**Когнитивная нейронаука**

В современной науке нет области, которая бы развивалась быстрее, привлекала больший интерес и обещала большее проникновение в тайны человека, чем исследование нервной системы. Будь вы начинающий студент, заинтригованный тем, что прочитал о мозге в газетах и журналах и увидел в телевизионных программах, или ученый с опытом проведения экспериментов и чтения научных статей, эта... [глава]...— приглашение к изучению наиболее интересного и важного органа в мире.

*Гордон М. Шеперд*

*В чем заключается проблема психики и тела?*

*В чем заключается основной принцип когнитивной нейронауки?*

*Почему наука о познании обратилась к нейронауке?*

*Назовите основные отделы центральной нервной системы.*

*Опишите анатомию и основные функции головного мозга.*

*Как ранние исследования головного мозга способствовали пониманию его функций и их локализации?*

*Каковы используемые сегодня методы отображения мозга?*

*Как исследования расщепленного мозга способствовали лучшему пониманию нервных основ когнитивной деятельности?*

**Исследование и картирование мозга**

Недавние успехи когнитивной нейронауки к началу XXI века изменили когнитивную психологию.

Люди всегда интересовались тем, что находится за следующим холмом, в долине, или где начинается река. В прошлом великие исследователи мира — Колумб, Льюис и Кларк, Эрхардт — сделали много удивительных открытий. Сегодня ученые исследуют еще более фундаментальную, чем вся наша планета, территорию, гораздо более близкую, намного более загадочную и гораздо упорнее не желающую раскрывать нам свои секреты. Это мир человеческого мозга.

В то время как размеры Земли огромны, а ее климат сложен, мозг имеет небольшие размеры (этот студенистый орган весит всего лишь около 1400 г), но его способность обрабатывать информацию весьма высока. Можно сказать просто: запутанная сеть нейронов и их соединений в головном мозге человека является наиболее сложной из известных нам систем. Способность мозга человека к вычислительному анализу сенсорных сигналов и пониманию себя и Вселенной поразительно сложна. Давайте рассмотрим эту удивительную вычислительную систему и ее физические и функциональные свойства.

Общая география головного мозга человека известна давно (скорее всего, древние люди гораздо чаще видели мозг человека, чем мы), однако описание специфической географии и функций мозга только начинает появляться в научной литературе. Современному исследованию мира мозга способствует развитие технологий отображения мозга, позволяющих нам видеть сквозь прочную преграду черепа. Как древние мореплаватели, наносящие на карту опасные моря, тихие лагуны и смертельные рифы, картографы психики наносят на карту области зрительной обработки данных, семантического анализа, интерпретации услышанного и огромное количество других когнитивных функций. Эта глава является вахтенным журналом путешествия по территории, картам и процессам мозга.

**XXI век — наука о мозге**

**Нейрокогнитология.**Энтузиазм, охвативший в последнее время когнитивных психологов, во многом был обусловлен новыми достижениями в области, сочетающей в себе когнитивную психологию и нейронауку, специальности, называемой **нейрокогнитологией,**или, более широко, **когнитивной нейронаукой.**Перед тем как перейти к подробному обсуждению нейрокогнитологии, давайте кратко исследуем более обширный вопрос, заключающийся в том, как в нейрокогнитологии рассматривается дихотомия психики и тела, проблема, над которой веками размышляли ученые и философы и которая в последнее время заново исследуется нейрокогнитологами, имеющими в своем распоряжении набор прекрасных научных инструментов.

Мозг - последний и величайший рубеж... наиболее сложная вещь из тех, которые мы пока обнаружили в нашей Вселенной.

*Джеймс Уотсон*

**Нервная система**

**Центральная нервная система**(ЦНС) состоит из спинного и головного мозга. Мы будем фокусироваться на головном мозге, уделяя особенное внимание структурам и процессам, имеющим отношение к основанным на данных нейронауки когнитивным моделям.

Основным элементом нервной системы является **нейрон,**специализированная клетка, передающая информацию по нервной системе. Головной мозг человека содержит огромное количество нейронов. По некоторым оценкам, их количество превышает 100 млрд (что приблизительно соответствует количеству звезд в Млечном пути); каждый из нейронов способен воспринимать нервные импульсы и передавать их другим нейронам (иногда тысячам других нейронов) и более сложен, чем любая другая известная система, земная или внеземная. В каждом кубическом сантиметре коры головного мозга человека содержится около 1000 км нервных волокон, соединяющих клетки друг с другом ( Blakemore , 1977). На рис. 2.1 показан вид запутанного скопления нейронов в головном мозге человека. Сравните этот рисунок с изображением нейрона (рис. 2.2) и попытайтесь определить дендриты и аксоны. В каждый конкретный момент времени активны многие нейроны ной связи между когнитивными функциями и мозгом благодаря исследованиям пациентов, страдающих от повреждений, опухолей, кровоизлияний в мозг, инсультов и других форм патологии. К сожалению, связь между мозгом и мышлением обычно устанавливалась уже после смерти, при вскрытии черепа недавно умершего пациента и сопоставлении его патологического поведения с аномалиями мозга. Теперь для выяснения того, какие области мозга принимают участие в конкретной когнитивной деятельности, используются живые, абсолютно здоровые испытуемые. Подробнее об этом мы расскажем позднее, а сейчас давайте кратко рассмотрим историю некоторых первых открытий.

* *1 Слово****перцептрон****было впервые использовано в 1957 году Фрэнком Розенблаттом, сотрудником Корнеллской авиационной лаборатории, создателем одной из первых нейросетей. В 1968 году Мински и Пейперт опубликовали книгу под названием «Перцептроны» ( Minsky & Papert , 1968).*

Рис. 2.1. Схематический рисунок клеток головного мозга, выполненный известным испанским анатомом Сантьяго Рамон-и-Кахалем, лауреатом Нобелевской премии за исследования в области нейронауки. На этом рисунке, сделанном на основе тщательных наблюдений при помощи микроскопа, показана сложная сеть нервных клеток в головном мозге человека

**В синапсе**(рис. 2.3) окончание аксона одного нейрона выделяет химическое вещество, взаимодействующее с мембраной дендрита другого нейрона. Этот химический нейротрансмиттер изменяет полярность, или электрический потенциал, воспринимающего дендрита. **Нейротрансмиттер**подобен переключателю, который может быть или включен, или выключен (отсюда вытекает убедительное сходство между нервными функциями и дихотомической природой компьютерных переключателей). Один класс нейротрансмиттеров оказывает тормозящее действие, что приводит к меньшей вероятности возбуждения следующего нейрона.

*Рис. 2.3. Синаптическая передача. В результате нервного импульса нейротрансмиттеры из аксона первого нейрона поступают в синаптическую щель и стимулируют рецепторы, находящиеся в мембране постсинаптического нейрона*

**Зарождение функциональной нейронауки.**Первые знания о специализированных функциях мозга появляются в XIX веке. Особенно важны работы французского невролога Пьера-Поля Брока, изучавшего афазию, языковое расстройство, при котором у пациента возникают проблемы с речью. Это расстройство часто наблюдается у людей, перенесших инсульт. При посмертных исследованиях мозга страдавших от афазии людей были обнаружены повреждения области, именуемой теперь зоной Брока (см. рис. 2.7). В 1876 году молодой немецкий невролог Карл Вернике описал новый вид афазии, для которого характерна неспособность понимать речь, а не неспособность говорить.

**Карл Лешли (1890-1958).**

Разработал принцип массового действия. Президент Американской психологической ассоциации, 1929. Фото предоставлено архивом Гарвардского университета



Рассмотрим модель нервной обработки, которая согласуется с существующими клиническими, экспериментальными и психологическими знаниями. Она предполагает, что нейроны обрабатывают информацию последовательно; это в чем-то похоже на упоминавшийся ранее компьютер фон Нейманна.

Согласно данной модели (рис. 2.8, *а*) *,*информация от одного нейрона передается другому, затем к следующему и т. д. Эта модель согласуется с экспериментальными данными, однако, по-видимому, она слишком проста, чтобы объяснить некоторые результаты, особенно работу Лешли, которая свидетельствует о том, что разрыв связи не влияет (абсолютно) на процесс. Другая возможность заключается в том, что обработка сложных, высокоуровневых интеллектуальных заданий выполняется в параллельной сети рядом функциональных связей (рис. 2.8, *б*). Согласно этой модели, информация обрабатывается и последовательно и параллельно. Таким образом, если часть проводящих путей уничтожается, система не всегда выходит из строя полностью, потому что она позволяет альтернативным путям принять на себя выполнение некоторых функций. По-видимому, эта теория лучше согласуется с имеющимися данными и именно она определяет современные взгляды в когнитивной психологии.

Специфичность операций памяти недавно была исследована Дэниэлом Шехтером из Гарвардского университета в эксперименте, посвященном изучению категорий памяти (см. главы, описывающие память и репрезентацию знаний). Предположим, что вас попросили прочитать следующий список слов: *конфета, пирожное, сахар, вкус.*Теперь откройте последнюю страницу главы. Сделайте это, пожалуйста, перед тем, как продолжить чтение.

Если вы ошибочно указали, что в списке есть слово, которого там на самом деле нет (когнитивные психологи называют это «ложной тревогой»), или не узнали одно из приведенных слов («промах»), вы продемонстрировали ошибку памяти. (Конечно, это же часто происходит при прохождении тестов.) Возможно, вы также верно определили одно или более из только что прочитанных вами слов. Правильное узнавание называется «попаданием». Отвечает ли за «попадания» и «ложные тревоги» одна и та же часть мозга? Чтобы ответить на этот вопрос, испытуемым зачитывали последовательности слов из одной категории (как в приведенном примере), а 10 мин спустя им показывали списки и спрашивали, слышали они эти слова или нет. Когда испытуемые раздумывали над решением, активность в их мозге регистрировалась при помощи ПЭТ. Полученные результаты вы можете увидеть на рис. 2.11.

Осуществляется ли обработка слов в одной области мозга? Согласно исследованию обработки слов при помощи ПЭТ, это не так. Когда испытуемые видят слово, активизируются участки затылочной области (а). Когда они слушают слова, активизируются верхние области височной коры (б); когда говорят, активизируются участки первичной моторной коры (в); а в «производстве» глаголов участвуют лобная доля и средние области височной коры (г). *Источник.*Petersen et al., 1988

Средняя часть височной доли активизируется и во время «попаданий», и во время ложных тревог, но задняя часть височной области (на рисунке справа), в которой обрабатываются звуки, активизируется только во время «попаданий». Известно, что истинные воспоминания связаны с физическими и сенсорными деталями больше, чем ложные воспоминания, для которых более характерна активность в коре лобной доли мозга, отвечающей, по-видимому, за принятие решений и ассоциативную память. Это выглядит так, как если бы ложные воспоминания были связаны с поиском сенсорного подтверждения. Мозговая динамика при создании ложной тревоги начинается с активности в средней части височной доли при вспоминании общей информации; эта активность затем перемещается в более высокоуровневые ассоциативные области. Во время процесса реконструкции похожие воспоминания могут быть ошибочно приняты за реальные. Это открытие имеет широкие приложения в случае так называемого синдрома ложных воспоминаний, который в последнее десятилетие часто являлся фокусом судебных процессов, связанных с достоверностью свидетельских показаний.

Хотя техника ПЭТ находится еще в начале своего развития и в будущем, видимо, будет совершенствоваться, она уже оказывает ощутимое содействие в составлении карты функций мозга. Кроме того, появятся, вероятно, и другие технологии. Даже на этом этапе первые результаты уже оказали значительное влияние на когнитивную психологию и смежные дисциплины. Например, вопрос локализации функций мозга, на котором настаивали френологи, может заслуживать некоторого доверия, хотя я потороплюсь добавить, что методы и общая теория френологии *не могут*рассчитывать на научное признание! Не вызывает сомнения и то, что многие функции мозга требуют совместной работы множества различных его зон. Однако первые впечатляющие исследования подтверждают, что локальная специфичность свойственна на удивление многим видам активности, связанным со сложными когнитивными задачами (некоторыми видами языковой обработки или процессами внимания). Обнаружилось, например, что, когда мы направляем внимание на реальные слова, такие как читаемый вами сейчас текст, активируются определенные задние области мозга.

Однако бессмысленные слова не активизируют эти центры. Кроме того, когда испытуемых просят проиллюстрировать употребление существительного (например, «молоток — ударять») или отнести его к определенному классу («молоток — инструмент»), у них активизируются определенные передние или височные зоны (McCarthy et al., 1993; Petersen et al., 1990; Petersen & Fiez, 1993; Posner, 1992; Posner et al., 1994).

В описанных выше исследованиях использовались современные достижения нейронауки, рассказывающие нам о когнитивной деятельности, мышлении и памяти, а также о природе мозга и его функциях. Сейчас мы обратимся к вопросу о специализации полушарий головного мозга.

**История о двух полушариях**

Если удалить у человека череп, можно увидеть мозг, состоящий из двух отчетливо различимых частей размером с кулак, известных как правое и левое полушария головного мозга. Хотя они кажутся одинаковыми, функции коры двух полушарий значительно различаются. Об этом различии людям известно очень давно, оно наблюдается также у большинства млекопитающих и многих позвоночных.

Недавно Алан Гевинс с коллегами из лаборатории электроэнцефалографических систем в Сан-Франциско разработали систему «супер-ЭЭГ», называемую сканером сети психической активности ( *Mental Activity Network Scanner - MANSCAN*), которая может записывать целых 250 изображений активности мозга в секунду. При этом ЭЭГ регистрируется за очень короткое время, примерно за 0,001 с, что является несомненным преимуществом по сравнению с другими методами визуализации, которым для получения изображения требуются в некоторых случаях многие секунды. Уже много лет обычная ЭЭГ используется для записи малейших электрических сигналов в мозге. Исследования обычных электроэнцефалограмм привели к открытию низкоамплитудных бета-волн, связанных с бдительностью и вниманием, и более медленных, длинных альфа-волн, связанных со спокойствием и расслаблением. При *MANSCAN*на голову человека надевают мягкий шлем со 124 электродами и при помощи компьютеров регистрируют сдвиги центров электрической активности. Малейшие электрические импульсы мозга, регистрируемые электродами, наносятся на ОМР-карту с высокой разрешающей способностью, создавая, таким образом, динамический образ того, что Гевинс называет «тенями мыслей». На приведенном здесь рисунке показаны изображения мозга пятерых людей (см. Gevins & Cutillo, 1993). На левом рисунке испытуемые ждут появления однозначного числа. На правом рисунке испытуемые должны помнить двузначное число, ожидая появления третьей цифры. Как видно, при более сложном задании имеет место гораздо большая коммуникация между различными областями мозга по сравнению с относительно простой ЭЭГ-активностью, связанной с выполнением несложного задания. Возможно, удержание чего-либо в сознании и одновременное наблюдение за другими событиями требует различных мыслительных операций.

**Роджер Сперри (1924-1994), лауреат Нобелевской премии**

Роджер Сперри (1924-1994), лауреат Нобелевской премии, автор работ по расщепленному мозгу, открывших новую многообещающую область исследований



*Рис . 2.12. Схематическое изображение нервных путей между сетчатками глаз и правым и левым полушариями головного мозга.*

Обратите внимание на то, что часть идущих от каждого глаза нервных волокон переходит в зрительном перекресте на противоположную сторону и входит в противоположное полушарие, а часть - нет объект. Если его просят выбрать объект противоположной рукой, результаты показывают, что испытуемый может сделать это только случайно.

В аналогичных исследованиях испытуемых просят смотреть в определенную точку, а затем предъявляют визуальный стимул, расположенный так, чтобы он ретельное количество тщательно разработанных экспериментов и демонстраций показали, что некоторые функции располагаются в специфических областях коры, обработка информации в мозге, скорее всего, распределена и по другим областям. Даже в случае специализации полушарий мозг, по-видимому, функционирует как целостный орган. Следует отметить, что во многих описанных выше исследовательских подходах изучались пациенты с рассеченным мозолистым телом и эти подходы были разработаны для демонстрации билатеральной природы мозга человека. У нормальных людей с неповрежденным мозолистым телом полушария функционируют сообща, обмениваясь между собой значительным количеством информации.

**Критические размышления: движения глаз и процессы в полушариях мозга**

Попробуйте провести небольшой эксперимент. Попросите друга ответить на вопрос: «Что означает высказывание "Факты - краткое изложение знаний?"» Переместился ли его взгляд вправо? Теперь скажите ему: «Представь себе свой дом и подсчитай количество окон в нем». Переместился ли его взгляд влево? В общем, особенно у правшей, активизация функций левого полушария, то есть связанных с языковой обработкой, сопровождается движениями правой стороны тела или принятием правосторонней ориентации, в то время как функции правого полушария, связанные со зрительными и/или пространственными задачами, сопровождаются движениями левой половины тела.

**Когнитивная психология и науки о мозге**

Пытаясь лучше понять психику человека, когнитивные психологи стали больше интересоваться органом, обеспечивающим психические функции, — мозгом. Их интерес к этому органу совпал с интересом представителей науки о мозге, обращающихся к когнитивной психологии в поисках моделей обработки человеком информации. Мы увидели, что в мозге человека можно обнаружить специализацию и многообразие функций. По-видимому, нервная система является мощной системой параллельной обработки, что, как считается, необходимо для быстрой, сложной и креативной обработки информации.

Открытия науки о мозге оказали непосредственное влияние на когнитивную психологию и компьютерные науки. Теории обработки информации включают достижения нейронауки. Примером этого является возникший в последнее время интерес к созданным на основе нейронауки моделям параллельной распределенной обработки. В области компьютерных наук мы видим вновь возникший интерес к моделированию компьютеров, которые не только осуществляли бы функции человека, но и архитектура которых имитировала бы устройство нейронных сетей.

**Резюме**

1. Проблема психики и тела обсуждается уже несколько столетий. Термин «психика» используется для обозначения функций тела, а именно головного мозга.
2. Исследуя локальный церебральный кровоток, Тульвинг обнаружил, что во время" обработки эпизодических воспоминаний активны одни специфические области мозга, а во время обработки семантических воспоминаний — другие.
3. Нейрокогнитология — это научное исследование связи между когнитивной психологией и нейронаукой. Заключение альянса между психологией и нейронаукой вызвано несколькими причинами. Они включают необходимость обнаружения физического подтверждения теоретических свойств Психики; потребность нейроученых в более подробных моделях мозга и поведения; необходимость обнаружения связи между патологией мозга и поведением; более частое использование в когнитивной науке созданных на основе нейронауки моделей; широкое использование компьютеров для моделирования нервных функций и разработка методов, делающих возможным более точное изображение структур мозга.
4. Основной элемент нервной системы — нейрон, основными частями которого являются дендриты, тело клетки, аксон и синаптические соединения, в которых происходит нейротрансмиссия.
5. Нейроученые долгое время спорили о возможности локализации функций головного мозга. Они пришли к выводу, что некоторые широкие функции локализовать можно (например, речь), но что обычно они распределены по всему мозгу.
6. Б недавнее время в рамках науки о мозге был разработан ряд методов, позволяющих получить графические изображения активности мозга высокого разрешения. Они включают ОМР, ПЭТ, КАТ, а также другие методы визуализации.
7. Изучение расщепленного мозга и когнитивные исследования показали, что в правом и левом полушариях мозга информация обрабатывается по-разному.