

Алексей Иваницкий

Сознание и мозг

Сознание человека – это жизнь, состоящая из бесконечной смены впечатлений, мыслей и воспоминаний.

Возникновение сознания – одна из величайших тайн природы, над разрешением которой не одно тысячелетие бьются физики и писатели, философы и священнослужители, медики и психологи. В последние годы накопление знаний о работе мозга происходит очень быстро. Поэтому наука вплотную подошла к решению загадки сознания. Каков же современный взгляд на соотношение сознания и процессов, происходящих в мозге? Ответить в своей статье на этот не только естественно-научный, но и экзистенциальный и даже метафизический вопрос попытался член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, руководитель Группы высшей нервной деятельности человека Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН Алексей Михайлович Иваницкий.

Сознание человека – есть, по существу, его жизнь, состоящая из бесконечной смены впечатлений, мыслей и воспоминаний. Загадка нашего мозга многогранна и затрагивает интересы многих наук, исследующим тайны бытия. Один из главных вопросов – как сознание связано с мозгом? Данная проблема находится на стыке естественнонаучного и гуманитарного знания, поскольку сознание возникает на основе

происходящих в мозге процессов, но его содержание в значительной мере определяется социальным опытом. Решение этой головоломки могло бы перекинуть мост между двумя основными видами научного познания и способствовать созданию единой картины мироздания, органично включающей человека с его духовным миром. Вероятно, такова высшая цель науки, достижение которой необходимо для удовлетворения присущего человеку стремления к всеобъемлющему знанию. Но велико и практическое значение данной проблемы для медицины, образования, организации труда и отдыха.

Интерес к взаимосвязям сознания и мозга возник давно. Для русской физиологии, начиная со времен И.М.Сеченова и И.П.Павлова, он в известной мере традиционен. Однако долгое время решение столь сложной проблемы считалось делом отдаленного будущего. Понимание того, что исследование проблемы сознания – насущная задача сегодняшнего дня, пришло к физиологам сравнительно недавно: быстрый прогресс науки о мозге вывел данную тему на первые страницы журналов по нейронаукам. Возникла даже, по образному выражению английского ученого Джона Тейлора, «гонка за сознанием». Прорыв в

данной области был во многом связан с появлением методов «изображения живого мозга», таких как позитронно-эмиссионная томография, функциональный магнитный резонанс и многоканальная запись электрических и магнитных полей мозга. Новейшие приборы позволили увидеть на экране дисплея, какие зоны активизируются при выполнении различных задач, требующих умственного напряжения, а также с большой точностью определять локализацию поражения при заболеваниях нервной системы. Ученые обрели возможность получать соответствующие изображения в виде красочных карт мозга.

мер кажется особенно убедительным в устах одного из первооткрывателей генетического кода.

Опыт научного познания показывает, что сложное явление, как правило, не возникает из ничего, а развивается в процессе эволюции из более простых форм. То же в полной мере относится и к субъективным переживаниям. Они проходят путь от элементарных проявлений, таких как ощущения и эмоции, к сознанию высшего порядка, связанному с абстрактным мышлением и речью. Исходя из данных соображений, существует несколько подходов к изучению сознания, которые, однако, не исключают,

гипотеза была выдвинута нами в 1970-х гг. в результате исследований мозговых механизмов ощущений. В настоящее время ее разделяют многие специалисты.

Данная гипотеза была основа на наших исследованиях механизма ощущений. Мы изучали вызванные потенциалы (ВП) мозга, то есть его электрическую реакцию на вновь поступивший сигнал. ВП представляет собой сложное по форме колебание, состоящее из ряда последовательных компонентов, и необходимо было понять, какие информационные процессы мозга они отражают. Анализ данных привел к выводу, что ранние волны ВП связаны с поступлением импульсов в кору по сенсорным путям от органов чувств. Они отражают физические параметры стимула. Поздние волны, вызванные передачей возбуждения от мотивационных центров, характеризуют значимость сигнала. Далее возник вопрос, как данные информационные процессы соотносятся с субъективным опытом?

Я обратился к директору Института психологии РАН – в те годы этот пост занимал член-корреспондент АН СССР Б.Ф.Ломов. Его ответ был неожиданным и интересным. Он сказал, что в психологии есть теория, близкая по своим положениям к нашим взглядам. Речь шла о теории обнаружения сигнала, рассматривающей восприятие как результат взаимодействия сенсорного и мотивационного факторов, которые называются соответственно показателем сенсорной чувствительности и критерием решения. Интересно, что данный подход позаимствован психологией из техники, в частности, из принципа устройства радаров, состоящих из чувствительного приемника и системы опознания сигнала.

В ходе дальнейших исследований предстояло сопоставить в одном эксперименте две концепции: физиологическую и психологическую. Трудность заключалась в том, что

Сознание тесно связано с вниманием: осознается только то, на что обращается внимание.

С философской точки зрения можно задаться вопросом, насколько правомерно вообще пытаться объяснить движением нервных импульсов то, что мы воспринимаем как цвет или звук. Ощущение – сугубо личное чувство, «внутренний театр» каждого из нас, и задача науки о мозге – понять, какие нервные процессы приводят к возникновению субъективного образа. В то же время загадка человеческой психики по своей методологической сложности не уникальна и стоит в ряду других тайн природы. По существу, возникновение нового качества происходит на каждом этапе принципиального усложнения природных процессов. Примером качественного перехода, сопоставимого по сложности с возникновением сознания, американские ученые как Ф.Крик и К.Кох считают зарождение жизни в результате действия цепочек ДНК и ферментных белков. Присущие живым объектам свойства не вытекают непосредственно из физико-химических свойств каждой из этих молекул. Такой при-

а взаимно дополняют друг друга, объясняя феномены разной степени сложности. При этом некоторые базисные принципы организации нервных процессов, обнаруженные на ранних этапах эволюции психики, постепенно приобретают более сложные формы для обеспечения их высших проявлений.

Возврат возбуждения и механизм ощущений

Первый подход к пониманию принципов действия психики основан на идее, что субъективный опыт возникает в результате определенной организации происходящих в мозге процессов и сопоставления в зонах коры новой информации с той, которая извлечена из памяти. Сведения о внешних событиях как бы проецируются на индивидуальный опыт субъекта. Такое соотнесение данных возникает в результате кольцевого движения возбуждения, которое после дополнительной обработки в других структурах мозга возвращается к местам первоначальных проекций. Впервые такая



Синтез информации о физических и сигнальных свойствах стимула на нейронах зрительной коры приводит к возникновению ощущения, которое затем опознается, категоризируется при участии лобной коры. Ощущения возникают в результате циклического движения нервных импульсов и синтеза в проекционной коре сенсорной информации со сведениями, извлекаемыми из памяти.

Числа в рамках
— миллисекунды после
предъявления стимула.

теория обнаружения работает в области слабых сигналов, близких к порогу, так как определение значения соответствующих индексов восприятия основано на соотношении правильных и ошибочных реакций. В то же время запись ВП с его ранними волнами требует достаточно интенсивных раздражителей. Было принято решение использовать не абсолютный, а дифференциальный порог. Участник эксперимента должен был различить интенсивность двух близких по силе раздражителей (в одной серии – зрительных, в другой – кожных), при этом записывались ВП мозга на предъявляемые стимулы. Для получения количественных параметров ощущений были использованы методы теории обнаружения сигнала с вычислением двух упомянутых показателей. Затем была получена корреляция между физиологическими и психологическими показателями, причем результаты, в принципе, оказались сходными для зрения и кожного чувства. Как и ожидалось, было установлено соответствие ранних волн ВП с сенсорным фактором психофизики, а поздних – с критерием решения. Несколько неожиданной и поэтому наиболее интересной оказалась взаимосвязь промежуточных волн ВП проекционной коры (куда поступают импульсы от органов

чувств) с обоими индексами восприятия, то есть и с показателем сенсорной чувствительности, и с критерием решения. Такая двойная корреляция отражает синтез информации о физических и сигнальных свойствах стимула на нейронах проекционной коры. Эти волны возникали в ВП через 150–180 мс. после стимула.

Принципиально важно, что это время достаточно точно совпало со скоростью возникновения ощущений, полученных ранее в ходе психофизических экспериментов. Еще в 20–30-ые гг. прошлого века было установлено, что ощущения появляются только через 100 мс после предъявления стимула. При этом использовались методы, основанные, главным образом, на феномене «обратной маскировки». Суть его такова: если после одного слабого стимула через короткий интервал следует второй, более сильный, первый не воспринимается. Постепенно увеличивая промежуток времени между обоими сигналами, можно вычислить момент, когда маскирующий эффект исчезает, так как успевает сформироваться ощущение первого раздражителя. Было установлено, что ощущение появляется примерно через 150 мс после воздействия стимула. Наиболее достоверные данные были, однако,

получены, когда в качестве маскирующего сигнала была использована прямая стимуляция коры коротким магнитным импульсом, который прикладывался к коже головы непосредственно над соответствующей областью коры мозга – полученные результаты практически совпали с приведенными выше. Важно, что магнитный импульс вызывал маскирующий эффект только в том случае, если он воздействовал на затылочную кору, проекционную для зрительных стимулов, то есть только там, где наблюдалась описанная выше двойная корреляция волн ВП с показателями восприятия. Интервал в 150 мс называется «психологическим рефрактерным периодом», и психическое переживание не может быть короче его. Интересно сравнить приведенные показатели с данными физиологии о продолжительности обработки информации на одиночный стимул

ОБ АВТОРЕ:

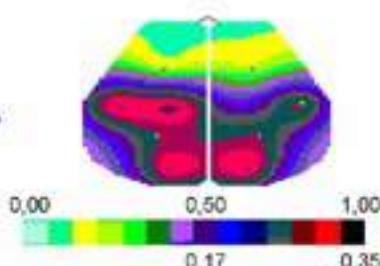
Иваницкий Алексей Михайлович, член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук. Руководитель Группы высшей нервной деятельности человека Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

ТОПОГРАФИЯ ЦЕНТРОВ СВЯЗЕЙ (ФОКУСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ) ПРИ ДВУХ ТИПАХ МЫШЛЕНИЯ

ОБРАЗНОЕ (опознание эмоций)



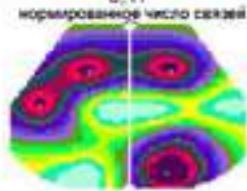
«РАДОСТЬ»



ВЕРБАЛЬНОЕ (решение анаграмм)

РУНАБ

«БУРАН»



в зрительной коре, которая составляет около 200 мс.

На основе данных о физиологическом механизме волн вызванного потенциала и их связи отделами мозга, нами был описан процесс, обеспечивающий синтез информации (рис. 1), включающий кольцевое движение возбуждения по отделам мозга. Из проекционной коры, получающей сигналы от органов чувств, возбуждение поступает в ассоциативную кору (нижневисочную для зрительных стимулов), где сведения сравниваются с эталоном и опознаются. Затем возбуждение переходит на энторинальную кору, находящуюся на внутренней поверхности височной доли полушарий и имеющую отношение к памяти. Там определяется значимость сигнала, его отношение к той или иной потребности организма. Потом импульсы возбуждения перемещаются в мотивационные центры промежуточного мозга, откуда вновь возвращаются по системе диффузных проекций в кору, в том числе и в зоны первичной проекции. Через 100 мс также возникают связи между проекционной и лобной корой. Такой цикл, продолжительность которого

составляет около 150 мс, получил название «круга ощущений». Суть его в том, что он обеспечивает сравнение сенсорного сигнала со сведениями, извлеченными из памяти, включая данные о значимости полученной информации, что, предположительно, и лежит в основе перехода физиологического процесса на уровень психического, субъективного переживания. В результате возникшее ощущение не только точно передает физические характеристики стимула, но и эмоционально окрашено. Вышеприведенная концепция получила название гипотезы информационного синтеза.

В последующие годы ее подтвердили результаты многих исследований, в том числе данные о топографии отделов мозга, входящих в «круг ощущений», и использование самой идеи возврата возбуждения для объяснения механизмов сознания. Среди наиболее значимых можно назвать работы нобелевского лауреата Дж. Эдельмана, который использовал термин «повторный вход (re-entering)», обозначающий не обратную связь, под которой обычно понимают сигнал коррекции, а поступление дополнитель-

ной информации, полученной в результате опроса структур мозга, связанных с функцией памяти и мотиваций.

Помимо информационного синтеза возврат возбуждения по диффузным проекциям обеспечивает и интеграцию отдельных признаков стимула в единый образ. Исследования последних лет показали, что при этом важную роль играет ритм электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с частотой около 40 Гц. Именно синхронизации биопотенциалов мозга на определенном ритме создает условия для объединения нейросетей в единую систему, что необходимо для поддержания сознания.

Ощущение относится к достаточно простым психическим феноменам, которые некоторые ученые относят к так называемому «первичному сознанию», куда можно отнести и эмоции, в исследование которых выдающийся вклад внес П.В. Симонов. Он впервые предложил формулу, согласно которой сила эмоции пропорциональна потребности, умноженной на разность между сведениями, имеющимися у индивидуума, и теми, что необходимы ему для удовлетворения данной потребности:

$$\mathcal{E} = P \cdot (Инф.~налич. - Инф.~необх.)$$

Из этой формулы следует, что эмоции, так же как и ощущения, возникают в результате сравнения двух информационных потоков. Здесь действует, таким образом, некоторая универсальная закономерность.

Интерес представляет вопрос, как в ходе эволюции могла возникнуть система возврата возбуждения и сравнения двух информационных потоков. В соответствии с концепцией Н. Хамфри, психическое появилось в результате действия ответвлений отходящих от коры двигательных волокон к направляющимся к коре чувствительным

путем, что сделало возможным направленную регуляцию поступающей к коре информации. В более простых системах такой процесс мог происходить на периферии, однако постепенно развились внутрикорковые способы фильтрации исполнительными центрами наиболее значимой для определения поведения информации, которые могли действовать и в отсутствие моторных команд. Н. Хамфри назвал такой механизм «чувственной петлей (sentient loop)», что даже терминологически близко к нашему «кругу ощущений».

Говоря о механизмах ощущений, уместно вспомнить слова, сказанные некогда И.Гете: «Если бы я не носил в себе весь мир, я был бы слепцом со здоровыми глазами».

Сознание и речь. Лобная кора

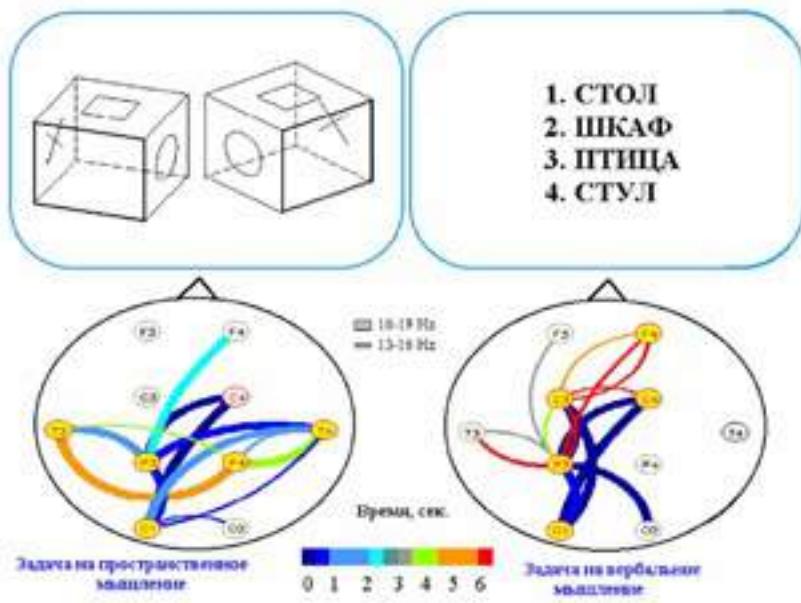
Более сложные психические феномены, в первую очередь, связанные с появлением речи, относят к сознанию высшего порядка. По мнению П.В.Симонова, оно возникло в результате общения между людьми. Данный процесс также связан со специализацией полушарий. Интересное мнение высказал М.Корбаллис, он считает, что речь разилась из необходимости в передаче достаточно сложной информации, причем сначала на уровне обмена жестами. Лишь потом, когда передние конечности

оказались заняты орудиями труда, движения рук стали соединяться с голосовыми сигналами, которые постепенно превратились в главное средство общения. Поскольку голосовые центры у многих животных расположены слева, корковые центры речи возникли также в левом полушарии. Одновременно изменились и функции зоны Брока – двигательного центра речи, находящегося у человека в левой лобной области. Аналогичные корковые зоны у обезьян имеются в обоих полушариях, но их функция несколько иная: там находятся «зеркальные нейроны», которые управляют действиями, повторяющими движения другой особи («обезьянничанием»). Любопытно, что и у маленьких детей речевые двигательные центры также двусторонни, и повреждение одного из них не приводит к потере речи, как это бывает у взрослых. Говоря о механизмах высших психических функций, особенно мышления, необходимо сказать и о работах Н.П.Бехтеревой и ее школы.

Последние годы прошлого века, объявленные «десятилетием мозга», ознаменовались быстрым накоплением знаний о принципах корковой

организации психических функций. С помощью «изображений живого мозга» было установлено, что определенные поля коры отвечают за отдельные когнитивные, мыслительные операции. Однако высшие психические функции возникают в результате объединения специализированных полей за счет корковых связей.

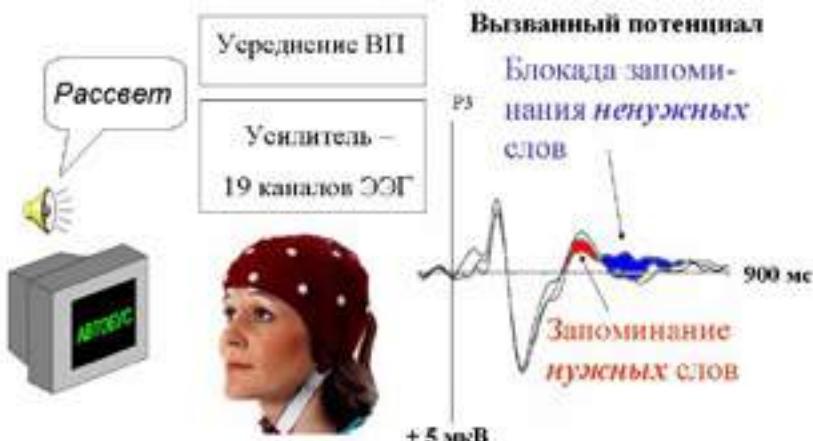
В исследовании связей – центральной проблемы мозговой интеграции – особенно плодотворной оказалась выдвинутая российской нейрофизиологической школой идея, что нервная связь образуется на основе согласования ритмов работы нейронных ансамблей, расположенных в разных отделах коры, что, в напоминает явление резонанса. При этом нервные импульсы от одной группы нейронов повторно подходят к другой в повышенной фазе ее возбудимости, то есть возникает явление, до известной степени сходное с «зеленой волной» при движении транспорта. Исследования М.Н.Ливанова и В.С.Русинова установили, что показателем связи является синхронизация ритмов ЭЭГ, включая и отдельные составляющие ее спектра.



Корковые связи в двух поддиапазонах частот бета-ритма при решении пространственной (слева) и вербальной (справа) задачи. В первом случае исследуемый должен был определить, одинаковы или зеркально симметричны две показанные ему фигуры, во втором – найти слово, относящееся к иной смысловой категории, чем три остальных. Связи показаны по мере их появления в процессе решения задачи, в соответствии с приведенной временной шкалой.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ВНИМАНИЯ

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ВНИМАНИЯ КАК БЛОКАДА ЗАПОМИНАНИЯ НЕЗНАЧИМЫХ СЛОВ



Механизм избирательного внимания к словесным сигналам. При необходимости запоминать все слова – будь то прочитанные или услышанные, вызванные потенциалы различаются в поздней части ответа, относящейся к когнитивным компонентам ВП. Сдвиг отрезка вызванного потенциала в сторону позитивности при запоминании нужных слов (серая заливка) и в сторону негативности при торможении запоминания ненужных слов (черная заливка).

В наших работах по изучению мышления с применением нового метода картирования корковых связей впервые был описан рисунок связей, типичный для разных видов мышления. Испытуемому на экране монитора предлагались задания на образное, пространственное и абстрактно-вербальное мышление, о готовом ответе он сообщал словесно или движением джойстика. При этом проводилась многоканальная

запись ЭЭГ в период между постановкой задачи и ее решением.

В результате исследований было установлено, что симметричный в состоянии покоя рисунок связей при решении задачи изменяется: связи начинают сходиться к определенным полям коры, которые были обозначены как фокусы взаимодействия. При этом их топография различается в зависимости от вида мыслительной деятельности. Так, при образном мышлении (допустим, следует определить, какие эмоции выражают лица на фотографиях) фокусы локализовались в теменно-височной коре. При абстрактно-вербальном мышлении (решении анаграмм или категоризации слов) они располагаются в лобной коре. При пространственном мышлении, включающем элементы как образного, так и абстрактного мышления, связи сходились к теменной и лобной коре (рис. 2). Было установлено также, что информация поступает к фокусам из различных отделов коры, имеющих свою специализацию, по связям, которые поддерживаются на разных частотах. В синтезе важную роль играет, также как и при возникновении ощущений определенная мотивационная составляющая.

В фокусе, нейронные группы которого соединены жесткими связями, происходит синтез поступающих сведений, вследствие чего, вероятно, и принимается решение. В этих работах идея информационного синтеза была распространена и на мышление, так как оказалось, что принцип организации нервных процессов при ощущении и мышлении в известной степени сходен. Различие заключается в том, что в первом случае происходит сопоставление двух потоков информации, а во втором – нескольких. Кроме того, центры синтеза при мышлении находятся не в проекционной, как при возникновении ощущений, а в ассоциативной коре. Интересно, что при решении любых задач, даже не требующих словесного ответа, на последнем этапе мыслительного процесса фокусы возникают в левой височной области, где расположен центр восприятия речи (так называемая зона Вернике), что говорит о том, что вербализация – важный компонент человеческого мышления. Итак, психическое восприятие возникает на основе определенной организации нервных процессов, в ходе которых происходит возврат возбуждения к местам первоначальных проекций. При более сложных функциях

ПСИХИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ

Психическая функция возникает на основе синтеза трех видов информации: исходящей из внешней среды (сенсорной), извлекаемой из памяти и приходящей из центров мотивации. Первая определяет связь сознания с внешним миром, вторая связывает настоящее и прошлое, включая личный опыт субъекта, и обеспечивает конитинум сознания. Третья посылка связывает реальную ситуацию с удовлетворением определенной потребности, что придает сознанию жизненный смысл и лежит в основе понимания, которого нет у компьютера.

в этом процессе участвуют отделы любой коры.

Такой вывод нашел подтверждение и в наших исследованиях коркового механизма вербальных ассоциаций, проведенных совместно с лабораторией М.Познера в США. Испытуемый должен был подобрать глагол, ассоциирующийся с предложенным существительным (например, молоток – ударить). Поскольку такой поиск занимал менее одной секунды, нами был разработан метод, временно е разрешение которого составляло 100 мс, т.е. было близко к длительности отдельных мыслительных операций. При поиске ассоциаций сначала возникала диффузная система связей, которая захватывала достаточно обширные области коры, затем образовывались более специализированные связи между левой и правой лобной корой. Потом возникали мощные связи между лобной и левой височно-теменной корой. Височная кора, таким образом, активировалась дважды: в первые 100–150 мс после предъявления слова и затем в интервале 185–460 мс. Семантика, то есть значение слова определяется главным образом в лобной, а не в височной коре. В то же время для определения смысла предложения – элементарной единицы вербального мышления, необходимо взаимодействие лобной коры с зоной расположенной в левой височной коре Вернике, поражение которой приводит к нарушению понимания речи.

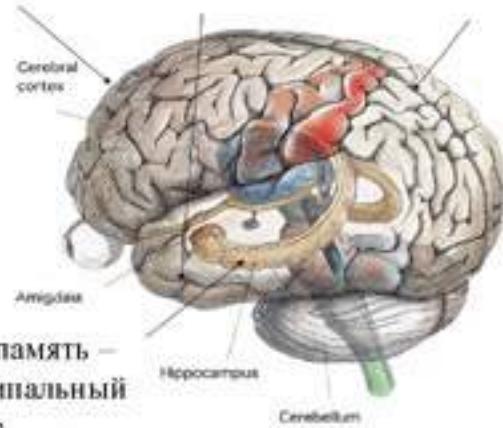
Запоминание последовательности событий. Декларативная память и гиппокамп. Избирательное внимание

Важным свойством сознания представляется способность удерживать в голове последовательность происходивших событий и произвольно извлекать их из недр памяти. Французский философ Анри Бергсон (1859-1944) называл данное свойство «памятью души», в отличие от «памяти тела», ответственной

за двигательные и другие навыки. Современная терминология именует их соответственно декларативная и процедурная память.

Последние десятилетия ознаменовались прорывом в исследовании их мозговых механизмов. Считается, что долговременная память связана с ассоциативной корой. В адресации памятных следов в определенные участки коры важную роль играют медиальные отделы височной области полушарий, включающие энторинальную кору и гиппокамп (он представляет собой изогнутую полоску нейронов, напоминающую по форме морского конька, откуда и название). Вышеназванные образования имеют обширные связи как между собой, так и с проекционными (теми, куда приходят сигналы от органов чувств) и ассоциативными отделами коры. При запоминании они направляют сигнал в ассоциативную кору для длительного удержания в памяти, а при необходимости вспомнить – указывают адрес, где хранится связанная с поступившим сигналом информация. Для пояснения приведем простой пример. Долговременная память соответствует книгохранилищу в би- ми структурами гиппокампального комплекса заключается в том, что энторинальная кора участвует в сохранении сведений вне их связи с контекстом (процедурная, а для более сложных сигналов – семантическая память), а гиппокамп важен для декларативной памяти. Для пояснения различия между видами памяти можно привести простой пример. Предположим, что вы встречаете человека, лицо которого вам знакомо, но вы не можете понять, кто он – это узнавание, или семантическая память. Если же вы помните, кто этот персонаж и при каких обстоятельствах вы познакомились, речь идет о вспоминании, о декларативной памяти. Оба вида памяти имеют определенное электрофизиологическое выражение в рисунке ВП в виде позитивного сдвига его поздних «когнитивных» волн с латентностью около 400 мс для семантической и 500–700 мс для декларативной памяти, что было доказано, в частности, с помощью прямого отведения ВП от гиппокампальных

Долговременная память – ассоциативная кора:
лобная височная теменная



Рабочая память – гиппокампальный комплекс

Структуры, связанные с функцией памяти

структур через вживленные электроды. Повреждение гиппокампа приводит к нарушению декларативной памяти. Такие больные могут достаточно хорошо усваивать новые сведения, в том числе язык, приобретать сложные двигательные навыки, успешно учиться в школе и иметь высокий интеллектуальный коэффициент. В то же время они беспомощны в повседневной жизни, так как не помнят последовательности событий, не ориентируются во времени, не могут составить плана на будущее. Англоязычные авторы говорят при этом о нарушении двух

ЛИТЕРАТУРА:

- Иваницкий А.М., Стрелец В.Б., Корсаков И.А. Информационные процессы мозга и психическая деятельность. М.: Наука. 1984. 200 с.
- Иваницкий А.М. Главная загадка природы: как на основе процессов мозга возникают субъективные переживания // Психологический журнал. 1999. Т.20. В.3. С. 93-104.
- Ливанов М.Н. Пространственная организация процессов головного мозга. М.: Наука. 1972. 181 с.
- Пенроуз Р. Тени разума. В поисках науки о сознании. Часть 1. Понимание разума и новая физика. М., Ижевск: Институт компьютерных технологий. 2003. 368 с.
- Симонов П.В. Лекции о работе головного мозга. Потребностно-информационная теория высшей нервной деятельности. М.: Наука. 2001. 96 с.
- Edelman G.M., Tononi G. Consciousness. How matter becomes imagination. London. Pinguin Books. 2000. 274 р.
- Ivanitsky A.M., Nikolaev A.R., Ivanitsky G.A. Cortical connectivity during word association search // Int. J. Psychophysiol. 2001. Vol. 42. No 1. Pp. 35-53.
- Mishkin M., Suzuki W., Gadian D.G., Varha-Khadem F. Hierarchical organization of cognitive memory // Phi. Trans. R. Soc. Lond. B. 1997. V. 352. Pp. 1461-1467.
- Posner M.I., Raichle M.E., 1997. Images of Mind. New York: Scientific American Library. 1997. 255 р.

свойств: *belongings* (принадлежности) и *appointments* (приурочения события ко времени). Интересно, что данное заболевание проявляется только с 5–6-летнего возраста, то есть с того момента, когда здоровый человек начинает себя помнить.

В сохранении в памяти последовательности событий важную роль, наряду с гиппокампом, играет лобная кора. В ней можно выделить три группы нейронов: одни реагируют на действующий сигнал, другие сохраняют его след до того момента, когда необходимо дать поведенческий ответ, и, наконец, третьи включают ответную реакцию. Нейроны разряжаются последовательно и как бы передают эстафету от одной группы к другой). Можно заключить, что «память души», та самая, которую писатель Д.Гранин сравнил с прочитанной книгой, которую можно листать, останавливаясь на нужной странице, обеспечивается взаимодействием лобной коры и гиппокампа.

Сознание тесно связано с вниманием: осознается только то, на что обращается внимание. Наши исследования показали, что память играет важную роль в механизмах избирательного восприятия словесных сигналов, когда человек должен реагировать лишь на определенные слова, выделяя их из массы других. Такая ситуация возникает, например, когда человек читает книгу при включенном радио. Сложность заключается в том, что слово всегда имеет определенную значимость, несет смысловую нагрузку. В нашей работе использовалась запись ВП мозга на слова, одновременно появлявшиеся на экране монитора и звучавшие через компьютерные колонки. Задача испытуемого состояла в том, чтобы запомнить как можно больше слов, поступавших по одному из каналов, игнорируя другие. В следующей серии экспериментов нужно было определить, означает слово абстрактное или конкретное понятие. Как уже говорилось, запо-

минание и извлечение из памяти верbalной информации имеет определенное электрофизиологическое выражение в «когнитивных» компонентах ВП с латентностью от 400 до 700 мс. Было установлено, что ВП на значимый раздражитель характеризовался позитивным сдвигом, в то время как в ответ на игнорируемый сигнал имел место негативный сдвиг потенциала, то есть сдвиг, обратный по полярности тому, который возникает при запоминании, что свидетельствует об активном торможении процессов запоминания (*рис. 3*). Судя по всему, избирательность внимания обеспечивается за счет того, что ненужная информация хотя и воспринимается, (так как сохранены компоненты ВП, ответственные за данный процесс), но затем передача сведений на структуры гиппокампа блокируется. Преимущества такой организации вербального внимания в том, что человек может отреагировать на неожиданный сигнал, если потребует изменившаяся ситуация (в нашем примере – важное сообщение по радио). В обычных же условиях лишняя информация просто не сохраняется в сознании.

Таким образом, мысль о важной роли памяти в возникновении субъективного опыта получает в исследованиях дополнительное подтверждение. Полученные результаты дают основание с новых позиций подойти к пониманию природы некоторых детских и старческих болезней. К первым относится синдром двигательной гиперактивности и дефицита внимания у детей школьного возраста, ко вторым – нарушения памяти при болезни Альцгеймера и церебральном атеросклерозе. Можно предполагать, что в последнем случае, особенно на ранних этапах болезни, ослаблена не столько память, сколько способность сосредоточивать внимание на нужной информации (такие нарушения внимания известны клиницистам). В таком случае для

борьбы с заболеванием может быть рекомендован новый класс лекарственных средств. Дело в том, что отделы мозга, регулирующие внимание, и структуры, ответственные за память, используют различные медиаторы. В первом случае это дофамин, во втором – ацетилхолин и глютамат. Имеющиеся клинические наблюдения указывают на перспективность данного подхода.

Подведем итог представлениям о наиболее вероятных механизмах сознания. Фундаментальным принципом является возврат возбуждения к местам первоначальных проекций, что обеспечивает информационный синтез; в формировании абстрактных представлений и речи большую роль играет лобная кора; медио-базальные отделы височной области полушарий важны для поддержания декларативной памяти и обеспечения процессов избирательного внимания. Сопоставление вновь поступившей информации с прошлыми переживаниями определяет содержание сознания как постоянную корректировку личного опыта и того, что можно назвать чувством внутреннего «я». В основе сознания лежит идея обновления, придающего жизни ее высший смысл и определяющего постоянное стремление человека к новизне.

Сознание и искусственный интеллект

В заключение несколько слов еще об одной проблеме, которая в последнее время привлекает все большее внимание: сравнению живого мозга с искусственным интеллектом. Остановимся на том аспекте проблемы, который в наибольшей степени связан с сознанием. По мнению известного английского математика и физика Р.Пенроуз, сознание не может быть сведено к вычислениям, так как живой мозг отличается от компьютера тем, что обладает способностью к пониманию. живой мозг отличается от компьютера тем,

что обладает способностью к пониманию. На вопрос, что такое понимание и каковы его мозговые механизмы, ответ должен дать физиолог. Представляется, что понимание возникает в результате того, что, как уже говорилось, вновь поступившая информация все время сравнивается в мозге с накопленным опытом, с тем, что хранится в памяти в результате обучения. Важно, что в информационном синтезе весьма существенна роль мотивационной составляющей. Благодаря этому внешний стимул соотносится с прошлыми действиями субъекта и удовлетворением определенной потребности. Понимание, таким образом, имеет глубокий жизненный, приспособительный смысл. Оно свойственно не только человеку, но и животным. Животное научается производить определенные действия, чтобы удовлетворить ту или иную потребность, то есть начинает понимать связь внешних событий, своего поведения и достижение желаемого результата. На этом же основана и дрессировка: чтобы научить собаку выполнять, то есть понимать, определенные команды, дрессировщик использует подкрепление в виде пищи или наказания. По существу, все это изначально относится и к человеку, начиная с раннего детства. Так, приобретая жизненный опыт, ребенок начинает понимать, «что такое хорошо и что такое плохо». Хороший работник имеет более высокую зарплату, а нерадивого работника штрафуют, герой получает награду, а преступника сажают в тюрьму, чтобы он понял, что нельзя нарушать закон. Практически все поведение основано на тех же принципах.

Для обоснования своих взглядов Р.Пенроуз использует теорему Гёделя о том, что нельзя доказать вычислением правильность основных действий арифметики, например, что $1+1=2$. Но живое существо в этом убеждается, когда получает два банана, двух врагов или двух жен,

добавляя в результате тех или иных действий к первому объекту (или субъекту) второй (или вторую). При этом понимание сущности удвоения (или сложения вообще) возникает в эволюции раньше, чем умение считать. Описан, например, случай, когда коренной житель севера не знал, сколько у него оленей, но легко мог перечислить каждого по их признакам. Ребенок также может перебрать в памяти всех окружающих его людей или свои игрушки, хотя еще не знает счета. Может быть, это покажется парадоксальным, но понимание как в эволюции, так и в процессе индивидуального развития предшествует вычислению. Дело в том, что вычисление основано на абстракции, а эта функция более совершенного мозга. Приспособительный эффект достигается, когда эти сложные функции сочетаются с более простыми.

Сознание человека – результат долгой эволюции. По мере совершенствования высших функций мозга становилось более полным и понимание, основанное на фундаментальных принципах работы мозга.

Сказанное выше, конечно, является далеко не полным. Мы еще многое не знаем о работе мозга, и особенно о том, что лежит в основе его высших функций и человеческого сознания. Тем не менее, прогресс в этой области в последние годы достаточно очевиден, и наука о мозге постепенно приближается к раскрытию этой тайны природы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, программы Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» и программы ОБН РАН «Интегративные механизмы регуляции функций и организмов».