

### Древняя нейробиология

ВОПРОС:

---

*Всегда ли люди считали мозг важным органом?*

ОТВЕТ:

---

Головной мозг высоко ценили отнюдь не всегда. Например, при изготовлении мумий древние египтяне сохраняли сердце, печень, желудок, кишки, почки и легкие умершего, а мозг вычерпывали через нос и выбрасывали. Сердце, а не мозг, считали средоточием мышления, ощущений и чувств. Тем не менее, именно египтяне в своих древнейших записях употребили слово мозг, о чем свидетельствует хирургический папирус Эдвина Смита.

Греческий философ и врач Гиппократ (460-377 до н.э.) утверждал, что мозг отвечает за разум и эмоции. Такое понимание роли мозга сильно отличалось от такового понимания у египтян, и было основано на выполненных Гиппократом наблюдениях больных, страдавших поражениями головного мозга. Причину эпилепсии Гиппократ видел в нарушении функции мозга, а не во вмешательстве сверхъестественных сил.

Взгляды Гиппократа были поддержаны многими учеными, но несмотря на это греческий философ Аристотель (384-322 до н.э.) все же полагал, чтоместилищем ощущений и движений является сердце. Согласно Аристотелю, мозг был предназначен лишь для

охлаждения крови. Греческий врач Гален (129 н.э. – ?) был хорошо знаком с воззрениями как Гиппократ, так и Аристотеля. Гален вскрывал мозг многих животных, но не решался вскрывать мозг человека. Тем не менее, опыты на животных и наблюдение больных с черепно-мозговыми травмами убедили Галена отвергнуть мнение Аристотеля о первостепенной важности сердца, и согласиться с Гиппократом в том, что именно головной мозг является местом локализации разума и сознания.

Гален ошибался во многих своих суждениях о нейроанатомии человека, и это объяснялось тем, что Гален никогда не исследовал мозг человека. Тем не менее, несмотря на это воззрения Галена на неврологию продержались в науке много столетий.

Дополнительные сведения по истории нейробиологии можно почерпнуть в Приложении 6, где перечислены самые знаменательные вехи в исследовании строения и функций центральной нервной системы.

**Библиография:**

*Finger, S. Origins of Neuroscience (New York, Oxford University Press, 1994).*

ВОПРОС:

---

***Действительно ли люди всерьез считали,  
что шишки на черепе могли что-то сказать  
о разуме и личности человека?***

ОТВЕТ:

---

В девятнадцатом веке было весьма популярным учение о том, что личность, характер и интеллект человека можно «прочитать» по шишкам на его черепе. Это учение, называемое френологией, было разработано немецким врачом Францем Йозефом Галлем (1758-1828). Популяризатором френологии в США стал Иоганн Шпурцгейм (1776-1832).

Френология была основана на представлении о том, что различные свойства и характеристики человеческой личности локализованы в специфических участках головного мозга, а шишки или зазубрины на черепе являются отражением сильного, нормального или, наоборот, слабого развития соответствующих областей мозга. Воспользовавшись черепами умерших выдающихся писателей, ученых и политиков, исследовав черепа преступников, а также людей, страдавших умственными и душевными расстройствами, Галль создал свою модель, так как полагал, что у этих индивидов, в связи с сильной выраженностью определенных черт, так же сильно выражены и их черепные признаки. В картах Галля были отражены двадцать семь личностных черт, включая гордыню, коварство, мудрость, поэтический талант, память на лица, память на слова и способность к счету. Позднее Шпурцгейм добавил к этой карте еще восемь признаков.

Френологи были уверены, что, ощупав голову пациента, смогут вывести из этого обследования характер и особенности личности данного человека. Критики указывали на то, что поражения мозга вызывают расстройства личности, что никак не отражается на строении черепа. Другие ученые, в том числе французский физиолог Жан-Пьер Флуранс (1794-1857), утверждали, что в коре головного мозга вообще отсутствуют какие бы то ни было специфические участки, отвечающие за конкретные функции. Напротив, Флуранс и его единомышленники считали, что в функциональном отношении все области коры ничем не отличаются друг от друга. Относительно френологии Флуранс был прав, но насчет коры он ошибся.

Теперь идеи френологии представляются нам странными, и, действительно, они были довольно скоро отвергнуты научным сообществом. Тем не менее, в науке, в конце концов, возобладало мнение о том, что разные участки коры выполняют различные функции.

ВОПРОС:

---

***Получали ли специалисты по нейробиологии  
Нобелевские премии?***

ОТВЕТ:

---

Да, ученые-нейробиологи получали Нобелевские премии по физиологии и медицине. С момента учреждения Нобелевской премии в 1901 году 60 нейробиологов (индивидуально или в группе) получили эту высокую награду. Первыми нейробиологами, лауреатами Нобелевской премии, стали Камилло Гольджи (1843-1926) и Сантьяго Рамон-и-Кахал (1852-1934). Гольджи и Кахал получили совместно Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1906 году, несмотря на то, что придерживались диаметрально противоположных воззрений на способ, каким нейроны соединяются друг с другом. Тем не менее, оба получили премию за выдающийся вклад в изучение строения нервной системы. Впоследствии выяснилось, что премия была присуждена не вполне справедливо, так как прав оказался Сантьяго Рамон-и-Кахал, который утверждал, что между отдельными нейронами существуют щели, и что нервные клетки не переходят друг в друга.

Впоследствии Нобелевские премии присуждались нейробиологам за работы по изучению неврологических расстройств, зрения, слуха, обоняния, нейрохимии, по визуализации мозга и исследованию функций нейромедиаторов. В 1949 году премия была присуждена Антониу Эгашу Монишу (1874-1955). Это решение оказалось не вполне удачным, потому что предложенная Монишем операция лоботомии оказалась неэффективной в лечении психических расстройств. Тем не менее, комитет не стал лишать ученого полученной премии. Последний раз (2014 год) Нобелевскую премию получили нейробиологи Джон О'Кифи (род. 1939), Эдвард Мозер (род. 1962) и Мэй-Бритт Мозер (род. 1963) за работы по исследованию системы пространственной навигации в головном мозге.

В приложении 5 перечислены все нейробиологи, получившие Нобелевскую премию по физиологии и медицине.

ВОПРОС:

---

***Как ученые узнали, что нервные клетки посылают друг другу химические сигналы?***

ОТВЕТ:

---

Есть люди, например, такие, как немецкий ученый Эмиль Дюбуа-Реймон (1818-1896), которые опережают свое время. В конце девятнадцатого века Дюбуа-Реймон предположил, что нервные клетки могут вызывать сокращения мышц, воздействуя на них определенными химическими соединениями. В то время на эту гипотезу просто не обратили внимания; ученые в то время ожесточенно спорили на тему о том, являются ли нейронные сигналы электрическими или химическими по своей природе.

Идеи Дюбуа-Реймона подтвердились только после того, как в начале двадцатого века ученые начали испытывать воздействие лекарств на вегетативную (автономную) нервную систему. Например, английский фармаколог Генри Халлетт Дейл (1875-1968) экспериментировал с алкалоидами спорыньи – гриба, который поражает рожь. Дейл обнаружил, что препараты спорыньи блокируют эффекты адреналина, но есть средства, которые могут имитировать эффекты адреналина. Дейл не стал называть эти вещества химическими мессенджерами (нейромедиаторами), так как не был уверен, что они содержатся в организме в норме.

Здесь в игру вступил немецкий фармаколог Отто Леви (1873-1961). Он знал о работах Дейла и проводил свои собственные исследования, касавшиеся воздействия лекарственных средств на железы и внутренние органы. Однажды, в 1921 году, Леви ночью приснился эксперимент, который мог произвести революцию в нашем понимании механизмов работы нервной системы. Проснувшись среди ночи, Леви записал план эксперимента и снова уснул. Наутро он не нашел свои записи и не мог вспомнить содержание сновидения.

По счастью тот же сон приснился ученому и в следующую ночь. На этот раз Леви не стал полагаться на волю случая, а прямо среди ночи отправился в свою лабораторию и провел при-

снившийся ему опыт. В этом опыте Леви воспользовался сердцем лягушки, сохранившем связь с блуждающим нервом. Сокращающееся сердце было помещено в питательный раствор. Емкость с раствором и лягушачьим сердцем Леви трубкой соединил с другой емкостью с сердцем другой лягушки. Раствор из первой емкости мог свободно поступать во вторую емкость. Леви провел электрическую стимуляцию блуждающего нерва сердца первой лягушки, и ритм его сокращений замедлился. Самое интересное заключалось в том, что через некоторое время стало реже сокращаться и сердце во второй емкости. Леви пришел к заключению, что блуждающий нерв при своем возбуждении выделял в раствор какое-то вещество, которое затем действовало на сердце во второй емкости. Леви назвал это вещество *Vagusstoff* («вещество блуждающего нерва»; *vagus* – по-латыни «блуждающий нерв»). Теперь мы знаем, что это вещество является природным нейромедиатором ацетилхолином.

Между прочим, это – разительный пример того, как сон облегчает творческий процесс. Правда, такие случаи все же происходят достаточно редко. В 1936 году за свои исследования химической природы передачи нервных импульсов Дейл и Леви получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине.

### **Библиография:**

*Loewi, O. From the Workshop of Discoveries (Lawrence: University of Kansas Press, 1953).*

ВОПРОС:

---

**Что такое «трепанация черепа»?**

ОТВЕТ:

---

В принципе, трепанация – это проделывание отверстия в черепе. Точнее, это удаление части крышки черепа без вскрытия оболочек, покрывающих поверхность головного мозга.

Трепанация – одна из древнейших хирургических операций. Археологам известны находки черепов с несомненными признаками трепанации, возраст которых составляет не меньше 10 тысяч лет. Трепанации были распространены в древнем мире очень широко, о чем свидетельствуют находки в Европе, Азии, Африке, Южной Америке, на Таити, в Новой Гвинее и Новой Зеландии. Удивительно, но большинство людей, перенесших трепанацию в древности, выжили, так как трепанационные отверстия, как было ясно, зарастали костной мозолью. Неясно, правда, с какой целью в те времена выполняли трепанацию. Однако некоторые ученые считают, что шаманы и знахари полагали, что отверстие в черепе позволит злым духам покинуть голову в случаях разных заболеваний или травм. Трепанация могла привести к снижению внутричерепного давления, что действительно могло исцелить в случаях травматических внутричерепных гематом (кровоизлияний). Возможно, к трепанации прибегали для лечения головной боли, эпилепсии и психических расстройств – заболеваний, при которых польза трепанации отнюдь не очевидна.

Такого рода трепанации в наши дни представляют лишь исторический интерес, но, тем не менее, есть немногочисленные, но достаточно шумные сторонники трепанации как способа достичь возвышенного состояния сознания. Эту гипотезу выдвинул в шестидесятые годы Барт Хугес, голландский студент-медик и большой любитель психотропных лекарств. Под влиянием этих средств Хугес пришел к убеждению в том, что отверстие в голове позволит крови и цереброспинальной жидкости более свободно циркулировать в мозге, воспроизведя условия, в которых находится мозг новорожденного младенца до срастания костей черепа и закрытия родничков. Хугес проверил свою теорию, просверлив себе во лбу дырку с помощью ножной стоматологической бормашины. Хугес счел свой опыт весьма успешным и смог убедить некоторых других, в частности, Аманду Филдинг, последовать своему примеру. Аманда сняла свою любительскую трепанацию на пленку в 1970 году. Кадры этого фильма чередуются со снимками ручного голубя Аманды. Фильм можно найти в сети (надо, однако, помнить, что в нем много компьютерной графики). Филдинг до сих пор является

одним из самых ярых поборников трепанации и, кроме того, учредила фонд для научного изучения сознания. Отношение ученых и врачей к такой любительской трепанации остается, правда, весьма скептическим.

**Библиография:**

*Gump, W., Modern induced skull deformity in adults. Neurosurgical Focus, 29:E4, 2010.*

*Parapia, L.A., Trepanning or trephines: a history of bone marrow biopsy, British Journal of Haematology, 139:14-19, 2007.*



### Что у нас «под капотом»?

ВОПРОС:

---

*Откуда части мозга  
получили свои странные названия?*

ОТВЕТ:

---

Научную терминологию подчас очень трудно понять. Наука изобилует необычными и непривычными словами и фразами, и наука о мозге здесь не исключение. Миндалина, гиппокамп, мозолистое тело – почему эти структуры мозга так называются, и что обозначают эти названия?

Не кажется ли вам, что некоторые из этих названий звучат так, как латинские и греческие слова? Правильно, они и на самом деле взяты из этих языков! Терминология нейробиологии, по большей части, пользуется греческими и латинскими корнями. Некоторые названия были введены в обиход древнегреческими философами, врачами и учеными – Гиппократом, Аристотелем, Герофилом и Галеном. Некоторые термины вошли в медицинский и научный лексикон сравнительно недавно вместе с новыми открытиями, когда открытые структуры и феномены называли по именам их первооткрывателей. Некоторые термины являются гибридными, так как состоят как из греческих, так и из латинских корней. Например, neurosciece – от греческого слова neuron (нерв) и латинского слова

scientia (наука). Не все нейробиологические термины расшифровываются так просто, но каждый термин составлен в попытке описать местоположение органа или идею, которая лежит в основе того или иного явления.

Некоторые термины являются придуманными, но в большинстве случаев в их создании прослеживается определенная логика. Роберт Фортюин составил руководство, позволяющее понять принцип создания медицинских терминов. Этим же принципом можно воспользоваться для понимания терминов, используемых в нейробиологии.

### МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Структура названа по своему местоположению, или, как выражаются врачи, по локализации. Например, язычный нерв расположен в языке. Гормон адреналин вырабатывается в надпочечниках, которые по-латыни называются *glandulae adrenales* (*ad renum* на латинском языке означает «возле почки»).

### ФУНКЦИЯ

Структура названа по тому, что она делает. Отводящий нерв, например, назван так, потому что мышца, которую он иннервирует, отводит глаз в сторону в горизонтальной плоскости.

### СХОДСТВО

Структура названа по предмету, который она напоминает. Это самый распространенный способ наименования нейроанатомических структур – паутинная оболочка, гиппокамп (от греческого слова, обозначающего «морской конек»), миндалина, шишковидная железа и конский хвост.

### ХАРАКТЕРИСТИКА

Структура названа в связи с ее формой, размером, консистенцией, числом или цветом. Меланин (от греческого слова «мелане», оз-

начающего «черный»), чечевицеобразное ядро, голубое ядро – все это нейробиологические термины, обозначающие структуры по их характерным чертам.

## ЭПОНИМ

Болезни, инструменты или структуры часто называют именами людей, которые открыли или изобрели их. Болезнь Паркинсона названа, например, по имени Джеймса Паркинсона (1755-1824), английского врача, который описал дегенеративную болезнь в книге, озаглавленной «Эссе о дрожательном параличе», и опубликованной в 1817 году. Другая дегенеративная болезнь, болезнь Альцгеймера, была названа в честь Алоиса Альцгеймера (1864-1915), который описал это заболевание в 1906 году. Клетки Беца, находящиеся в коре головного мозга, названы по имени Владимира Алексеевича Беца (1834-1894). Расположенные в мозжечке клетки Пуркиньи были названы в честь их первооткрывателя Яна Пуркиньи (1787-1869). Многие хирургические инструменты, такие как элеватор Пенфилда (Уайлдер Пенфилд, 1891-1976) и щипцы Денди (Уолтер Денди, 1886-1946) были названы по имени их изобретателей.

В Приложении 1 приведен список греческих и латинских корней, от которых произведены многие термины нейробиологии, а в Приложении 2 перечислены эпонимы, встречающиеся в этой науке.

### **Библиография**

Dugue-Parra, J.E., Llano-Idárraga, J.O., and Dugue-Parra, C.A., *Reflections on eponyms in neuroscience terminology, Anatomical Record Part B: The New Anatomist*, 289B:219-24, 2006.

Fortune, R., *The Words of Medicine. Sources, Meanings, and Delights* (Springfield: Charles C. Thomas Publisher, 2001).

Koehler, P.J., Bruine, G.W. and Pearce, J.M.S., *Neurological Eponyms*, (New York: Oxford University Press, 2000).

ВОПРОС:

---

***У всех ли животных есть  
головной мозг и нервная система?***

ОТВЕТ:

---

Практически у всех животных в том или ином виде есть нервная система, но у большинства видов отсутствует спинной мозг. Животные, не имеющие спинного мозга, называются беспозвоночными. К беспозвоночным животным относят насекомых, пауков, червей, моллюсков, морских звезд и медуз. 80 процентов всей биомассы Земли, более 95 процентов всех биологических видов и 99 процентов всего биологического разнообразия земной жизни представляют беспозвоночные. Нравится это вам или нет, но люди по этой классификации принадлежат к меньшинству.

Вместо спинного мозга у некоторых беспозвоночных, таких как медуза, гидра и актинии, существует нервная сеть, пронизывающая весь их организм. Другие беспозвоночные, такие как кузнечики и ракообразные, располагают нервным тяжом, который тянется вдоль тела под его нижней поверхностью. Этот нервный тяж может быть связан с центральным скоплением нейронов (мозгом) в голове некоторых беспозвоночных, но у многих их видов (например, у медуз) мозг отсутствует.

Губки являют собой пример одного из немногих многоклеточных животных, у которых нервная система вообще отсутствует. У губок нет ни головного мозга, ни спинного. У них нет даже нейронов. Губкам нервная система не нужна, потому что само ее строение позволяет извлекать из протекающей сквозь нее воды кислород и питательные вещества и выделять в нее отходы жизнедеятельности. Губке не надо практически ничего делать, и поэтому ей не нужен мозг. Мозг вообще очень дорого обходится организму, так как потребляет очень много калорий, и губки не могут позволить себе роскошь иметь мозг просто так, «на всякий случай». Таким образом, если животное не нуждается в мозге, то оно, как правило, его лишено.

На первый взгляд может показаться, что у людей очень мало общего с беспозвоночными животными, которые непомерно превосходят нас по численности. Однако в том, что касается нервной системы, у нас с ними очень много общего, и мы многое можем узнать о нас самих, изучая нервную систему этих примитивных животных.

Например, в нейробиологии большую роль сыграло морское беспозвоночное животное морской заяц (аплизия). Апизию, животное, вся нервная система которой состоит из 20 тысяч нейронов, использовали для исследования в области сенсорной и двигательной нейрофизиологии и в области поведения. В 2000 году Эрик Кэндел получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине за изучение молекулярных и клеточных механизмов памяти и обучения. Эти исследования почти целиком были выполнены на апизии в качестве модели.

**Библиография:**

*Borrell, B., One-fifth of invertebrate species at risk of extinction, Nature, September 3, 2012; doi:10.1038/nature.2012.11341.*

*Lewbart, G.A., Invertebrate Medicine (Ames, IA: Blackwell Publishing, 2006).*

ВОПРОС:

---

***Насколько велик человеческий мозг?***

ОТВЕТ:

---

Для начала голый и сухой факт: в среднем вес головного мозга человека колеблется от 1,3 до 1,5 кг (около 3 фунтов, что примерно равно весу среднего капустного кочана). Мозг состоит приблизительно из 86 миллиардов нейронов и такого же числа глиальных клеток. Вес головного мозга составляет около 2 процентов веса тела. Средние размеры мозга: ширина – 140 мм, длина – 167 мм, высота –

93 мм (размер мозга приблизительно соответствует двум большим кулакам). Головной мозг состоит из воды (77-78 процентов), жира (липидов) (10-12 процентов), белка (8 процентов), углеводов (1 процент), растворимых органических соединений (2 процента) и неорганических солей (1 процент).

Для достижения окончательного размера взрослого человека мозгу новорожденного требуется несколько лет. В процессе внутриутробного развития нейроны размножаются с невероятной скоростью – каждую минуту возникает 250 тысяч новых нервных клеток. Большая часть нейронов, которыми мозг располагает впоследствии, присутствуют в нем уже при рождении, но мозг продолжает расти и после рождения. Мозг новорожденного весит меньше четырехсот граммов (не больше, чем крупный апельсин), но уже к двум годам вес мозга достигает 80 процентов от веса мозга взрослого человека.

Увеличение размеров мозга происходит благодаря продолжающемуся размножению глиальных клеток и образованию новых связей между нейронами. Максимального веса мозг достигает, когда возраст человека приближается к тридцати годам, а затем в мозге начинаются процессы атрофии, и с этого момента вес мозга неуклонно уменьшается.

У человека самый большой по объему отдел мозга – это его кора. Кора занимает около 77 процентов объема всей центральной нервной системы. Извилины (продолговатые выпячивания) и борозды способствуют свертыванию коры, благодаря чему в фиксированном объеме черепной коробки умещается большее количество ткани мозга. Общая площадь поверхности коры равна 2500 квадратным сантиметрам (размер большой пиццы). Толщина коры, которая ровным слоем покрывает остальные части мозга, составляет от полутора до четырех с половиной миллиметров, то есть нельзя сказать, что кора очень толстая. Кору головного мозга подразделяют на четыре парные доли: лобную, занимающую 41 процент общего объема коры, височную (22 процента), теменную (19 процентов) и затылочную (18 процентов). Следующей, наиболее крупной частью центральной нервной системы является мозжечок, объем которого составляет около 10 процентов от общего объема центральной нервной системы. Промежуточный мозг (диэнцефалон) и средний мозг (мезенцефалон) за-

нимают по 4 процента объема, а задний мозг (миеленцефалон) и спинной мозг занимают каждый по 2 процента общего объема центральной нервной системы.

### **Библиография**

*Kennedy, D.N., Lange, N., Makris, N., Bates, J., Meyer, J., and Caviness, V.S. Jr., Gyri of the human neocortex: an MRI-based analysis of volume and variance. Cerebral Cortex, 8:372-84, 1998.*

*Peters., and Jones, E.G., Cerebral Cortex. Vol. 3, Cellular Components of the Cerebral Cortex (New York, Plenum, 1984).*

### **ВОПРОС:**

---

***Имеет ли значение вес головного мозга?  
Располагает ли человек самым крупным мозгом  
по сравнению с другими животными?***

### **ОТВЕТ:**

---

Возможно, вы думаете, что у человека самый большой мозг в животном царстве, но это не так. В принципе, чем крупнее животное, тем больше его мозг. Судя по размерам головы, можно сразу сказать, что мозг коровы больше кошачьего мозга, а у кота мозг больше, чем у мыши. Одна из причин такого положения заключается в том, что крупным животным приходится управлять большей массой мышц и обрабатывать больше информации с поверхности тела.

Мозг взрослого человека весит около 1,4 кг (3 фунта). У некоторых животных вес мозга превышает 1,4 кг. К таким животным относятся слоны, дельфины-афалины, черные дельфины, киты-горбачи, косатки, блювалы и кашалоты.

Может быть, вы думаете, что у человека самый большой мозг, если выразить его вес, как долю от веса всего тела? Не спешите с ответом. У нескольких животных этот показатель превосходит показатель человека. У человека весом 150 фунтов мозг весит три фунта, следовательно, отношение веса мозга к весу тела равно 1:50, и вес

мозга составляет 2 процента от веса тела. Вес мозга колибри составляет 3,8 процента от веса тела этой птички.

Размер мозга животного можно также сравнивать с ожидаемым размером мозга у животных с сопоставимыми размерами тела. Зная действительный вес мозга, и сравнив его с ожидаемым весом мозга сходных по размеру животных, можно получить коэффициент энцефализации (КЭ). Вес мозга пропорционален весу тела, взятому в степени две трети. Воспользовавшись этой формулой, можно оценить, насколько большим должен быть головной мозг. Люди находятся на верхнем полюсе этой шкалы с коэффициентом энцефализации, равным 7,44.

В Приложении 3 перечислены массы мозга различных животных.

### **Библиография**

*Rehkämpfer, G., Schuchmann, K.L., Schleicher, A., and Zilles, K., Encephalization in hummingbirds (Trochilidae). Brain, Behavior and Evolution, 37:85-91, 1991.*

ВОПРОС:

---

***Является ли мозг мышцей?***

ОТВЕТ:

---

Возможно, вы не раз слышали фразу: «Упражняй свой мозг!» Означает ли это, что надо упражнять мышцы головного мозга? Нет, потому что мозг – не мышца. Мозг приблизительно на 80 процентов состоит из воды, на 10 процентов из жира и на 10 процентов из белка, солей и неорганических веществ. За исключением гладких мышц, расположенных в стенках кровеносных сосудов головного мозга, других мышц в мозге нет. Напутствие «упражнять мозг» относится к умственной работоспособности, которая требуется не для поднятия тяжестей, а для чтения, игры в шахматы и решения кроссвордов.



ВОПРОС:

***Почему у мозга так много складок?***

ОТВЕТ:

Этот вопрос можно сформулировать по-другому: почему у человеческого мозга так много складок, в то время как не у всех животных мозг так сморщен, как у человека. Человеческий мозг густо покрыт складками, у шимпанзе складок меньше, у мармышек еще меньше, и так далее, пока мы не доберемся до скромной землеройки, мозг которой гладок, как бильярдный шар. Землеройки славятся своей тупостью, а человек – умом, и поэтому вы с полным правом можете предположить, что существует какая-то зависимость между интеллектом и степенью складчатости мозга. Да, вы не ошибетесь. Это рассуждение приводит нас к выводу о том, что складчатость позволяет уместить в ограниченном пространстве черепной коробки большой объем коры мозга.

Кора, как явствует из ее названия, представляет собой наружный слой мозга, это позднейшее эволюционное дополнение, очень важное для осуществления высших мозговых функций. Грубо говоря, чем больше коры, тем больше ума. Толщина коры мозга приблизительно одинакова у всех млекопитающих (за исключением китов и дельфинов – у них кора немного тоньше), но площадь поверхности коры (относительно размеров тела) значительно больше у животных, обладающих большими когнитивными способностями. Если расправить все складки коры мозга человека, то площадь ее окажется равной приблизительно двум с половиной квадратного фута. Если бы кора такой площади уместилась в полости черепа в расправленном виде, то у человека была бы такая большая голова, что ее было бы трудно носить, а кроме того, детей с большой головой было бы тяжело рожать. Складчатость коры позволяет аккуратно упаковать все нейроны мозга внутри черепной коробки.

ВОПРОС:

---

***Каким образом нервная система  
связана с другими системами организма?***

ОТВЕТ:

---

Нервная система прямо или косвенно связана со всеми остальными системами организма, включая такие системы, как сердечно-сосудистая, опорно-двигательная, репродуктивная, пищеварительная, мочевая, покровная (кожа и волосы), лимфатическая, эндокринная и дыхательная.

Сообщение между нервной системой (головной мозг, спинной мозг и периферические нервы) представляет собой улицу с двусторонним движением, по которой сигналы могут идти как от нервной системы к органам, так и от органов в центральную нервную систему. Хороший пример – это сообщение между центральной нервной системой и мышцами. Для того чтобы вы могли пошевелить рукой или ногой, кора мозга посылает сигнал в его ствол, где сигнал переходит на другую сторону тела. После этого сигнал поступает в спинной мозг и передается по нему к двигательным нейронам. Двигательные нейроны по своим аксонам передают сигнал мышце, приказывая ей сократиться. С другой стороны, в мышце расположены чувствительные рецепторы, которые посылают сигналы о состоянии мышцы обратно в нервную систему. Мозг использует эту информацию для того, чтобы регулировать сокращение и расслабление периферической мускулатуры. Такой постоянный диалог между центральной нервной системой и мышцами позволяет удерживать предметы с достаточной силой, не ронять их, но при этом и не повреждать их чрезмерно сильной хваткой.

Связи нервной системы с другими системами тоже представляют собой улицы с двусторонним движением. Нервная система, например, контролирует частоту сердечных сокращений (то есть деятельность системы кровообращения), с помощью мышц движет кости (влияет на состояние опорно-двигательной системы), регулирует выделение в кровь гормонов (то есть активность эндокринной системы) и стимулирует активность защитных механизмов, влияя на деятельность лимфатической системы. Помимо этого, нервная система

регулирует частоту и глубину дыхания, контролирует потребление пищи и воды, управляет половым поведением и системой выделения (мочевой системой). Нервная система регулирует даже сокращения мышц, прикрепленных к волосам. В ответ системы и органы посылают в центральную нервную систему сенсорную информацию о своем состоянии, обеспечивая, таким образом, обратную связь органов с нервной системой.

ВОПРОС:

---

*Как соединяются друг с другом две половины мозга?*

ОТВЕТ:

---

Мозолистое тело – это мощный пучок, состоящий приблизительно из 200 миллионов нервных волокон (аксонов), связывающих правое и левое полушария головного мозга. Эта связь позволяет правой и левой половинам головного мозга обмениваться информацией и согласовывать их совместную деятельность.

У подавляющего большинства людей мозолистое тело есть, но в очень редких случаях люди рождаются с частичным или полным его отсутствием. Эта патология называется врожденной агенезией мозолистого тела. Симптомы этого заболевания могут быть выражены в разной степени в зависимости от других нарушений, которые могут сопутствовать агенезии мозолистого тела. У некоторых людей, родившихся без этой структуры, сохраняется нормальный интеллект, но у других наблюдаются тяжелые когнитивные нарушения, судорожные припадки и двигательные расстройства.

Некоторым больным, страдающим частыми эпилептическими припадками, не поддающимися медикаментозному лечению, выполняют операцию рассечения мозолистого тела. По не вполне понятным причинам после операции припадки становятся реже или протекают легче. Больные, перенесшие операцию такого «разделения» мозга, теряют способность передавать информацию из одного полушария мозга в другое, потому что лишаются главного пути

такой передачи. Интеллект после операции обычно сохраняется, и выявить возникшие после операции особенности можно только с помощью специальных тестов, в ходе которых воспринимаемая информация попадает только в какое-то одно из полушарий. Например, если зрительная информация попадает только в правую половину мозга, то большинство больных, перенесших операцию, оказываются не в состоянии назвать предъявленные им предметы, и, мало того, они даже не смогут сказать, что вообще что-то видели, потому что центры речи находятся у большинства людей в левом полушарии. Однако если попросить такого больного нарисовать только что увиденный предмет, то больной сделает это без малейшего труда. Глядя на эти эксперименты, испытываешь странное чувство, тем более, видимо, странно себя чувствуют и такие больные. Эти опыты показывают, что хотя осознанные восприятия кажутся нам целостными, они, на самом деле, работают по принципу соединения отдельных модулей. Роджер Сперри (1913-1994), изучавший восприятие больных, перенесших операцию рассечения мозолистого тела, в 1981 году получил за свои исследования Нобелевскую премию.

### **Библиография**

*Paul, L.K., Brown, W.C., Adolphs, R., Tyszka, J.M., Richards, L.J., Mukherjee, P., and Sherr, E.H., Agenesis of the corpus callosum: genetic, developmental and functional aspects of connectivity. Nature Reviews Neuroscience, 8:287-99 (2007).*

ВОПРОС:

---

**Как велика нервная клетка?**

ОТВЕТ:

---

Нервные клетки (нейроны) могут иметь разнообразные размеры и формы. Типичный нейрон состоит из четырех частей: дендритов, тела клетки, аксона и аксонной терминали. Дендриты – это выро-

сты нервной клетки, которые обеспечивают большинство связей (синапсов) с другими нейронами, хотя связи могут осуществляться и за счет других частей нейрона. Специальные рецепторы в дендритах связывают химические мессенджеры (нейромедиаторы, нейротрансмиттеры) и преобразуют эту связь в электрический сигнал, который направляется к телу клетки.

В теле нейрона содержатся такие органеллы, как ядро, рибосомы и митохондрии, которые обеспечивают нейрон генетическим материалом, синтезируют белки и производят необходимую для жизнедеятельности клетки энергию. Диаметр тела нейрона может колебаться от 10 микрон (мелкие зернистые нейроны коры) до 100 микрон (двигательные нейроны спинного мозга, управляющие сокращением мышц). Для наглядности можно сказать, что 100 микрон – это 0,1 мм, то есть лишь немного меньше точки в конце этого предложения.

Нейрон снабжен единственным аксоном, выростом тела клетки, который проводит электрические сигналы от него по направлению к терминали аксона. Диаметр аксона может колебаться от 0,2 до 20 микрон. Аксоны клеток, находящихся в головном мозге, могут быть очень короткими, менее 1 мм. Напротив, аксоны расположенных в спинном мозге двигательных нейронов, направляющиеся к мышцам стопы, могут иметь длину до 1 метра и более.

**ВОПРОС:**

---

***Верно ли, что синапсов в головном мозге больше, чем звезд во вселенной?***

**ОТВЕТ:**

---

В человеческом мозге насчитывается 86-100 миллиардов нейронов. Каждый нейрон может образовывать сотни и тысячи связей (синапсов) с другими нейронами. В мозге содержится от 100 до 1000 триллионов синапсов (только в одной коре их около 60 триллионов).

Но даже такое количество синапсов меркнет в сравнении с числом звезд во вселенной. В нашем довольно скромном Млечном Пути, то есть в одной нашей галактике, присутствуют 100 миллиардов ( $10^{11}$ ) звезд. Если умножить  $10^{11}$  на  $10^{12}$  (число обнаруженных галактик), то мы получим полное число звезд во вселенной, которое приблизительно равно  $10^{22}$ - $10^{24}$ . Конечно, число синапсов в мозге велико, но число звезд неизмеримо больше.

### **Библиография**

*Daniels, P., Restak, R., Gura, T., and Stein, L., Body: The Complete Human: How It Grows, How It Works, and How To Keep It Healthy and Strong (Washington, DC: National Geographic Press, 2007).*

*European Space Agency, How many stars are there in the universe, [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/How\\_many\\_stars\\_are\\_there\\_in\\_the\\_Universe](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/How_many_stars_are_there_in_the_Universe), accessed December 15, 2015.*

ВОПРОС:

---

**Увеличивается ли число нейронов после рождения?**

ОТВЕТ:

---

Организм человека отличается поразительной способностью к регенерации. При порезе в коже образуются новые клетки, которые замещают дефект. При переломе кости образуются новые костные клетки, которые помогают восстановить целостность кости. К сожалению, после повреждений мозга новые нейроны, скорее всего, не образуются. Отсюда вытекает необходимость бережно относиться к нейронам, которые у нас есть. Мозг может модифицировать нейронные сети, так сказать, перепрограммировать их в случаях повреждений, но все же лучшая стратегия – это не допускать повреждений и гибели нервных клеток.

Нервные клетки действительно не образуются для устранения повреждений нервной ткани, но в мозге есть отделы, где нервные клетки размножаются и образуются даже у взрослых. Одной из та-

ких областей является гиппокамп, который важен для обучения и памяти. Нейрогенез (создание новых нервных клеток), вероятно, облегчает обучение и улучшает память, правда, пока непонятно, каким образом. Некоторые данные указывают на то, что физическая тренировка ускоряет нейрогенез в гиппокампе и, тем самым, способствует обучению. Таким образом, если хотите иметь больше нервных клеток, то активнее двигайтесь.

ВОПРОС:

*Действительно ли у динозавров было два мозга?*

ОТВЕТ:

Во многих старых книгах было написано, что одному из динозавров – стегозавру – был нужен второй мозг в позвоночнике для того, чтобы лучше управлять движениями массивных задних конечностей и хвоста. Действительно, у стегозавра было утолщение спинного мозга в области задних конечностей, но это был отнюдь не второй головной мозг.

У большинства животных, имеющих конечности, есть утолщения спинного мозга, где находятся нейроны, управляющие движениями передних и задних конечностей (у человека – рук и ног). В этих утолщениях находятся также чувствительные нейроны, получающие информацию о состоянии мышц и положении суставов конечностей. Отчасти, система управления движениями конечностей располагается в спинном мозге и не нуждается во вмешательстве головного мозга. Поблизости от утолщения спинного мозга стегозавра находилось еще одно образование – гликогеновое тело (где, как следует из названия, хранились запасы гликогена). Функция этого тела неясна, но, определенно, оно не было вторым головным мозгом.

ВОПРОС:

---

***Можно ли передвигать предметы «силой» мозга?***

ОТВЕТ:

---

Несомненно! Электрические сигналы, порожденные в головном мозге, могут передаваться в спинной мозг, а оттуда по двигательным нейронам к мышцам направится приказ выполнить то или иное движение. Электрические сигналы головного мозга можно зарегистрировать с помощью электродов, помещенных на кожу головы или введенных в ткань головного мозга. Эти сигналы можно использовать для управления движениями механических конечностей, для контроля работы двигателей или компьютеров (см. обсуждение вопроса о «мозго-компьютерном интерфейсе»).

Вероятно, это не та сила, которая подразумевалась в заданном вопросе. Видимо, имелось в виду следующее: может ли сила мысли каким-либо образом преодолеть воздушное пространство и совершить какое-то механическое действие? Другими словами, возможен ли телекинез? Мы вынуждены вас разочаровать. Слабые электрические сигналы, генерируемые головным мозгом, распространяется очень недалеко от своих источников. Насколько мы знаем, до сих пор не получено убедительных доказательств существования телекинетических способностей.

До 2015 года у любого, кто смог бы продемонстрировать способность «перемещать предметы силой мысли», был шанс получить миллион долларов. Для того чтобы предъявить права на эти деньги, людям надо было обратиться к Джеймсу Ранди, в его лабораторию в Сан-Франциско, и продемонстрировать свои способности. Ранди, вышедший на пенсию в 2015 году, предлагал миллион долларов в течение девятнадцати лет. Деньги эти так и остались на его банковском счете.

### ***Библиография***

*James Randi Educational Foundation, <http://web.randi.org/about-james-randi.html>, accessed January 14, 2016.*



ВОПРОС:

---

*Действительно ли головной мозг использует электричество для передачи своих сигналов?*

ОТВЕТ:

---

Да, для передачи сигналов мозг использует электричество, но производится это электричество совсем не так, как электрический ток, поступающий из настенных розеток (не говоря уже о том, что напряжение мозгового электричества гораздо ниже). Нейроны передают друг другу сигналы электрохимическим способом, и эти сигналы называются потенциалами действия. Электрический ток, которым мы пользуемся в быту, переносят электроны; в головном мозге и вообще в нервной системе ток переносится ионами.

Ионы – это электрически заряженные частицы, и организм использует для генерации тока ионы нескольких типов. За передачу сигналов в нервной системе отвечают ионы натрия, калия, кальция и хлора. Так как мембраны, окружающие нейроны, являются полупроницаемыми, некоторые ионы могут свободно проходить через них, а некоторые – нет. Неравномерное распределение ионов по обе стороны мембраны (внутри и снаружи нейрона) создает электрическую разность потенциалов (электрическое напряжение).

Когда нейрон неактивен, заряд внутри него отрицателен по отношению к заряду вне нейрона, и разность потенциалов составляет приблизительно  $-70$  милливольт. Помимо этой разности электрических потенциалов, существует также разность концентраций определенных ионов внутри и вне нейрона; снаружи выше концентрация ионов натрия, а внутри выше концентрация ионов калия. Из школьного курса физики мы помним, что противоположные заряды притягиваются. Положительно заряженные ионы стремятся выйти в более отрицательно заряженную среду, а частицы всегда стремятся попасть из среды, где их концентрация высока, в среду, где их концентрация ниже.

Потенциал действия, который еще называют спайком или импульсом, вызывается быстрым открытием закрытых до этого раз-

личных ионных каналов. Для возбуждения потенциала действия поступающий к нейрону сигнал открывает ионные каналы, что приводит к массивному поступлению ионов натрия внутрь нервной клетки. Заряд внутренней среды становится положительным (клетка деполяризуется). Когда заряд внутри клетки уменьшается по абсолютной величине на 55 милливольт, нейрон генерирует потенциал действия. Если же заряд не достигает этого порогового значения, то потенциал действия не возбуждается.

В норме первым этапом генерации потенциала действия является открытие натриевых каналов в аксонном бугорке (области нейрона, прилегающей к аксону). Как только это происходит, ионы натрия устремляются внутрь нервной клетки, потому что ионов натрия гораздо больше снаружи, чем внутри. Увеличение концентрации положительно заряженных ионов натрия внутри клетки приводит к деполяризации – на пике потенциала действия потенциал на внутренней стороне мембраны достигает +30 милливольт. В это же время начинают открываться калиевые каналы. Они открываются с небольшой задержкой, но когда это происходит, ионы калия начинают выходить из клетки, потому что концентрация калия внутри клетки больше, чем вне ее. Этот выход ионов калия поляризует нейрон (то есть делает внутреннюю среду клетки отрицательно заряженной). На фоне открытия калиевых каналов начинают закрываться натриевые каналы. Внутренняя среда нейрона снова приобретает заряд -70 милливольт. Однако в силу того, что калиевые каналы пока остаются открытыми, клетка продолжает заряжаться отрицательно, и в какой-то момент потенциал внутри клетки становится ниже потенциала покоя. После закрытия калиевых каналов концентрации ионов возвращаются к исходному уровню, и потенциал снова становится равным -70 милливольт.

Объяснение заняло довольно много времени, и вам может показаться, что процесс деполяризации и реполяризации – достаточно длительный, но, на самом деле, все это происходит в течение нескольких миллисекунд. Тем не менее, этот процесс действительно является достаточно медленным в сравнении со стремительным перемещением электронов в домашних электрических сетях.

ВОПРОС:

---

***Как быстро передаются  
импульсы по нервам?***

ОТВЕТ:

---

Нервные волокна состоят из множества аксонов различных нейронов. Некоторые аксоны очень тонки (меньше 1 микрона в диаметре), а некоторые толще (до 20 микрон в диаметре). Эти толстые аксоны упакованы в изолирующие футляры, называемые миелиновыми оболочками. Толщина нервного волокна и наличие миелиновой оболочки определяют скорость проведения электрических импульсов по аксону. Толстые аксоны проводят сигналы быстрее, чем аксоны тонкие, а аксоны, одетые миелином, проводят сигналы быстрее, чем аксоны, лишенные такой оболочки.

Сигналы по немиелинизированным, тонким аксонам проводятся со скоростью 0,5-2,0 м/с (1,8-7,2 км/час). Такие тонкие аксоны передают в организме сигналы о боли, зуде и температуре. В толстых, покрытых миелиновой оболочкой аксонах, сигналы передаются со скоростью до 120 м/с (431,9 км/час). Аксоны такого рода передают сенсорную (чувствительную) информацию и информацию о состоянии мышц (мышечное чувство).

Вы можете на собственном опыте убедиться в том, что разные сенсорные сигналы распространяются по нервам с разной скоростью. Например, если вы ушибли палец или колено, то сначала возникает ощущение прикосновения или давления. Эти ощущения проводятся по толстым миелинизированным волокнам с большой скоростью. Через несколько мгновений начинает ощущаться боль. Это означает, что импульсы, сигнализирующие о боли и переданные по тонким, немиелинизированным волокнам, тоже, наконец, добрались до головного мозга.