнать злую силу, похитившую Солнце (ведь в прошлом не раз шум отгонял хищных зверей). Бьют в барабаны — и действительно становится светло. При следующем затмении снова бьют в барабаны, и снова светлеет. Таким путем ящик второго порядка (вспомним модель, описанную выше в очерке «Память и вероятностное прогнозирование») «внезапное потемнение — шум» заполняется карточками «появление Солнца» — и только ими. При этом ящик «внезапное потемнение — тишина» не заводится в памяти: племя не может позволить себе пойти на риск и не бить в барабаны при затмении. И так формируется предрассудок: в ситуации внезапного потемнения, чтобы вновь появилось Солнце, необходимо бить в барабаны.

Но точно так же, как в обычных условиях может подвести прогноз, сформированный в необычных условиях, в необычной ситуации может подвести нормально сформированный прогноз.

Характерным примером ошибок прогноза может служить так называемая иллюзия Шарпантье, которую можно объяснить, исходя из идеи о вероятностном прогнозировании. Эта иллюзия состоит в следующем. Перед испытуемым помещают два предмета (цилиндры, шары или кубики) из одинакового по внешнему виду материала, но сильно различающиеся по объему. Испытуемого просят одновременно поднять эти предметы (один — правой рукой, второй — левой) и сказать, какой из них тяжелее. На самом деле оба предмета равны по весу, но испытуемый, конечно, не знает об этом. В таких условиях у испытуемых с удивительным постоянством возникает иллюзия — меньший предмет кажется более тяжелым. Но если изменить условия эксперименты, если предложить испытуемому поднимать эти предметы с закрытыми глазами, да к тому же за веревочные петли, то иллюзия не возникает.

Выходит, зрение и осязание мешают рукам правильно сравнивать вес. Но так ли уж это неожиданно? Ведь многие, сравнивая, например, вес покупок, находящихся в правой и левой руке, закрывают глаза или отводят их в сторону. Одна женщина уверяла меня, что когда она несет в руках две хозяйственные сумки, то меньшая кажется ей более тяжелой, если даже большая намного тяжелее.

Итак, иллюзия различного веса наших цилиндров возникает лишь тогда, когда человек видит или осязает их различие по объему.

Каким образом в мозг поступают сведения о весе поднимаемого предмета? Поднимание более тяжелого предмета требует большего напряжения мышц руки. В мышцах находятся особые органы чувств — мышечные веретена. От каждого мышечного веретена отходит специальное нервное волокно, по которому направляются в мозг сигналы, несущие информацию о степени напряжения мышц. Вместе с тем мышечное веретено и само получает от центральной нервной системы сигналы, назначение которых (как установлено тонкими электрофизиологическими исследованиями выдающегося шведского физиолога Р. Гранита) — регуляция чувствительности мышечных веретен. Запись электрических сигналов показала, что в нервных волокнах, идущих от мышечного веретена, частота колебаний тем выше, чем больше напряжена мышца. Однако влияния центральной нервной системы могут в значительной степени изменять импульсацию от мышечных веретен, т. е. регулировать чувствительность заложенных в мышцах органов чувств, делать их более или менее чувствительными.

Тут можно провести аналогию с использованием электроизмерительных приборов, например вольтметров. На таких приборах есть переключатель шкал. В зависимости от его положения одно и то же отклонение стрелки прибора может означать 1, 10 или 100 вольт. Таким образом, переключатель шкал регулирует чувствительность вольтметра. Если нужно измерить электрическое напряжение на каких-либо клеммах, то прежде чем подключить вольтметр, вы прикидываете в уме, какого порядка напряжение ожидается на клеммах — вольты, десятки вольт или сотни вольт. В соответствии с этой «прикидкой» вы и устанавливаете вольтметр на определенную чувствительность.

Что же произойдет, если, прикидывая порядок ожидаемого напряжения, вы ошиблись? Предположим, что истинное напряжение на клеммах 30 вольт, а вы ошибочно установили вольтметр на чувствительность в единицы вольт. Тогда подключение вольтметра к клеммам вызовет неожиданно резкий скачок стрелки до конца шкалы, и у вас создается впечатление «очень большого» напряжения. Обратное впечатление получится, если вы установите вольтметр на низкую чувствительность, например для измерения сотен вольт, а истинное напряжение окажется равным

единицам вольт.

Значит, прежде чем начать измерение, вы должны «предугадать» порядок измеряемого напряжения и в соответствии с этим установить измерительный прибор на соответствующую чувствительность — это и обеспечит точность измерения. Прибор, установленный на сотни вольт, «не заметит» различия в единицах вольт, а установленный на единицы вольт — разницу в долях вольт.

Точно так же обстоит и с живыми измерительными приборами — органами чувств. Вы отчетливо почувствуете разницу в весе не сильно загруженного портфеля, если туда добавят книгу, но не почувствуете разницы в весе тяжелого рюкзака, если туда добавят банку консервов — более тяжелую, чем книга. Голос одного человека, который кажется вам громким в достаточно тихой обстановке, не будет вами услышан в обстановке громкого шума. Значит, и для органов чувств важно заранее настроиться на определенный диапазон нагрузки. Вот эту-то функцию и выполняют влияния головного мозга, регулирующие чувствительность мышечного веретена. Настраиваются, конечно, не только чувствительные системы организма, но и двигательные. Сила мышечного сокращения, оказывается, соответствует величине ожидаемой нагрузки. Так, если вы должны быстро поднять большой чемодан, а чемодан неожиданно для вас оказался пустым и очень легким, рука с чемоданом поднимается выше, чем вы того хотели. Мышечное усилие соответствует ожидаемому весу чемодана. И если действительный вес чемодана не соответствует ожидаемому, мышечное усилие приведет не к тем результатам, которые требовались.

Подобно этому «отсчет» органов чувств оказывается ошибочным, если сила воздействия резко отличается от ожидаемой, на которую эти органы были настроены.

Таким образом, оценка органами чувств какого-либо воздействия (на организм) зависит не только от его величины, но и от того, какого порядка воздействие ожидалось, прогнозировалось организмом.

В эксперименте с иллюзией Шарпантье перед человеком два цилиндра. Испытуемый видит, что один из цилиндров большой, другой маленький; он видит, что оба цилиндра сделаны из одинакового материала. В прошлом опыте человека из двух тел, сделанных из одинакового материала, большее по объему весит больше. В соответствии с этим перед взвешиванием цилиндров правая и левая рука настраиваются на различный вес. Но прогноз не оправдывается (вес цилиндров одинаков). Несоответствие действительного веса вероятностному прогнозу и настройке мышечных веретен ведет к ошибке в оценке веса — к иллюзии.

Иллюзия Шарпантье исчезает у человека, если он некоторое время имеет дело с набором цилиндров, в котором нет соответствия между весом и объемом, где есть и маленькие тяжелые, и маленькие легкие, и большие тяжелые, и большие легкие. В таком случае прогноз изменяется: вид большего цилиндра уже не ведет к прогнозированию большего веса.

Иллюзия Шарпантье отсутствует и при некоторых заболеваниях мозга, при которых нарушается вероятностное прогнозирование. О том, как это явление может быть использовано для уяснения природы некоторых заболеваний мозга, мы расскажем в очерке «Нарушения психики и вероятностное прогнозирование».

НАРУШЕНИЯ ПСИХИКИ И ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

При опухоли мозга хирург, проникнув в полость черепа, видит грубые изменения строения мозга. При эпилепсии отчетливые нарушения электрической активности мозга врач может видеть и не нарушая целостности черепа, а лишь усилив и зарегистрировав электрические колебания, отводимые от кожи головы. Иначе обстоит дело при шизофрении — психическом заболевании, имеющем, пожалуй, наибольшее социальное значение для человечества. Тут о наличии заболевания врачу приходится судить по поступкам и высказываниям больного, по его поведению, мимике, жестикуляции, по особенностям его психической деятельности. А есть ли при шизофрении какие-либо закономерно наблюдаемые «соматические симптомы» — те объективные изменения телесной деятельности? Естественно, что врачи пытаются найти их.

Немецкий психиатр Бумке считал, что ему удалось обнаружить один из таких симптомов. Симптом Бумке состоит в том, что у больного, в отличие от здорового, при неожиданном легком уколе кожи зрачки ее расширяются, в то время как кожная чувствительность и реакция зрачков на свет сохраняются.

Но очень скоро клиницисты-психиатры перестали пользоваться симптомом Бумке. Почему так произошло? В самом деле, в каких случаях тот или иной симптом представляет интерес для врача-

клинициста?

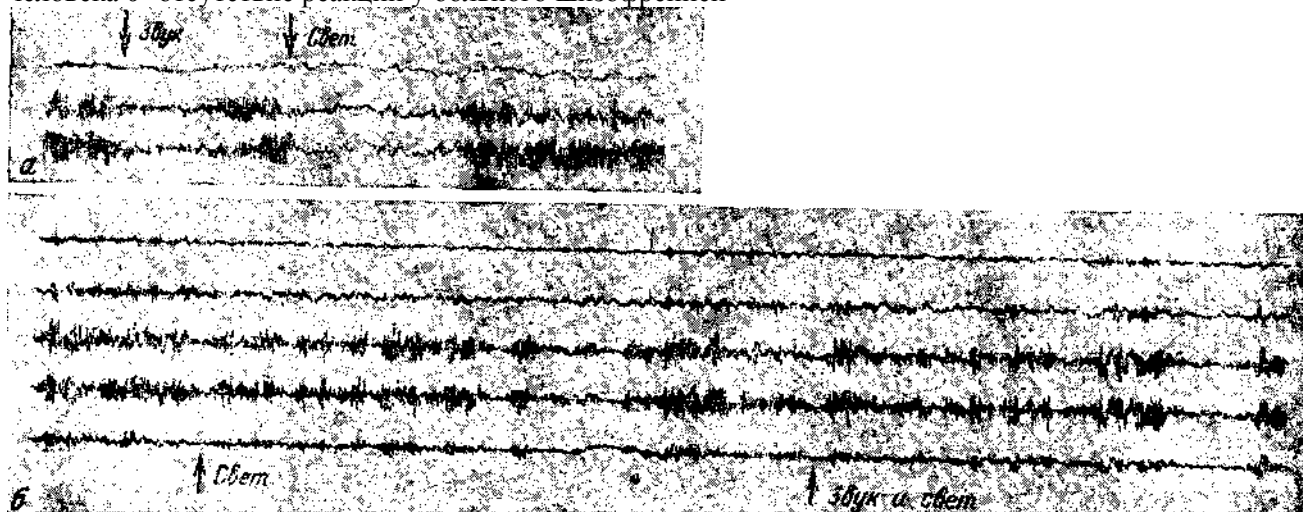
Во-первых, если этот симптом встречается при определенном заболевании с очень большим постоянством, близким к 90—100% случаев. Тогда симптом становится опорой в диагностике, и врач ценит его даже в том случае, если еще недостаточно ясно представляет себе механизмы возникновения этого симптома и его связь с другими проявлениями данной болезни. Такова, например, реакция оседания эритроцитов (РОЭ): при наличии в организме воспалительного процесса эритроциты крови оседают быстрее.

Во-вторых, симптом интересен врачу в том случае, если врач ясно представляет себе место этого симптома в механизме развития заболевания, в его патогенезе. Тогда наличие (или отсутствие) этого симптома многое говорит врачу даже в том случае, если симптом встречается при данном заболевании с не очень большим постоянством.

Симптом Бумке не удовлетворял ни первому, ни второму условиям: он наблюдается лишь примерно у 60% больных шизофренией, а связать его с другими — главными — проявлениями болезни не удалось. Поэтому он и был оставлен клиницистами.

Между тем исследования продолжали приносить новые сведения о нарушениях деятельности различных физиологических систем у больных шизофренией. Как уже говорилось, электроэнцефалография не выявила каких-либо специфических для шизофрении нарушений. Однако у больных с выраженным шизофреническим дефектом было отмечено отсутствие или ослабление изменений электрической активности мозга при внешних раздражениях (рис. 15), у здоровых же людей такие раздражения вызывают депрессию альфа-ритма — основного ритма, регистрируемого на электроэнцефалограмме (см. очерк «О мозге»).

Рис 15. Реакция биотоков мозга на стимулы
а-отчетливая депрессия альфа-ритма в ответ на звуковое и световое раздражения у здорового человека б -отсутствие реакций у больного шизофренией



Сниженными оказались у этих больных и кожно-гальванические реакции, некоторые реакции сердечно-сосудистой системы и др. Но каждая из таких «находок» физиологов мало что давала для понимания клиники шизофрении.

Были обнаружены и некоторые отклонения в работе органов чувств при шизофрении, но и их нельзя было признать первопричиной нарушений психики — ведь даже значительно более грубые нарушения этих органов не ведут к столь резким последствиям.

Таким образом, какую бы физиологическую систему у больных с выраженным шизофреническим дефектом (мы дальше будем говорить именно об этой группе больных) ни исследовали, в каждой из них обнаруживались некоторые отклонения от нормы, но все они были весьма слабы, и связь их с нарушением психики оставалась неясной.

Вместе с тем внимательное рассмотрение характера этих отклонений позволяет увидеть в них нечто общее. И депрессия альфа-ритма на электроэнцефалограмме, и колебание электрического потенциала кожи (кожно-гальваническая реакция), и расширение зрачка в ответ на несветовые стимулы, и многие другие реакции являются компонентами ориентировочной реакции.

С точки зрения физиолога это важно — в нагромождении фактов уловлена некоторая закономерность: теперь можно, не перечисляя всего множества фактов, сказать, что у больных с

выраженным шизофреническим дефектом нарушена ориентировочная реакция; можно даже предсказать, как именно она нарушена. Но для клинициста этого недостаточно. Он может сказать о новом симптоме все то, что раньше говорил о симптоме Бумке: ориентировочная реакция отчетливо ослаблена далеко не у всех больных шизофренией, а как она связана с нарушением психики (которое, собственно, и составляет клиническую картину шизофрении), остается непонятным.

Из очерка «Способность заглядывать в будущее» читатель уже знает об ориентировочной реакции. Чтобы уловить связь между нарушением ориентировочной реакции и нарушениями психики у больных, рассмотрим эту реакцию подробнее.

Характернейшая особенность ориентировочной реакции — способность к угасанию: при повторении стимула она становится все слабее и наконец более не возникает при появлении стимула (рис. 16).

Согласно классической рефлекторной теории (как она сложилась к первым десятилетиям нашего века), каждая реакция организма на стимул осуществляется рефлекторной дугой — разомкнутой цепочкой нейронов, в начале которой находится рецептор, чувствительный к определенному виду энергии, а на конце — эффектор или группа эффекторов, например мышцы или железы (рис. 17).

С этих позиций угасание ориентировочной реакции следовало бы объяснять так. Рефлекторная дуга имеет некоторый «порог» возбудимости (т. е. она способна реагировать лишь на стимулы, более сильные, чем «пороговый»). При каждом срабатывании рефлекторной дуги в ней происходят какие-то изменения (адаптация, утомление, истощение), вследствие которых ее порог повышается. При этом реакция становится все более слабой, а когда порог достигает уровня раздражителя, реакция совсем исчезает — раздражитель становится «подпороговым» (рис. 18). Правильность такого объяснения, казалось бы, подтверждается тем, что при усилении стимула реакция появится вновь. Но опыты показали, что ориентировочная реакция возникает в ответ и на ослабленный стимул (более слабый, чем тот, который рассматривался как под-пороговый). Уже этот факт доказывает, что причиной угасания ориентировочной реакции при повторении стимула является не рост порогов рефлекторной дуги, а что-то другое.

Объяснение угасания ориентировочной реакции, исходящее из представления о линейной рефлекторной дуге, еще более запутывается после следующего эксперимента. Ритмично, с интервалами в N секунд появляется стимул — звук. Первоначально в ответ на стимул возникает отчетливая ориентировочная реакция, но по мере повторения стимула она угасает. После этого опять дают стимул — реакции нет: ведь она угашена. Следует N секунд покоя — реакции нет: нет стимула. Если теперь снова включить стимул, реакции опять не будет. Но экспериментатор не дает очередного стимула, продолжается покой. И вот тогда, на $(N + 1)$ -и секунде, возникает ориентировочная реакция!

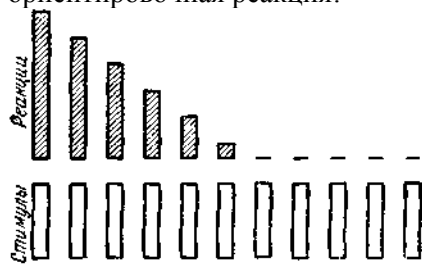
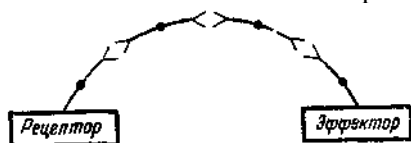


Рис. 1в. Угасание ориентировочной реакции у здорового человека при повторении стимула

Рис. 17. Схема линейной разомкнутой рефлекторной дуги



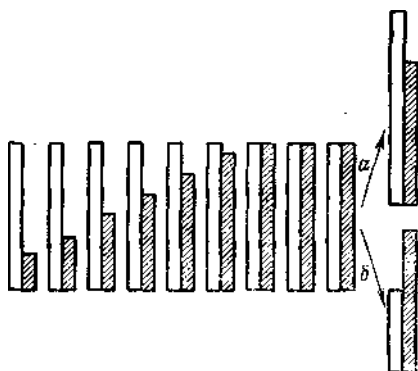


Рис. 18. Угасание ориентировочной реакции не является следствием роста порога: при усилении стимула (а) реакция возникает вновь, но и **при** ослаблении стимула (б) она тоже возникает. Реакция на что? Ведь стимула не было, продолжается покой. Где же начинается сработавшая в этом случае рефлекторная дуга? Ведь нет рецептора, на который подействовало отсутствие стимула. Физиолог, воспитанный в «классическом духе», может возразить на это. «Конечно,— скажет он,— когда звука нет, а реакция есть, это не реакция на звук; это рефлекс на время». Факты заставляют его дополнить список рефлексов еще и рефлексом на время. Отсчет времени, несомненно, играет большую роль в осуществлении реакций на отсутствующий стимул. Но добавление к перечню рефлексов на

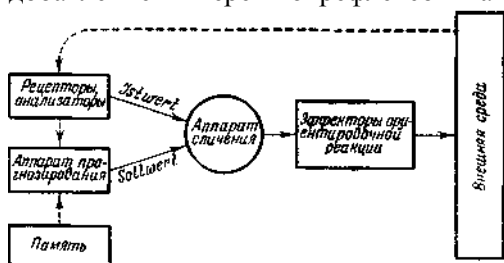


Рис. 19. Ориентировочная реакция возникает при несоответствии действительной и прогнозируемой ситуаций

звук, на свет, на укол и т. д. еще и рефлекс на время создает лишь видимость объяснения. Во-первых, «рефлекс на время» — понятие чужеродное в ряду других рефлексов, каждый из которых определен видом энергии стимула (например, свет, звук) или (что то же) рецептором, чувствительным к этой энергии (например, глаз, ухо). Во-вторых, ведь речь идет не о реакции на наступление $(N + 1)$ -й секунды. Если бы стимул появился своевременно, то реакция не возникла бы. Она возникает в двух случаях: во-первых, если стимул не появляется тогда, когда организм (опираясь на свой прошлый опыт) ждет его; и, во-вторых, когда стимул оказывается не таким, каким его ждут, основываясь на прошлом опыте (и тут уже менее существенно, чем он отличается от ожидаемого, более громкий он или более тихий). Таким образом, ориентировочная реакция возникает в ответ на рассогласование того, что ожидается — Sollwert, и того, что есть — Istwert (рис. 19).

Из очерка «Способность заглядывать в будущее» читатель уже знает, что живой организм может прогнозировать только на основе хранимых памятью сведений о прошлом опыте и только с определенной вероятностью.

Вернемся теперь к нарушению ориентировочной реакции у больных шизофренией с выраженной картиной дефекта. Может быть, оно обусловлено именно тем, что у этих больных нарушено вероятностное прогнозирование, нарушено использование вероятно организованного прошлого опыта?

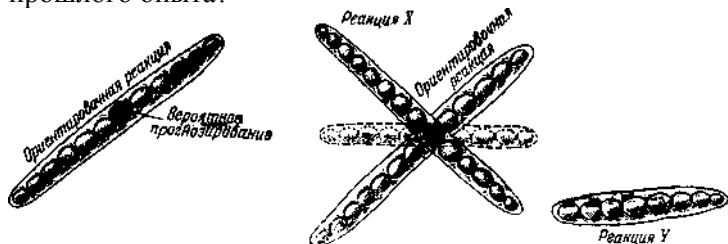


Рис. 20. Вероятностное прогнозирование входит как звено в структуру ориентировочной реакции

Рис. 21. Логическая схема контрольного (перекрестного) эксперимента

Мы вправе сделать такое предположение — ведь вероятностное прогнозирование составляет одно из звеньев, необходимых для осуществления ориентировочной реакции (рис. 20). Но такое предположение нуждается в проверке: ведь нарушение любого из звеньев, необходимых для осуществления ориентировочной реакции, поведет к нарушению этой реакции.

Во-первых, необходимо было выяснить, не изменяется ли у этих больных какая-либо другая (не ориентировочная) реакция, для реализации которой тоже необходима сохранность вероятностного прогнозирования.

Во-вторых, следовало проанализировать характерные для шизофренического дефекта психопатологические расстройства и установить: противоречат ли они гипотезе о нарушении вероятностного прогнозирования, «безразличны» ли они по отношению к ней, наконец, помогает ли эта гипотеза в каком-либо отношении лучше понять и психопатологию шизофренического дефекта.

Для первого пути проверки надо, казалось бы, выбрать такую реакцию (X), для реализации которой не обходима сохранность вероятностного прогнозирования, но которая в других отношениях по возможности отличается от ориентировочной реакции (рис. 21). У больных с нарушением вероятностного прогнозирования нужно ждать нарушения и реакции X . Установление того факта, что у больных с выраженным шизофреническим дефектом нарушена реакция X , можно бы рассматривать как подтверждение гипотезы о нарушении вероятностного прогнозирования у обследуемых больных: ведь именно вероятностное прогнозирование является «общим звеном» ориентировочной реакции и реакции X . Но остановиться на таком выборе реакции для постановки проверочного исследования было бы опрометчиво. Строгий критик не без основания мог бы возразить нам: в отношении любой реакции можно а priori ожидать, что она осуществляется у больного хуже, чем у здорового.

Поэтому-то надо было выбрать в качестве контрольной такую реакцию, для осуществления которой у здоровых вероятностное прогнозирование является помехой. У больных с нарушенным вероятностным прогнозированием следовало бы ожидать лучшего, чем у здоровых, осуществления этой реакции.

Мы выбрали для контрольного исследования иллюзию Шарпантье. О ней подробно рассказано в очерке «Ошибки прогноза», и мы напомним читателю лишь основное.

Иллюзия Шарпантье состоит в следующем. Для опыта берут два цилиндра, по виду из одинакового материала, которые сильно различаются по объему, но (об этом испытуемый не предупрежден!) одинаковы по весу. Испытуемому предлагают одновременно приподнять оба цилиндра — большой и маленький — и сказать, какой из них тяжелее. В этой ситуации здоровому взрослому человеку закономерно кажется, что меньший цилиндр тяжелее. Дело в том, что испытуемый еще до «взвешивания» цилиндров руками получает информацию о различии их объемов. А на основании прошлого опыта он ожидает, что больший цилиндр тяжелее. В соответствии с таким прогнозом осуществляется преднастройка тех систем, которые должны оценить вес. Поскольку оба цилиндра имеют одинаковый вес, такой прогноз не оправдывается — и это ведет к возникновению иллюзии.

Если гипотеза о том, что у больных с выраженным шизофреническим дефектом нарушено вероятностное прогнозирование, верна, то мы можем ожидать у них ослабления иллюзии Шарпантье, т. е. лучшей, чем у здоровых, оценки веса цилиндров в описанной ситуации.

В нашей лаборатории в Центральном институте усовершенствования врачей В. Л. Леви исследовал иллюзию Шарпантье у большой группы больных. Оказалось, что у больных с давним шизофреническим процессом и клинической картиной выраженного дефекта иллюзия Шарпантье отсутствует — эти больные правильнее здоровых оценивают сравнительный вес цилиндров.

Позже были описаны и другие факты, свидетельствующие о том, что в различных ситуациях, в которых вероятностно организованный прошлый опыт мешает здоровым, он не мешает больным с выраженным шизофреническим дефектом. Таким образом, гипотеза о том, что при шизофреническом дефекте нарушается вероятностное прогнозирование, выдержала проверку «перекрестным экспериментом».

Перейдем ко второму пути проверки — анализу характерных для шизофренического дефекта нарушений психики.

При шизофреническом дефекте у больных наблюдаются, в частности, две группы психопатологических проявлений — обеднение эмоциональных реакций и некоторые

своеобразные нарушения мышления, характеризуемые как шизофреническое слабоумие. В противоположность этим проявлениям, которые можно назвать негативной симптоматикой, у больных очень слабо проявляется продуктивная симптоматика (бред, галлюцинации).

По мере развития заболевания эмоциональные реакции ослабевают, наступает эмоциональная тупость. Больной может говорить о своих переживаниях, но остается при этом равнодушным: не изменяются интонации его речи, нет слез или смеха, не учащается пульс, не бледнеет и не краснеет лицо, не начинают блестеть глаза — нет физических, телесных проявлений эмоций. У таких больных ослаблено чувство юмора.

Для нормального эмоционального реагирования необходима сохранность механизма вероятностного прогнозирования (читатель уже знает это из очерка «Что нас волнует»). Поэтому нарушения эмоциональной сферы у больных с шизофреническим дефектом могут быть отчасти поняты как результат нарушения вероятностного прогнозирования.

Характерной особенностью нарушения мышления при шизофреническом дефекте является «рыхлость ассоциаций». Ярким примером этого явления может служить наблюдение Ф. В. Бассина. Больным и здоровым называли пары слов и предлагали им ответить, есть ли что-либо общее между понятиями, выражаемыми этими словами. Среди пар были и такие, о которых здоровые уверенно отвечали, что между ними ничего общего нет. Больной же легко находил и в этих случаях нечто общее. Так, например, в паре «керосин — симфония» больной видел общее в том, что керосин может вытекать из бидона с мелодичным звуком. Ответ больного кажется странным, необычным, неожиданным. Но назвать его формально неправильным нельзя.

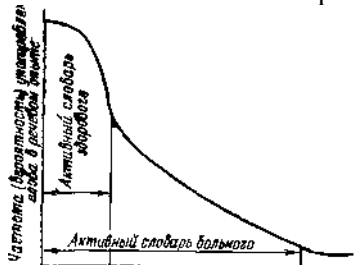
Естественно предположить, что из множества возможных ассоциаций здоровый человек выбирает те, которые часты (очень вероятны) в его прошлом опыте. У больного же нарушена опора на вероятностную структуру прошлого опыта. При формальной сохранности следов того, что A может ассоциироваться (по прошлому опыту) с B_1, B_2, \dots, B_n , больной не учитывает того, что вероятности этих ассоциаций P_1, P_2, \dots, P_n различны.

Для него различия между вероятностями P_1, P_2, \dots, P_n сглажены. Поэтому он с большей легкостью, чем здоровый человек, извлекает из памяти («актуализирует») ассоциацию, по прошлому опыту маловероятную, и вместе с тем реже извлекает ассоциацию очень вероятную. Тенденция к уравниванию вероятностей P_1, P_2, \dots, P_n равносильна вероятностной дезорганизации, росту энтропии мозга как системы хранения и переработки информации (энтропия — это мера дезорганизованности системы).

В то же время формально прошлый опыт сохранен — набор приобретенных в индивидуальном опыте знаний и ассоциаций не растерян (как это имеет место при некоторых органических поражениях мозга).

То же можно сказать и о «вычурности» речи таких больных, создающей иногда впечатление большего богатства их словаря по сравнению со словарем здоровых людей. Выбранное больным слово формально правильно (обозначает, например, именно тот предмет или явление, который хочет назвать больной). Но из множества формально правильных слов для обозначения предмета (или явления) здоровый выбирает те слова, которые являются наиболее частыми в его языковой среде, а больной с равной легкостью выбирает частые (очень вероятные) и редкие (маловероятные) слова (рис. 22). Но формально и эти редкие слова правильны.

Рис. 22. Активный словарь больного может быть богаче активного словаря здорового человека



Все сказанное можно резюмировать так. Исследование ориентировочных реакций у больных с картиной шизофренического дефекта (с преобладанием негативной симптоматики) привело нас к гипотезе о том, что у этих больных нарушено вероятностное прогнозирование, нарушено использование вероятностной структуры прошлого опыта. Больной действует так, как будто его прошлый опыт в той или иной степени дезорганизован (тенденция к уравниванию вероятностей) при формальной сохранности прошлого опыта. Действия больного оказываются менее успешными, чем действия здорового потому, что больному не помогает вероятностное

прогнозирование. Однако в некоторых необычных (редких) ситуациях, в которых вероятностное прогнозирование мешает здоровому, действия больного могут оказаться более успешными — вероятностное прогнозирование в этом случае не мешает.

Следствием такого нарушения является искажение всех тех видов деятельности, в которых используется вероятностная структура прошлого опыта, — будь то «простая» ориентировочная реакция или «сложная» речевая или ассоциативная деятельность (см. схему на стр. 91).



Те же виды деятельности (безразлично — простые или сложные), которые осуществляются по жестким программам и не используют вероятностную структуру прошлого опыта, протекают нормально. По-видимому, именно поэтому больной иногда может (при соответствующем образовании) справиться с очень сложной математической задачей, но не справляется с другой (по общепринятым меркам — более простой) работой.

Наша гипотеза дает возможность из минимума допущений объяснить целый ряд весьма разнообразных нарушений у больных с шизофреническим дефектом — столь разнообразных, что понять их с единой точки зрения долго не удавалось.

Все сказанное относится к негативным симптомам шизофренического дефекта. А можно ли с этих позиций подойти и к объяснению продуктивных симптомов? Пока еще трудно ответить на этот вопрос. Ответ на него требует новых исследований.

ПСИХИКА И ТЕЛЕСНОЕ ЗДОРОВЬЕ

«Mens sana in corpore sano» (в здоровом теле здоровый дух) — гласит античная поговорка. Но величайший мастер парадокса Бернард Шоу утверждает обратное: «„В здоровом теле здоровый дух" — бессмысленное изречение. Здоровое тело есть продукт здорового духа». Утверждения эти противоположны, но не противоречивы. Они оба верны, они отражают две стороны одного и того же — единство тела и духа.

Первое из этих утверждений кажется более очевидным. Влияние тела на психику всем хорошо известно. Вероятно, каждый даже на своем личном опыте знает, как трудно сохранить «бодрый дух», когда болят зубы. К отчетливым изменениям характера могут приводить длительно протекающие хронические заболевания внутренних органов (недаром говорят о «желчном

характере»).

Но верно и то, что пишет Бернард Шоу: «Здоровое тело есть продукт здорового духа». И это было замечено уже много веков назад. Со времен средневековья сохранился стихотворный «Салернский регламент здоровья», выдержавший затем очень много печатных изданий и переведенный на ряд языков. Его вводные стихи гласят: «Салернская школа стремится этими строками сообщить здоровье английскому королю и указать на необходимость держать голову свободной от заботы, а сердце — от сокрушения; не пить много вина, ужинать легко, вставать рано, после еды не сидеть долго, пользоваться только тремя врачами: первым врачом — покоем, вторым врачом — весельем и третьим врачом — диетой». Итак, не сокрушаться и быть веселым — одна из основных рекомендаций для сохранения здоровья...

В XIX веке открытие микробов как причины заразных болезней и развитие патологической анатомии на какое-то время уменьшили уважение врачей к подобным советам.

И все же врачи замечали, что иногда первые признаки болезни относятся ко времени серьезных жизненных неудач и тяжелых переживаний; что у больного, утратившего веру в выздоровление и интерес к жизни, течение болезни нередко принимает катастрофический характер; что обрадовать, ободрить больного, вселить в него уверенность в выздоровление иногда бывает полезнее, чем дать ему лекарство. Вольтер говорил, что «надежда выздороветь — половина выздоровления».

Замечательный русский клиницист начала XIX века М. Я. Мудров говорил: «При повальном заболевании солдат следует не допускать больных до „страха“, ибо неприятное чувство располагает тело к принятию заразы».

В рассказе О.Тенри «Последний лист» девушка, больная пневмонией и утратившая волю к жизни, решила, что умрет, когда упадет последний лист с плюща за окном. Ветер срывает лист за листом, и состояние девушки становится все хуже и хуже. «Я устала ждать. Я устала думать», — говорит она. «Когда мой пациент начинает считать кареты в своей похоронной процессии, я скидываю пятьдесят процентов с целебной силы лекарств», — замечает лечащий ее врач. Спасает больную девушку художник, нарисовавший на стене перед ее окном лист, который не могли сорвать порывы осеннего ветра.

Ученые специально исследовали влияние психики на внутренние органы. Оказалось, что в состоянии гипноза можно изменять количество и химический состав желудочного сока, внушая человеку, что он ест бульон, хлеб или молоко. При рентгеновском исследовании желудка видели, как под влиянием внушения возникает резко выраженная картина спастических явлений желудка и кишок, картина атонии и опущения желудка. Удавалось наблюдать, как опущенный желудок под влиянием внушения становится на нормальное место. Когда исследуемому внушали, что он ест невкусную, противную пищу, желудок на рентгеновском экране принимал форму вялого мешка без всяких перистальтических движений. Когда же внушали представление о вкусной, любимой пище, желудок резко сокращался и живо перистальтировал. Если человеку внушали, что он выпил много воды (при этом ему давали пустой стакан), то это приводило к увеличению количества выделяемой мочи и таким изменениям состава крови, какие наступают обычно после обильного питья.

Широко известно влияние эмоций на состояние кровеносных сосудов и кровяное давление. При страхе кровяное давление повышается, а под влиянием огорчений и психической депрессии повышение давления может стать стойким. И наоборот, благоприятные влияния на психику способствуют снижению кровяного давления.

Крупный терапевт-клиницист Р. А. Лурия наблюдал ряд случаев желтухи, возникшей под влиянием психической травмы. Он объясняет возникновение в таких случаях желтухи тем, что нарушается иннервация сфинктеров (мышечных жомов), регулирующих желчевыделение.

Р. А. Лурия различает внешнюю и внутреннюю картины болезни. Внешняя картина болезни — это все то, что врачу удастся получить доступными ему методами исследования, все то, что можно описать и так или иначе зафиксировать. Внутренняя картина болезни — все то, что испытывает и переживает больной, вся масса его ощущений, его общее самочувствие, его представления о своей болезни и о ее причинах — весь внутренний мир больного.

В общем течении болезни ее внутренняя картина занимает очень большое, иногда доминирующее место. Порой бывает гораздо легче ликвидировать реального микроба в организме больного, чем выселить воображаемого микроба из его психики. В таких случаях воздействие на психику больного, психотерапия, может оказаться важнейшим методом лечения.

Известны и такие случаи, когда только психотерапия в состоянии гипноза освобождает больного от «внушенного» недуга и возвращает ему трудоспособность. Иногда же причиной болезни (или

ее обострения) может быть неосторожно сказанное кем-то и неверно понятое человеком слово. Всякая болезнь — сложный процесс, захватывающий многие системы организма. Деятельность различных органов в борьбе с болезнью координирует нервная система. Ее влияние на течение болезни подтверждается многими наблюдениями и исследованиями.

А. Д. Сперанский считал, что заболевание возникает в месте встречи болезнетворного начала с чувствительным к этому началу нервным окончанием. Место воздействия яда предопределяет развертывание, а порой и судьбу процесса. Исследования, проведенные в лаборатории А. Д. Сперанского, подтверждают его предположения. Оказалось, например, что смертельная доза щептококка различна в зависимости от того, в какую вену кролика вводится культура этого микроба: яд неодинаково действует на различные нервные окончания.

Опыты показали, что если до заражения животного туберкулезом подействовать висмутом на нервные окончания, находящиеся в грудной полости, то туберкулезный процесс протекает значительно доброкачественнее. С помощью подобных методов А. Д. Сперанскому удавалось улучшать состояние больных при некоторых заболеваниях: инфекция продолжала гнездиться в их организме, но измененная нервная система пациента становилась нечувствительной к ней.

В исследовании М. К. Петровой у собак при длительном перенапряжении нервной системы часто возникали различные дистрофические болезни (экземы, хронические язвы, фурункулез), причем появлению этих заболеваний всегда предшествовали нервные срывы. При отсутствии такого перенапряжения дистрофические процессы возникали у собак значительно реже. У некоторых собак нервное перенапряжение приводило к возникновению доброкачественных и злокачественных опухолей.

Весьма показательны опыты А. И. Долина. Собаке под кожу вводили морфий, всегда сопровождая эту процедуру бульканьем воды. После многократного повторения этой процедуры у собаки образовался условный рефлекс: введение воды (вместо морфия), сопровождаемое бульканьем, вызывало у нее картину отравления морфием. Затем стали часто повторять введение воды, сопровождавшееся бульканьем и звонком. В этом случае картина отравления не наступала: звонок стал дифференцировочным раздражителем, он тормозил реакцию отравления (наступавшую при отсутствии звонка). Подготовленной таким образом собаке однажды ввели морфий, сопровождая введение бульканьем и звонком. Результат был поразительным: отравления не возникло! Действующее через нервную систему торможение симптомов отравления (звонок) оказалось более сильным, чем действие сильного яда — морфия.

Пользуясь аналогичным методом (методом условных рефлексов), удалось получить условнорефлекторный лейкоцитоз — очень важный механизм борьбы с инфекцией.

Высшая функция нервной системы — психическая деятельность — тоже сильно влияет на течение болезненных процессов. Влияние это может быть как положительным, так и отрицательным.

Если в состоянии гипноза прикоснуться к коже и внушить, что прикоснулись раскаленным железом, то через некоторое время на этом месте возникает волдырь, как при ожоге. Организм реагирует так, как будто ожог действительно имел место.

Вера в то или иное лечебное средство часто значительно улучшает действие этого средства. Этим, в частности, объясняются случаи «чудесных» исцелений на мощах святых, случаи исцелений у знахарей, у «заговаривающих» болезни бабок.

У офицеров побеждающей армии **раны** заживают быстрее, чем в армии, терпящей поражение. Это объясняется, конечно, не только лучшим уходом, но и лучшим моральным состоянием раненых.

Воздействие на психику — мощный фактор. Однако в неумелых руках он может оказать и вредное действие. Как уже упоминалось, неудачно сказанное врачом слово может вселить в пациента ненужную тревогу; у него даже могут появиться признаки предполагаемой болезни. Внушенные болезни не такое уж редкое явление. Известны даже случаи внушенной беременности, где были налицо все внешние признаки беременности и на девятом месяце наступали родовые схватки.

Влияние психики накладывает свой отпечаток на течение болезни у человека. Врач не может ограничиваться рамками биологии. Психологические и социальные факторы болезни всегда должны быть в поле его внимания.

Психические процессы влияют на работу внутренних органов и на течение болезненных процессов в них. И наоборот — болезненные процессы в различных органах влияют на психику. Одним из сильных факторов такого влияния является чувство боли. Болевые сигналы занимают особое место среди сигналов, которые мозг получает от различных органов и использует для управления. Они могут приходить почти от любой части тела и несут мало информации о

физических свойствах раздражителя. И откуда бы они ни пришли, они всегда неприятны. Зачем же они? Есть ли организму польза от того, что существует чувство боли? На первый взгляд даже сам вопрос кажется странным. В самом деле, боль доставляет нам столько страданий. Может показаться, что человек стал бы счастливее, если бы потерял способность ощущать боль...

Если вы захотите поискать таких «счастливых», то найдете их в неврологических клиниках. У этих людей болезнь сирингомиелия разрушила в спинном мозге нервные пути, по которым в головной мозг идут сигналы о боли. У больного на определенном участке тела теряется болевая чувствительность, в то время как тактильная чувствительность — способность ощущать прикосновение — сохранена. Одним из симптомов сирингомиелии являются рубцы от ожогов, возникновение которых не вызвало чувства боли и потому не было своевременно замечено больным. В ожоговом отделении хирургической клиники бросается в глаза большое число больных, получивших ожоги в состоянии алкогольного опьянения, когда чувствительность к боли понижена.

Таким образом, способность ощущать боль полезна. Она предохраняет организм, заставляет его принять меры защиты, как только начнется повреждающее воздействие.

Боль — сигнал угрозы благополучию организма. Она ценнейшее приобретение живых организмов в процессе эволюции. Если бы какой-нибудь вид животных оказался лишенным способности воспринимать боль, то он был бы обречен на вымирание.

Боль очень неприятное чувство. И это полезно. Ведь боль требует незамедлительной реакции организма. Не случайно люди выбрали в качестве сигнала пожарной опасности тревожный и заглушающий другие звуки вой сирены, а не какой-нибудь приятный, мелодичный звук.

Но боль полезна лишь до поры до времени. Она становится вредной, когда, уже выполнив роль сигнала опасности, она продолжает «звучать» в организме, дезорганизуя его работу. Дезорганизующее влияние длительной боли очень велико. Она может вызвать сердцебиение, сужение кровеносных сосудов, нарушения функций нервной системы, пищеварения, дыхания. При боли может измениться содержание различных веществ в крови, повышается свертываемость крови, боль может вызвать анурию — задержку выделения мочи.

Затянувшаяся боль отрицательно влияет и на психику человека. Каждый знает, как трудно сосредоточиться на чем-либо во время боли. Боль может вызвать чувство страха. В некоторых случаях (например, при болях в сердце, вызванных спазмом кровеносных сосудов, снабжающих кровью сердечную мышцу) страх и тревога могут становиться чрезвычайно сильными. Очень сильная боль может вызвать болевой шок — резкое снижение кровяного давления, потерю сознания. Она может даже привести к смертельному исходу.

Значит, надо уметь управлять болью, уметь снимать ее, когда она не несет полезной для организма службы сигнала тревоги. Без умения управлять болью была бы невозможна современная хирургия. Для устранения болезненного очага (например, опухоли) хирургу приходится нарушать целостность живой ткани. А во всей истории живых существ, предшествующей появлению цивилизованного человека, повреждение живой ткани являлось сигналом опасности. Поэтому в процессе эволюции и выработался болевой сигнал в ответ на такое повреждение. В условиях же современной хирургии операционная рана не несет опасности, и боль от нее лишь вредна организму.

Изучение боли имеет свою историю, своих героев.

Одним из пионеров в изучении боли был в прошлом веке английский невропатолог Хэд. Необходимые для изучения боли эксперименты не могут быть безболезненными, и поэтому Хэд решил проводить их на самом себе. Так, по его просьбе один из коллег сделал ему операцию — перерезал ветвь лучевого нерва у основания большого пальца. Эта операция позволила Хэду изучить, как восстанавливается чувствительность в пальце по мере регенерации (восстановления) поврежденного нерва. Изучение заняло пять лет. В результате Хэд установил, что чувствительность восстанавливается в два этапа — сначала болевая, потом тактильная. Волокна, проводящие чувство боли, восстанавливаются быстрее, чем волокна тактильной чувствительности.

Представление о том, что болевая чувствительность — это особый вид чувствительности, подтвердилось и в наблюдениях других ученых. При исследовании кожи под микроскопом было обнаружено несколько типов рецепторов — образований на концах нервных волокон, воспринимающих различные раздражения. Наряду с рецепторами холода, тепла, прикосновения, давления были обнаружены и свободные нервные окончания, которые воспринимают раздражения, вызывающие боль.

Сигналы о боли идут в мозг по своим путям, отдельным от путей тактильной чувствительности. Чтобы человек почувствовал боль, нервные импульсы, идущие по проводникам болевой чувствительности, должны прийти в соответствующие центры головного мозга. Если эти пути нарушены (как это бывает при сирингомиелии), болевого ощущения не наступает, хотя раздраженные болевые рецепторы посылают соответствующие импульсы.

Болевые ощущения играют большую роль в диагностике многих заболеваний. Недаром первым вопросом врача часто бывает вопрос: «Где у вас болит?» Болевые сигналы могут идти в мозг не только от кожи, но и от внутренних органов, в которых имеются свои рецепторы (их называют интерорецепторами). Возбуждение интерорецепторов возникает под влиянием изменений состояния внутренних органов или состава внутренней среды организма. Импульсы от внутренних органов поступают в те же участки спинного мозга, в которые поступают импульсы от определенных участков кожи. Поэтому при заболеваниях внутренних органов болезненность может локализоваться в определенных участках поверхности тела. Тот факт, что определенным внутренним органам соответствуют (в этом отношении) определенные зоны кожной поверхности, имеет большое значение для диагностики. Известно ведь, что сердечные больные часто обращаются к врачу с жалобой на боли в левом плече.

Мы уже говорили, что если пути болевой чувствительности где-либо нарушены и не пропускают импульсов в мозг, то повреждающие воздействия на соответствующий участок тела не будут вызывать болевых ощущений. Но бывает и иначе. Проводник боли может быть раздражен не у своего начала, а на каком-либо другом участке. От места раздражения в нервные центры идут импульсы. А приход импульсов в эти центры воспринимается как боль в том органе, где начинаются соответствующие (идущие в этот центр) нервные волокна. И человек локализует боль не там, где действительно находится очаг раздражения, а там, где расположены рецепторы, на пути от которых возникло раздражение.

Типичный пример этого явления — так называемые фантомные боли (от французского *fantome* — призрак), т. е. боли в отсутствующем органе. Например, после ампутации ноги рубец в культе начинает раздражать обрезанный нерв, волокна которого несли чувствительность от ампутированного органа. Приходящие в мозг сигналы воспринимаются как боль в стопе, которая ампутирована.

Болевые сигналы, пришедшие в центральную нервную систему, воспринимаются не изолированно, а во взаимодействии с сигналами других видов чувствительности. Обострение болевых ощущений после операций, связанных с перерезкой нервных стволов, в период, когда еще не восстановилась тактильная чувствительность, Л. А. Орбели объяснял именно тем, что нормально тактильная чувствительность ослабляет болевую.

Взаимодействие болевой чувствительности с тактильной проявляется и в способности точно локализовать место болевого раздражения. Орбели очень остроумно исследовал это в опытах на кошке. Если здоровой кошке надеть на хвост зажим, то она изгибает голову и хвост так, чтобы достать зубами зажим, и сбрасывает его. Такой же опыт Л. А. Орбели и М. А. Панкратов провели на кошке, у которой задние столбы спинного мозга, по которым передаются в головной мозг сигналы тактильной чувствительности, были перерезаны, боковые же столбы, по которым передаются сигналы болевой чувствительности, были сохранены. Если такой кошке надеть зажим на хвост или заднюю лапу, то ее реакция на боль проявляется более бурно, чем до операции, — кошка царапается, визжит. Но ее попытки снять зубами зажим остаются безрезультатными: кошка, лишенная тактильной чувствительности, не может локализовать место болевого раздражения.

Локализация болевого раздражения возможна только при условии, что одновременно с болевыми рецепторами возбуждаются и тактильные рецепторы. Боли, возникающие при раздражении внутренних органов без сопутствующего тактильного раздражения, часто воспринимаются как разлитые, не строго локализованные.

Взаимодействие болевой чувствительности с другими видами чувствительности отчетливо проявляется и при каузалгии — мучительных болях жгучего характера, возникающих иногда после повреждения нервов. Длительное раздражение поврежденного нерва приводит к тому, что в нервной системе возникает стойкий очаг возбуждения, которое воспринимается как боль. Свет, звук, запах, вкусовое раздражение резко усиливают боль. Эти раздражения как бы суммируются со стойким болевым раздражением.

Мы уже говорили о том, что боль может влиять на различные процессы, протекающие в организме, в том числе и на психическое состояние человека. Но и психические процессы могут влиять на чувство боли. В состоянии страха, тревоги ощущение боли может возникать под

влиянием таких раздражителей, которые обычно боли не вызывают. Увлеченность каким-нибудь делом может ослабить или даже на время устранить чувство боли. При засыпании слабые сигналы от внутренних органов могут доходить до сознания. Поэтому иногда в начальной стадии заболевания какого-либо органа первым симптомом, который замечает больной, является сон о болезни этого органа.

В состоянии гипноза человеку можно внушить отсутствие боли, в то время как на кожу наносятся болевые раздражения (уколы, ожоги). Человек, которому в гипнозе внушили аналгезию (безболезненность) определенного участка кожи, перестает чувствовать боль. Об этом можно судить по тому, что он никак не реагирует на укол (при уколе других участков кожи он отдергивает руку). Однако в момент болевого раздражения «нечувствительного» участка кожи биотоки мозга отчетливо изменяются. Значит, сигналы от рецепторов этого участка продолжают поступать в мозг.

Объяснить изменение биотоков мозга при отсутствии субъективного ощущения боли можно исходя из современного представления о путях сигналов от рецепторов к коре головного мозга. Как упоминалось в очерке «О мозге», сигналы от различных рецепторов направляются к различным участкам коры головного мозга: от зрительных рецепторов — к затылочным долям, от слуховых — к височным, от кожных рецепторов — к теменным. Поступление сигналов в эти зоны коры и вызывает соответствующее ощущение. Но, кроме того, от каждого специфического пути отходят ответвления к сетевидной, или ретикулярной, формации — скоплению нервных клеток, расположенному в продолговатом и среднем мозге. От сетевидной же формации сигналы поступают во все области коры (от каких бы рецепторов — зрительных, слуховых или кожных — эти сигналы ни начали свой путь). Приход в кору мозга сигналов по этому неспецифическому пути и вызывает изменение биотоков мозга — депрессию альфа-ритма.

Таким образом, если чувствительный путь блокирован ниже (т. е. ближе к рецепторам), чем место ответвления к сетевидной формации, то раздражение рецепторов не вызовет ни ощущения, ни депрессии альфа-ритма. Если же блокирована центральная часть специфического пути, выше места ответвления к ретикулярной формации, то ощущения не возникает, но депрессия альфа-ритма наступает (так как неспецифический путь сохранен). Опыты с болевым раздражением в состоянии гипноза показывают, что при гипнотическом внушении безболезненности блокируется центральный участок специфического пути.

Современная медицина располагает большим арсеналом эффективных средств борьбы с болью. Разработаны надежные методы местного обезболивания и общего наркоза. Анестезиология настолько развилась, что выделилась из хирургии в самостоятельную специальность. Но чтобы успешно пользоваться болеутоляющими средствами (прекращающими или ослабляющими болевые ощущения) и обезболивающими (предупреждающими болевые ощущения), необходимо хорошо знать природу боли: знать, от чего она происходит в каждом случае, когда она наш враг, а когда друг.

Боль вызывает не только «внутренние» изменения в организме — сердцебиение, сужение кровеносных сосудов и т. п., она вызывает и «внешние» изменения — в движениях, в мимике, в тембре голоса, в крике. Эти внешние выражения боли есть и у человека и у животных. И они выполняют важную роль — информируют других особей этого вида, что одной из них грозит опасность, что надо ему помочь, что надо самому принять меры против грозящей опасности.

Внешние выражения боли адресованы окружающим, в них надежда на помощь от грозящей опасности. А в надежде — и капелька облегчения. Боль менее мучительна, если рядом друзья, готовые помочь. Именно об этом стихи, которыми хочется закончить очерк:

Когда человеку больно И он закричит от боли И кто-то его услышит И руку сожмет в кулак, Легче тогда человеку, Легче бороться с болью, Легче — ведь кто-то рядом Жизнь устроена так...

РАБОТОЙ МОЗГА МОЖНО УПРАВЛЯТЬ

Болезни бывают разные — болезни сердца, болезни глаз, болезни суставов... Все они приносят людям страдания, от всех них люди стараются уберечь себя. Но самый большой ужас внушают людям болезни психики.

Не дай мне бог сойти с ума. Нет, легче посох и сума; Нет, легче труд и глад.

Так писал Пушкин о психических болезнях. О других болезнях так, кажется, никто никогда не говорил.

Прошлые века дали немало оснований для такого отношения к психическим болезням. В средние

века психиатрия была оторвана от медицины, от науки вообще. На психоз смотрели как на результат одержимости, вселения в человека дьявола. Психоз рассматривали как результат добровольного соглашения человека с дьяволом. Представление о сущности болезни порождало и методы «лечения». Больного подвергали пыткам, чтобы он «сознался» в связях с дьяволом. Больных публично истязали, чтобы изгнать беса. Их сжигали на кострах. Учреждения, куда помещали больных, были не больницами, а скорее тюрьмами, оборудованными орудиями пытки. Слово «бедлам» до сих пор живет во многих языках, обозначая ужасную неразбериху, нелепость. Это слово берет начало от названия одной из психиатрических больниц в Англии.

Резкий сдвиг в положении душевнобольных относится ко времени Великой французской революции. Право человека на свободу, провозглашенное революцией, относилось и к больным. Филипп Пинель снял с душевнобольных цепи, превратил «сумасшедшие дома» в лечебные учреждения. Психиатрия начала развиваться как отрасль медицины. Появляются новые методы лечения и специальные лечебные учреждения для душевнобольных, передовые психиатры начинают борьбу за человеческие права душевнобольных, за улучшение их положения в обществе. Замечательный русский психиатр конца XIX века С. С. Корсаков писал, что душевные болезни такие же телесные болезни, как и все другие, что они составляют часть болезней нервной системы.

По мере того как наука открывала принципы работы мозга, медицина все больше приближалась к возможности такого воздействия на мозг, которое позволило бы регулировать нарушенную болезнью психическую деятельность.

Мозг, орган управления в организме, сам поддается управлению. Давно известно, что некоторые вещества — алкоголь, гашиш, мескалин — способны нарушать нормальное течение психических процессов. Гораздо позже узнали, что есть вещества, способные нормализовать психические процессы, нарушенные болезнью. За последние два десятилетия создан целый ряд таких лекарств, выяснены многие особенности их действия на больных, совершенствуется их химическая структура. Создана новая отрасль науки — психофармакология, изучающая действие различных веществ на психику больных и работающая над созданием новых медикаментов. Лечение психических болезней стало в один ряд с лечением других болезней организма.

Успехи, уже достигнутые на этом пути, трудно переоценить. В нашем языке еще сохранилось выражение «сумасшедший дом». Но выражение это (как и слово «бедлам») все больше применяют лишь в переносном смысле слова. Современные психиатрические больницы и отдаленно не напоминают ту картину, которая встает в воображении при словах «сумасшедший дом». Даже внешний вид больных в такой лечебнице совершенно изменился.

Успехи психофармакологии очевидны. Ее дальнейшее развитие обещает новые победы над психическими болезнями. Уже сейчас, по данным статистики, почти в 70% случаев достигается полное излечение или значительное улучшение с восстановлением нормального поведения и работоспособности. Для былого пессимизма в отношении психических болезней остается все меньше оснований — во всяком случае, не больше, чем в отношении многих других болезней.

Успехи психиатрии и психофармакологии ставят новые задачи перед врачами, фармакологами, химиками. Но не только перед ними. Не будет преувеличением сказать, что новые задачи возникают перед всеми людьми.

Одна из них — разумное отношение к тем мощным химическим регуляторам психической деятельности, которые становятся теперь доступны людям. Сильное средство — в одном случае лекарство, а в другом — яд. Решение вопроса о том, какие средства и в каких дозах показаны в каждом конкретном случае, требует высокой врачебной квалификации. Самостоятельное применение лекарства, чаще всего основанное на внешнем сходстве жалоб человека с жалобами больного, которому это средство помогло, может привести не к выздоровлению, а, наоборот, к значительному ухудшению состояния.

Лечение психических заболеваний (как всяких других) эффективно лишь тогда, когда оно начато своевременно. Но как раз при психических заболеваниях обращение к врачу нередко запаздывает. Слишком живучи еще, даже в сознании культурных людей, представления о психических болезнях как о чем-то безнадежном, как о болезнях, при которых обращение к врачу приведет не к излечению, а лишь к ухудшению положения больного. Я знал ребенка с сильным заиканием, которого родители боялись лечить только потому, что для этого надо было обратиться в психиатрическое учреждение (где, кстати, такое лечение проводилось успешно).

Успехи психофармакологии дают все основания для оптимизма. Но для реализации этих успехов необходимо преодолеть боязливо-пессимистический взгляд людей на психические болезни и их

лечение.

Одни лишь лекарства недостаточны для борьбы с психическими болезнями. Наряду с исследованиями клиническими, физиологическими, биологическими психические болезни являются предметом тщательного социологического исследования. Социальная психиатрия связана и с профилактикой психических заболеваний, и с комплексом мероприятий, задача которых — сделать больного пригодным для нормальной жизни, помочь ему приспособиться к условиям нормальной жизни и полезного труда в коллективе. Этим вопросом — социальной реадaptацией больных — серьезно занимается наша психиатрия. Важность этой работы подчеркивалась и Всемирной организацией здравоохранения ООН.

Исследования физиологов и психологов говорят о возможности новых методов нормализации работы больного мозга. В лаборатории Н. П. Бехтеревой (Институт экспериментальной медицины Академии медицинских наук СССР) в мозг больных с лечебной целью вживляют тончайшие электроды, с помощью которых можно посылать электрические импульсы в различные мозговые структуры. Подробно изучены развивающиеся при этом эмоциональные реакции, благодаря чему оказалось возможным построить примерные карты структурно-функциональной мозговой организации эмоциональных реакций у человека. Это направление исследований обещает дать новые возможности в борьбе с психическими расстройствами. Возможность управлять работой мозга интенсивно исследуется в экспериментах на животных.

На XVIII Международном психологическом конгрессе в Москве в 1966 году американский физиолог Хосе Дельгадо рассказал о своих опытах, показывающих, каким глубоким может быть вмешательство в работу мозга обезьяны.

Обезьяны живут группами, семьями, во главе которых стоит обычно вождь — старый и сильный самец. Ни одна обезьяна в группе не притронется к пище, пока не поест вождь. У вождя свои привычки, свои «требования» к поведению других обезьян группы. Если какая-либо обезьяна нарушит эти требования, ей не миновать наказания. Докладчик показал на экране, как выглядит такая группа. В центре клетки сидит вождь. Он зорко следит за поведением других обезьян. Чуть что не так — вождь грозно направляется к провинившейся обезьяне и на глазах у всех остальных устраивает ей основательную трепку. Опасаясь очередной взбучки, обезьяны становятся малоактивными, боязливыми. Они сидят по углам клетки и с опаской смотрят на грозного вождя — как бы не навлечь на себя его гнев.

И вот такому вождю вживляют в мозг электроды. Физиолог, находящийся в соседнем помещении (обезьяны не видят его), может с помощью специального радиотехнического устройства раздражать электрическим током те или другие участки мозга обезьяны-вождя. Вживляя электроды в различные участки мозга, Дельгадо обнаружил, что в глубоких отделах мозга есть такие участки, раздражение которых сразу устраняет возбуждение, агрессию. Вот одна из обезьянок провинилась. Вождь бросается к ней... В этот момент экспериментатор включает прибор, посылающий в соответствующий участок мозга вождя электрическое раздражение. И только что разъяренный вождь останавливается: гневное выражение его лица исчезает, он спокойно отходит в сторону и садится на свое место.

На следующем этапе опыта в клетке с обезьянами была установлена специальная педаль. Нажатие на педаль включало устройство, посылающее в мозг вождя электрическое раздражение. Физиолог-экспериментатор перестал раздражать мозг вождя, предоставив события естественному (если можно так сказать об этой ситуации) ходу. Опять вождь карал «провинившихся» обезьянок, опять они бросались наутек от его гнева. Но если, спасаясь от преследования, обезьянка случайно нажимала на педаль, преследование сразу же прекращалось — вождь успокаивался. Это не прошло незамеченным. И вот, заметив гнев вождя, «провинившаяся» обезьяна уже сразу бросается к педали: в ее руках есть теперь средство снимать его гнев.

В этой новой ситуации меняется поведение всех членов обезьяньей семьи: вождь становится спокойным, а остальные обезьянки — раньше забитые и неактивные, скованные страхом — теперь превращаются в активных членов своего обезьяньего общества.

Человек ищет разгадку работы мозга. Но ее нельзя найти полностью, пока в поле зрения исследователя будет только мозг. Мозг получает информацию о том, что происходит внутри организма и вокруг него; что происходит не только вблизи организма, но и в отдаленных уголках мира; не только сейчас, но и в давние времена — информацию, которая хранится в записях, в книгах, в преданиях. Мозг человека воздействует на мир — не только на узкий мирок непосредственного окружения, но на весь облик нашей планеты, на характер отношений между

людьми на Земле.

И кто знает, не в области ли изучения мозга находится самый сильный рычаг воздействия человека на будущее человечества? И каково это будущее? Никакого знания о мозге, возможностях его «достройки» и усиления недостаточно, чтобы ответить на этот вопрос. Преобразуя мир, люди должны не только усиливать свои возможности воздействия на него, но и ясно понимать, чего они хотят достичь.

В мозге — модель мира с его прошлым, настоящим и будущим — вероятным и желаемым. И тут уже мало знать, как работает мозг. Думается, не случайно именно теперь, когда так быстро увеличиваются возможности человека воздействовать на мир, резко обостряется интерес к вопросам этики. Это уже выходит за пределы темы нашей небольшой книги о мозге. Но это, несомненно, то, о чем не может не задуматься каждый, кого заинтересовала работа мозга.

ЛИТЕРАТУРА

Анохин Л. К. Методологический анализ узловых проблем условного рефлекса. В кн.: *Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии*. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Анохин П. К. Биология и физиология условного рефлекса. М., 1968.

Бассин Ф. В. Проблема «бессознательного» (о неосознаваемых формах высшей нервной деятельности). М., Изд-во «Медицина», 1968.

Бернштейн Н. А. Новые линии развития в современной физиологии. В кн.: «Материалы конференции по методам физиологических исследований человека». М., 1962.

Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.

Бехтерева Н. П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л., 1971.

Бонгард М. М. Проблема узнавания. М., 1967.

Винер. Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М., Изд-во «Советское радио», 1968.

Выготский Л. С. Психология искусства. М., 1965.

Граценков Н. И., Латаш Л. П., Фейгенберг И. М. Основные вопросы структуры рефлекторного действия и их методологическая оценка. «Вопросы философии», 1962, № 8.

Дельгадо Х. Мозг и сознание. М., 1971.

Кеннон В. Физиология эмоций. М., 1927.

Кибернетические аспекты интегральной деятельности мозга. XVIII Международный психологический конгресс, М., 1966.

Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М., 1970.

Кравков С. В. Глаз и его работа. М., 1950.

Леей В. Л. Охота за мыслью (заметки психиатра). «Молодая гвардия». М., 1967.

Л'-онтьев А. И. Проблемы развития психики. М., 1965.

Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., 1966.

Лурия А. Р., Хомская Е. Д. Лобные доли и регуляция психических процессов. М., 1966.

Лурия А. Р. Маленькая книжка о большой памяти. М., 1968.

Лурия Р. А. Внутренняя картина болезни и иатрогенные заболевания. М.—Л., 1939.

Орбели Л. А. Вопросы высшей нервной деятельности. Изд-во АН СССР. М., 1949.

Павлов И. П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. М., 1938.

Симонов П. В. Что такое эмоция? М., 1966.

Смирнов А. А. Проблемы психологии памяти. «Просвещение». М., 1966.

Узнадзе Д. Н. Экспериментальные основы психологии установки. Тбилиси, 1961.

Узнадзе Д. Н. Психологические исследования. М., 1966.

Фейгенберг И. М. Наши окна в мир — органы чувств и мозг. М., 1965.

Фейгенберг И. М. Вероятностное прогнозирование в деятельности мозга. «Вопросы психологии», 1963, № 2.

Фейгенберг И. М. Взаимодействие анализаторов как показатель функционального состояния центральной нервной системы. «Журнал невропатологии и психиатрии им. С. С. Корсакова», 1955, № 12.

Фейгенберг И. М. Отражение (осознаваемое и неосознаваемое) вероятностной структуры окружающей среды и некоторые следствия его нарушения. В кн.: «Проблемы сознания». М., 1966.

Фейгенберг И. М., Цискаридзе М. А. Вероятностное прогнозирование и время двигательной

реакции. В кн.: «Переработка зрительной информации и регуляция двигательной деятельности». Труды международного симпозиума. София, 23—26 июля 1969. Изд-во Болгарской Академии наук. София, 1971.

Физиология в клинической практике. Изд-во «Наука». М., 1966.

Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Целостные формы условно-рефлекторной деятельности. XVIII Международный психологический конгресс. М., 1966.

Шеррингтон Ч. С. Интегративная деятельность нервной системы. Л., Изд-во «Наука», 1969.

Эшби У. Р. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М., Изд-во «Мир», 1964.

A Handbook of Contemporary Soviet Psychology. Basic Books, Inc. New York — London, 1969.

Feigenberg J. M. Funktionelle Verbindungen der sensorischen Systeme (in Norm und Pathologie). Hippokrates-Verlag G. M. B. H. Stuttgart, 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора..... 3
 О мозге..... 5
 Взаимодействие анализаторных систем в мозге 12
 Сон — тоже работа мозга..... 20
 Человек «добраивает» органы чувств 27
 Способность заглядывать в будущее (вероятностное прогнозирование)..... 33
 Что нас волнует?..... 41
 Быстрота реагирования..... 47
 Память и вероятностное прогнозирование . . . 59
 Ошибки прогноза..... 74
 Нарушения психики и вероятностное прогнозирование 79
 Психика и телесное здоровье..... 92
 Работой мозга можно управлять..... 103
 Литература..... 109

Иосиф Моисеевич Фейгенберг **Мозг, психика, здоровье**

Утверждено к печати редколлегией серии научно-популярных изданий Академии наук СССР

Редактор издательства *В. Н. Вяземцева* Художник *Д. В. Орлов* Художественный редактор **В. Н.**

Тикунев Технические редакторы *В. В. Волкова* и *Н. Н. Плохое*

Сдано в набор 27/III—1972 г. Подписано к печати 26/VI—1972 г. Формат 84X108/12. Бумага Ki 1.

Усл. псч. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 40 000 экз. Т-08883. Тип. аак. 360

Цена 36 коп.

Издательство «Наука»

Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука». Москва Г-99, Шубинский пер., 10

СПИСОК ОПЕЧАТОК И ИСПРАВЛЕНИЙ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
34	9 св. 20—25 св.	a	α
		A ↔ α	A → α
		B ↔ α	B → α
		BA ↔ α	BA → α
	} n раз} n раз
		B ↔ α	B → α
59	5 св.	$N \cdot P_a = P_b$	$N \cdot P_A = P_B$