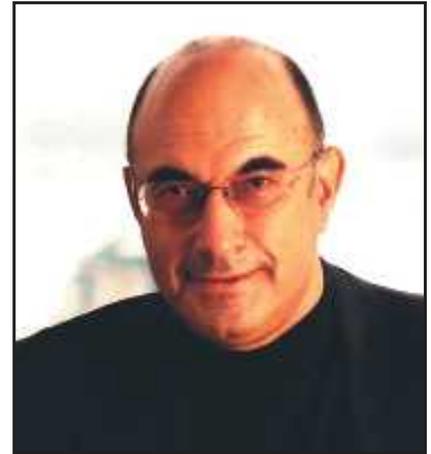


# УПРАВЛЯЮЩИЙ **МОЗГ**

По материалам беседы с профессором Элхононом Гольдбергом



В гостях у программы «Очевидное-невероятное» – Элхонн Гольдберг, профессор Нью-Йоркского университета и директор Института нейробиологии и познавательных процессов. Он ученик известного российского ученого Александра Романовича Лурия, столетие которого отмечалось в прошлом году, известный нейропсихолог, автор ряда диагностических и восстановительных методик, дипломант Американского совета профессиональной психологии в области клинической нейробиологии, выпускник Московского Государственного университета. Работы доктора Гольдберга связаны с функциями самой высокоорганизованной части головного мозга человека, управляющей, по существу, всей сознательной мозговой деятельностью, – с лобными долями.



Если начало XX в. было эпохой физики, а его конец – эпохой биологии, то начало XXI в. стало эрой расцвета науки о мозге и психике.

### Становление нейронауки

Если проследить историю естественных наук, станет очевидным, что все они развивались примерно по одному пути: от визуального наблюдения и описания внешних характеристик объектов до инструментального наблюдения, изучения механизмов явлений и их моделирования. Если начало XX в. было эпохой физики, а его конец – эпохой биологии, то начало XXI в. стало эрой расцвета наук о мозге и психике. Так же развивалась и нейронаука, которая исследует микрокосм нашего мозга, где заключена модель внешнего мира и пределы его познания. Нейронаука начала развиваться несколько позже других дисциплин, поскольку объект ее изучения оказался значительно сложнее, чем у химии, биологии или физики. Примечательно, что можно провести не которые параллели между формированием представлений о мозге и развитием его структур, усложнением связей между ними и усовершенствованием их функций.

### Методы исследований

Человеческий мозг контролирует как различные физиологические процессы, протекающие в организме, так и сознание, способность к обучению и самосовершенствованию. Он отвечает не только за речь, движения, восприятие, память, но и за свойства, определяющие личностные качества, характеризующие человеческую сущность, – влечение, амбиции, волю, способность принимать решения и предвидеть последствия своих поступков, самооценку, соблюдение социальных норм и т.д.

Для изучения динамических аспектов взаимосвязи процессов, происходящих в мозге, и поведения используются методы функциональной визуализации, основанные на новейших технологиях. Функциональное магнитно-резонансное сканирование, позитронно-эмиссионная томография и компьютерная однофотонная томография (с помощью эмиссии одиночного фотона) дают сходную информацию, но с разной степенью точности.

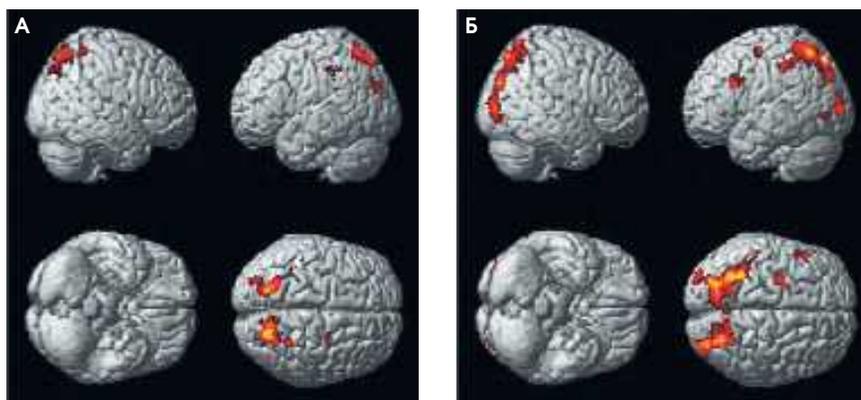
Основываясь на различных физических принципах (от радиоактивного излучения вещества до изменения локальных магнитных полей), эти методы позволяют наблюдать многообразные формы активности в разных областях человеческого мозга во время решения всевозможных когнитивных задач. Внедрение функциональной нейровизуализации впервые в истории позволило непосредственно наблюдать мыслительный процесс.

Сочетание новых методов с традиционными (в том числе с тестированием и сравнительным анализом, основанным на изучении повреждений мозга) и генетическими вывело науку на новый уровень развития. Однако пока аппаратура стоит слишком дорого (особенно предназначенная для проведения позитронно-эмиссионной томографии, требующей наличия ускорителя), что ограничивает ее применение в клинической и исследовательской практике. Поэтому активно внедряются существенно менее ▶

дорогие приборы, например, предназначенные для проведения функциональной магнитно-резонансной томографии, сканирования и других видов магнитной энцефалографии. Все это дает возможность исследовать процессы, происходящие в человеческом мозге, на макроскопическом уровне. Пока мы не имеем возможности изучить все глубины мозга, каждый кубический миллиметр которого содержит миллионы нейронов, задействованных в различных механизмах поведения и мышления и вступающих в сложнейшие взаимодействия. Познание же микроскопической структуры будет со временем осуществлено интегральными, высокотехнологичными методами, такими как моделирование нейронными сетями, которые используются для глубокого изучения процессов, протекающих в мозге. От примитивного моделирования на бумаге, не способного отразить сети большой сложности, исследователи перешли к компьютерному моделированию, представляющему своеобразный гибрид теории с экспериментом. Таким образом, теоретическая модель создается как компьютерная программа, применяемая в заданных условиях. Имитация поведения исследуемого объекта позволяет выявить динамические свойства модели и сделать соответствующие выводы. Соединение дедуктивных и экспериментальных методов может стать оптимальным способом проникновения в микроструктуру мозга. Так вычислительная нейронаука меняет лицо теоретической дисциплины.

До сих пор теории психологии и неврологии описывались словесно и фиксировались на бумаге и других носителях, теперь же они принимают квазиматематическую форму. Из всех новых направлений когнитивной нейронауки развитие вычислительных методов является наиболее перспективным, но особо пристальное внимание ученых привлекают формальные нейронные сети.

Математические модели стали неотъемлемой составляющей теоретической нейронауки, подкрепленной



Снимки функциональной магнитно-резонансной томографии мозга при выполнении задачи, не задействующей лобные доли (А), и при выполнении задачи, задействующей лобные доли (Б).

расширяющимися возможностями экспериментальных исследований, в свою очередь, базирующихся на высокотехнологичном оборудовании и точнейшей аппаратуре.

## Великий дирижер

Исторически лобные доли сформировались на позднем этапе эволюции нервной системы, достигнув у человека (и в некоторой степени у высших приматов) вершин своего развития. Они ответственны как за многие процессы, протекающие в мозге, так и за различные формы поведения человека. Серьезные нарушения функций лобных долей, возникающие в результате неврологического заболевания, генетических отклонений или повреждения мозга, зачастую приводят к трагическим последствиям, психическим заболеваниям, а также к асоциальному поведению.

Интересна история исследований этой области мозга, которая отличает сознание человека от других животных. В неврологической науке начала XX в. превалировала довольно наивная точка зрения: исследователи считали, что лобные доли не играют никакой роли в работе мозга. Их презрительно называли бездействующими.

Подобные представления не позволяли понять значение лобных долей, которые в отличие от других отделов

мозга не связаны ни с какими легко определяемыми узкими функциями, присущими другим, более простым областям коры головного мозга, например сенсорным и моторным. Однако они координируют действия других нейронных структур и играют роль дирижера мозгового оркестра, который не играет ни на одном инструменте, но только благодаря ему весь оркестр звучит гармонично. Лобные доли – это своеобразный командный центр мозга. Потребность в подобном «органе управления» возникла вследствие совершенствования различных отделов мозга, усложнения систем взаимодействия между ними и развития сознания.

Кора головного мозга попала в центр внимания исследователей не так давно. Когда стало очевидным, что на лобные доли возложены сложнейшие функции управления. Точнее, эту роль играет лишь часть лобных долей, так называемая префронтальная кора. Лобные доли регулируют поведение высшего порядка – определение цели, постановку задачи и поиски путей ее решения, оценку результатов, принятие сложных решений, целеустремленность, лидерство, ощущение своего Я, самоидентификацию. Поэтому повреждение этих отделов может привести к апатии, безразличию, инертности. Неполноценность функций лобных долей может оказаться пагубной для человека.

## Сознание и внимание

Сознание неотделимо от внимания, т.е. в обоих случаях действуют похожие механизмы: возникает взаимодействие между лобными долями, стволом мозга и остальными (внелобными) корковыми областями. Представьте себе человека, который держит в руке фонарь и освещает им сцену. Фонарик – это мозговые ствольные центры. Сцена, которая освещается, – области коры головного мозга вне лобных долей, а рука, которая держит фонарик и направляет его свет, это и есть лобные доли.

Эволюционно они начали развиваться и играть ведущую роль в мозговом оркестре на весьма поздней стадии развития.

## Новая кора

Новая кора (неокортекс), сформировавшаяся в процессе эволюции, выполняет разнообразные функции и играет немаловажную роль в переработке поступающих в мозг данных. Она состоит из четырех основных долей, каждая из которых связана с определенным типом информации. Затылочная доля ответственна за переработку зрительных образов, теменная – за тактильную информацию, лобная – за двигательные функции, а височная имеет дело со звуками. На поздней стадии эволюционного развития возникает речь (за нее отвечают области новой коры) и развиваются управляющие функции. Соотношение лобных долей и общего объема мозга у человека и приматов показывает, что префронтальная кора (или ее аналоги) занимает у людей 29%, у шимпанзе – 17%, у макак и гиббонов – 11,5%, у лемуров – 8,5%, у собак – 7%, у кошек – 3,5%.

Почему именно префронтальная кора взяла на себя руководящую и направляющую роль в работе мозгового оркестра? Причин множество, но одной из самых существенных могла стать разветвленная сеть проводящих путей, позволяющая лобным долям координировать работу всех остальных мозговых структур. Поэтому

вследствие уникального богатства связей с различными областями мозга заболевания, первичная патология которых локализована где-то вне лобных долей (даже в подкорке), могут вызывать дисфункции лобных долей. Такая взаимосвязь подвергает их особому риску и позволяет сгруппировать причины таких, казалось бы, разных симптомов, как инертность при паркинсонизме, импульсивность при синдроме Туретта, рассеянность при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью, отсутствие эмпатии или понимания внутреннего мира других при аутизме или хронической шизофрении: все они являются следствием вторичных расстройств функции лобных долей.

## Размер черепа

Считается, что люди с низким черепом склонны к насилию или психически неполноценны, в то же время образ высоколобого человека ассоциируется с интеллектуалом, мыслителем, мудрым и уравновешенным представителем рода *Homo*.

На самом деле индивидуальные различия на уровне френологии (науки,

утверждающей, что на основе краниометрических данных можно судить о психических свойствах) не выявлены, а размер черепа и мозга не может служить индикатором психического состояния человека или его склонностей к определенному типу поведения. Мозг Тургенева, например, был одним из самых больших, описанных в истории, а у Эммануила Канта и Анатolia Франса мозг был маленький. Но этот факт никак не повлиял на их таланты и род деятельности, а также ни в коей мере не сказался на их роли и месте в мировой культуре.

Но с другой стороны, если рассматривать функционирование различных отделов мозга, то, как показывают результаты исследований, изменения (вследствие травмы, физиологических дефектов развития, перенесенного заболевания, генетических особенностей) в том или ином отделе мозга могут повлиять на поведение или психическое состояние индивида. Но дело не в самом объеме мозга, а в процессах, происходящих в нем, которые приводят к таким результатам. Например, у преступников-маньяков достаточно часто встречаются патологии лобных

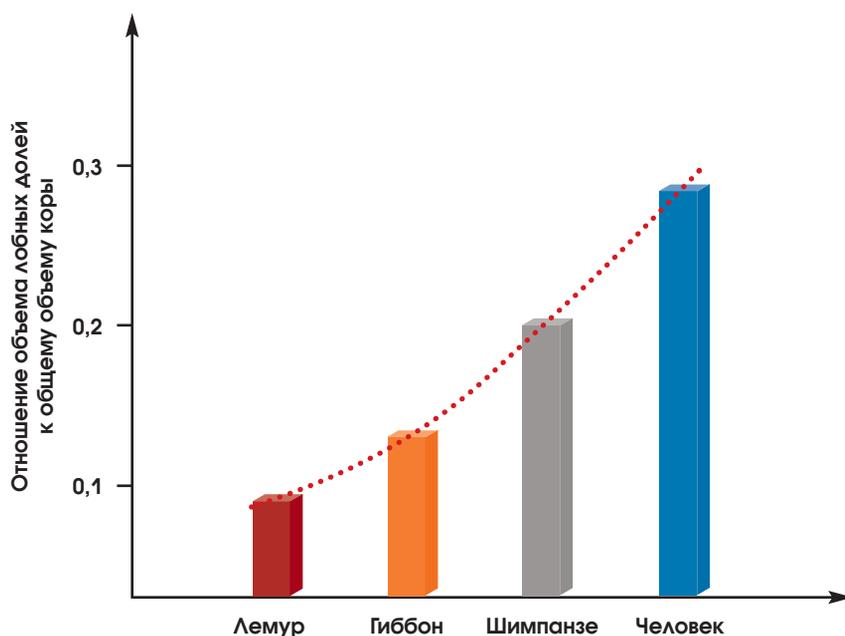


График показывает соотношение объема лобных долей и общего объема коры.

долей. У психически нездоровых людей лобные доли по структуре иные, чем у нормальных, и физиологически менее активны. Т.е. дисфункция лобных долей косвенно создает когнитивный контекст, в котором асоциальное или преступное поведение более вероятно.

### Пластичность мозга

Новые данные показывают, что мозг намного более пластичен, чем раньше предполагалось. Более того, пластичность мозга в высокой мере регулируется средой. Недавно в журнале *Nature* была опубликована статья о том, что у лондонских водителей такси гиппокамп – область мозга, связанная, в частности, с памятью (гиппокамп обычно поражается при болезни Альцгеймера и ряде других болезней), – больше, чем у других нормальных людей. Размер гиппокампа был прямо пропорционален длительности стажа вождения такси. Скорее всего это результат того, что таксистам приходится запоминать сложные маршруты. Вытекает ли из этого, что, скажем, у министров, у которых специфика деятельности связана с постоянным интеллектуальным напряжением, необходимостью принятия серьезных политических решений и предвидения их последствий, лидерством, социальной ответственностью и т.д., увеличены лобные доли? Это интересный вопрос.

### Болезнь души

То, что до недавних пор считалось болезнью души, теперь классифицируется как поражение различных отделов мозга, в том числе и лобных долей. Нередко шли дискуссии о том, к какой группе отнести того или иного больного: к «органикам», т.е. имеющим физиологические поражения мозга, или к шизофреникам (шизофрения – одно из самых тяжелых и распространенных психических заболеваний). Сейчас вопрос так не ставится. Исследования показали, что шизофрения – заболевание мозга, в значительной степени его лобных долей и проводя-

щих путей, соединяющих их с другими областями мозга.

Сотни миллиардов клеток (нейронов и глиальных клеток) человеческого мозга связаны между собой проводящими путями (дендритами и аксонами), как локальными, соединяющими близлежащие клетки, так и длинными, связывающими отдаленные нейронные структуры. В процессе коммуникации электрический импульс в нейроне преобразуется в химический. Таким образом биохимические субстанции (нейротрансмиттеры и нейромодуляторы) ответственны за взаимодействие между нейронами. Этот процесс очень сложен, и любой сбой на пути прохождения сигнала может привести к прямому или опосредованному поражению того или иного участка мозга.

Малейшее нарушение соединения лобных долей со стволовыми структурами, с многочисленными ядрами, которые как бы служат фундаментом, на котором строится сложная система проводящих путей, приводит к развитию обратимых или необратимых процессов. Так, выяснилось, что шизофрения в какой-то степени связана с недоразвитием или с патологическим развитием проводящих путей лобных долей.

Нейровизуализация с помощью магнитно-резонансной, компьютерной рентгеновской, позитронной эмиссионной и однофотонной эмиссионной томографии и электроэнцефалографии позволяет обнаружить малейшие структурные и физиологические повреждения различных областей мозга, в том числе лобных долей. Позитронно-эмиссионные томографические исследования, например, показали, что при депрессии физиология лобных долей нарушается. Также доказано, что дисфункция лобных долей может привести к асоциальному поведению, неспособности отличать «хорошее» от «плохого» на поведенческом уровне (речь идет о расхождении между формальным знанием и способностью на его основе корректировать поведение).

Лобные доли поражаются при шизофрении, травматических повреждениях головного мозга, синдроме дефицита внимания, болезни Альцгеймера и других деменциях (деменция от лат. *dementia*, где *de* – приставка, означающая отсутствие, утрату, и *mens* – ум, – стойкое снижение познавательной деятельности с утратой в той или иной степени ранее усвоенных знаний и практических навыков и затруднением или невозможностью приобретения новых), т.е. слабоумии. Часто при слабоумии наблюдается лобно-базальный синдром, который характеризуется эмоциональной неуравновешенностью пациентов, когда переход от эйфории к заторможенному состоянию происходит мгновенно, контроль над эмоциями ослаблен или отсутствует. Во всех болезнях, не поддававшихся ранее точному диагностированию, особую роль играют именно лобные доли, что указывает на то, что это физиологические, а не «душевные» недуги. Хотя исследователи это понимали, но расколоть этот крепкий орешек им до поры до времени не удавалось. Оказалось, что, с одной стороны, лобные доли ответственны за развитие большинства так называемых «душевных» болезней, с другой – возникал вопрос, как эти аномалии связаны с высшими формами сознания человека.

Парадокс в том, что процессы (в том числе познавательные), контролируемые сознанием, составляют порядка 5–10% всей мозговой деятельности. Т.е. большая часть вычислительной работы и психических процессов не требует усилий и протекает автоматически, как если бы они управлялись автопилотом, т.е. не под контролем активного сознания, а на подсознательном, феноменологическом бессознательном уровне.

### Причины заболеваний

Что приводит к нарушениям работы мозга, психическим отклонениям, развитию тех или иных заболеваний? Особенности строения черепа и анатомия мозга таковы, что закрытые травмы головы наиболее часто затрагивают

## Без совершенствования лобных долей человеческого мозга (сопряженного во времени с развитием речевых зон) не могла бы зародиться и развиваться цивилизация.

именно лобные доли, особенно лобно-базальную кору. Однако это не единственные причины развития дисфункций, в том числе и тяжелых. Наряду с травмами к подобному эффекту могут привести повреждения верхних отделов ствола мозга, главных проводящих путей, идущих в лобные доли. Нередко развитию недугов способствуют различные заболевания, наследственные факторы (существует, например, врожденная предрасположенность к дисфункции различных областей мозга вследствие искаженных типов миграции нейронных клеток) или травмы, полученные в дорожно-транспортном происшествии, в драке, при занятиях боксом или экстремальными видами спорта и туризма.

Так бокс, например, чреват множественными кровоизлияниями, что негативно сказывается на здоровье человека и его умственных способностях. Многократные удары по голове, особенно фронтальные, обычно провоцируют определенные повреждения мозга. Например, треморы паркинсоновского типа и дизартрия (неспособность четко выговаривать слова) у Мохаммеда Али свидетельствуют о поражении мозга. Такова цена славы. Сходные симптомы наблюдаются и у других боксеров. Компьютерная аксиальная и магнитно-резонансная томографии их мозга выявили нарушения, заметные даже при небольшом разрешении. Так, некоторые центральные структуры их мозга, например септум, буквально разбиты на две части, т.е. целостность головного мозга нарушена.

Современная наука, вооруженная последними достижениями экспериментальной физики и математического моделирования, создает новый образ

мозга человека и способствует более глубокому пониманию его функций.

### Методы диагностики и лечения

Считается, что нервные расстройства, особенно те, что приводят к безумию, – самая страшная трагедия, которая может произойти с человеком, несопоставимая даже с потерей зрения, слуха или ампутацией.

Последние достижения науки позволяют проводить более точную диагностику. Поражения мозга, которые еще несколько десятилетий назад и не распознавались, сейчас начинают точно диагностироваться, что способствует поиску новых путей терапевтического лечения. Развивается фармакологическая терапия, транскраниальная магнитная стимуляция, которую применяют для лечения депрессии и других заболеваний. А методы нейровизуализации позволяют нейрохирургам более успешно оперировать.

Прежде чем приступить к лечению, клиницисты должны идентифицировать симптомы и диагностировать заболевание. Многие современные методы диагностики, основываясь на ряде изобретений в области физики, компьютерном моделировании в сочетании с традиционными методами, позволяют получать информацию на уровне как макроскопической, так и микроскопической мозговой анатомии. Это дает возможность более гибко подходить к лечению различных психических заболеваний. Так, столь радикальные методы, как лоботомия, известная по роману Кена Кизи «Пролетая над гнездом кукушки», и инсулиновый шок, были заменены более щадящими, вечными.

Сегодня идентифицируют и те клинические состояния, которые ранее не

считались заболеваниями: дислексия, синдромы нарушения внимания (СДВ), нарушения внимания с гиперактивностью, вызываемые дисфункцией лобных долей и проводящих путей. Действительно, аутизм также относится к заболеваниям нервной системы, но эта проблема гораздо более сложная, чем дислексия или нарушение внимания, при которых область дисфункции, в контексте общей нормальности, ограничена. Аутизм влечет за собой более серьезные изменения личности. Для лечения подобных заболеваний успешно применяются различные медикаментозные, физические и когнитивные формы терапии. Немаловажным стало признание того факта, что многие психические отклонения поддаются коррекции при помощи воспитания и образования.

Лобные доли играют важную роль в когнитивном развитии и обучении, от их сохранности зависит успешное освоение знаний, развитие внимания и правильная мотивация. Более глубокое изучение этих областей мозга открывает новые горизонты для лечения заболеваний, связанных с потерей «рабочей памяти», которые отчасти могут быть связаны с утратой лобными долями управляющих функций.

Несмотря на стремительное развитие науки, вряд ли мы скоро получим исчерпывающий ответ на вопрос о том, что такое сознание. Однако помочь в этом могут два основных фактора: во-первых, это оснащенность нейронами высокоточными, простыми в эксплуатации приборами, во-вторых, наличие квалифицированных кадров, таких, каких воспитал в МГУ выдающийся ученый Александр Романович Лурия, оказавший влияние не только на всех российских психологов, но и на мировую науку в целом. ■