



# БИБЛИОТЕКА ГУТЕНБЕРГА

Илья Мартынов



КАК ОН УСТРОЕН  
И ЧТО С НИМ ДЕЛАТЬ

*Аванта*

Библиотека Гутенберга

Илья Мартынов

**Мозг. Как он устроен  
и что с ним делать**

«Издательство АСТ»

2019

УДК 612.82  
ББК 28.707.3

**Мартынов И. А.**

Мозг. Как он устроен и что с ним делать / И. А. Мартынов —  
«Издательство АСТ», 2019 — (Библиотека Гутенберга)

ISBN 978-5-17-117363-0

В книге раскрываются принципы устройства и работы самого загадочного человеческого органа. Автор последовательно излагает ключевые моменты организации мозга и на их основе объясняет механизмы поведения не только человека, но и социума. Читатель узнает об истоках некоторых наших эмоций, привычек, зависимостей. А также получит ряд практических рекомендаций, как эффективнее использовать свой мозг. Для широкого круга читателей.

УДК 612.82  
ББК 28.707.3

ISBN 978-5-17-117363-0

© Мартынов И. А., 2019  
© Издательство АСТ, 2019

## Содержание

Вместо введения	6
О чем эта книга	8
Часть I. Что такое МОЗГ для нас сегодня	9
Люди-автоматы, или Мозг без тормозов	9
Как мы учимся, или Откуда мозг знает, что ему делать	12
Выбывает тот, кто не успел включиться в работу	16
Зачем мозг отгораживается от всего организма	29
Конец ознакомительного фрагмента.	30

# **Илья Мартынов**

## **Мозг. Как он устроен и что с ним делать**

© Мартынов И. А., текст, 2019

© Фролова Е. А., ил., 2019

© ООО «Издательство АСТ», 2019

\* \* \*

## Вместо введения

В 2007 году француз Матье, 44-летний отец двух детей, обратился в одну из клиник Марселя с жалобами на слабость (парез) в левой ноге. Он сообщил доктору, что в возрасте 14 лет у него уже было нечто подобное, но после лечения, назначенного детскими врачами, слабость прошла. Остальные аспекты, согласно записям в медицинской карте, были в пределах нормы.

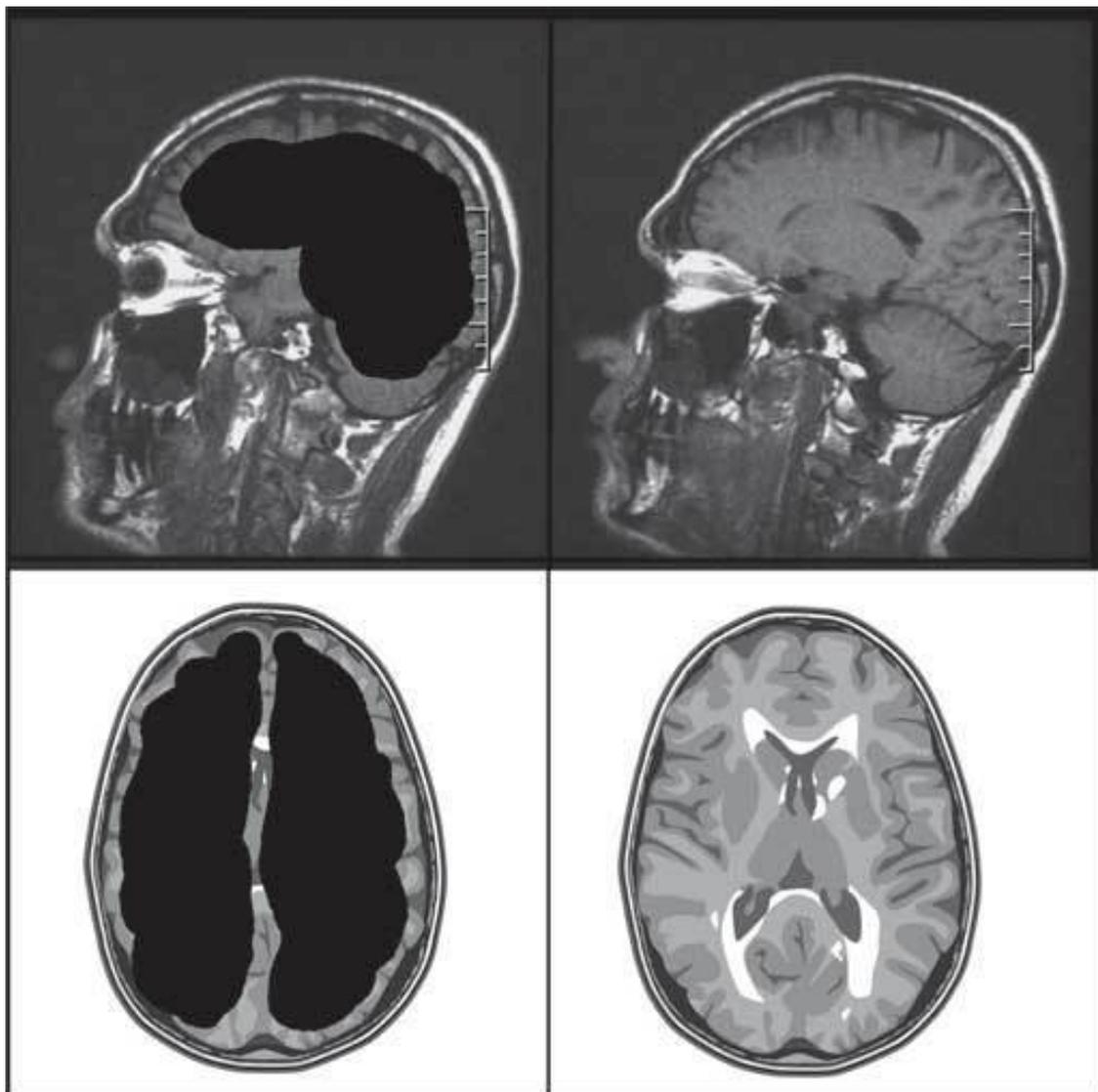


Рис. 1. Слева – мозг Матье (реконструкция), справа – мозг здорового человека

Доктора обследовали ногу Матье, но причин, вызывающих недомогание, обнаружить не смогли. И все же они решили назначить МРТ (магнитно-резонансная томография) головного мозга, чтобы исключить, например, такое страшное заболевание, как рассеянный склероз: оно может уничтожать клетки нервной системы, отвечающие за движения.

То, что обнаружили специалисты в ходе МРТ-исследования, не укладывалось в представления тогдашней нейронауки. В норме весь череп заполнен серым и белым веществом – это ткань мозга. Внутри есть небольшие цистерны с жидкостью. Но у Матье отсутствовало более 80 % мозговой ткани. А сами цистерны расширились, заполнив жидкостью почти весь мозг.

Матье рассказал докторам, что в 14 лет ему сделали шунтирование и откачали жидкость из мозга. Однако впоследствии она снова заполнила черепную коробку мужчины и сдавила его мозг, оттеснив все выжившие клетки к внутренней поверхности костей. То есть, по сути, вот уже более 40 лет Матье жил с «водой» в голове. И это не мешало ему вести вполне нормальный образ жизни. Но как такое возможно? Какие механизмы лежат в основе подобных явлений? Что мы знаем о мозге сегодня? Какова его роль в формировании сознания и механизме принятия решений?

## О чем эта книга

Ответить на эти и другие вопросы можно, если обратиться к последним данным нейробиологии (науки о строении и функциях нервной системы) и когнитологии (науки о познании).

Читая научно-популярные лекции по нейробиологии около восьми лет, я не раз замечал, что людям зачастую сложно построить схему процессов, происходящих в мозге.

Основной задачей этой книги я вижу именно формирование у читателей единой системы представлений о мозге. Как мне кажется, это поможет им лучше понять не только процесс развития нервной системы, но и механизм действия антидепрессантов, нейролептиков и других препаратов. Этому и посвящена первая часть книги.

Во второй части речь идет о мышлении, памяти, внимании, научно обоснованной пользе медитации. Также предложены некоторые практические рекомендации и упражнения.

В третьей части освещены темы, связанные с принятием решений, поведенческой экономикой, нейромаркетингом, настоящим и будущим современных нейрокомпьютерных интерфейсов – устройств, связывающих наш мозг с компьютером, ноутбуком или планшетом, – и других нейротехнологий.

Итак, в этой книге я предлагаю читателям совершить путешествие от базовых принципов работы мозга к нашему поведению, мышлению и современным нейротехнологиям.

Мозг пристально изучают уже на протяжении долгого времени, но еще никогда мы не знали о нем так много, как сегодня. Нейробиология выводит человечество на новый уровень понимания, каково значение каждого индивида в обществе.

Уже сегодня достижения нейробиологии позволяют успешно лечить болезнь Паркинсона препаратом под названием «L-допа». Используя нейротехнологии и знания о пластичности мозга, мы можем достигать значительных результатов в спорте. С помощью нейромаркетинговых исследований международные корпорации выстраивают работу огромных отделов.

В этой книге я хочу рассказать не только о том, что уже используется на практике, но и о том, чего можно ожидать в ближайшее время. В мире, где потоки информации лавинообразно обрушиваются на каждого из нас, человеку уже не обойтись без богатого опыта нейронаук. Только эти знания способны по-настоящему помочь настроить мозг на эффективную работу.

## Часть I. Что такое МОЗГ для нас сегодня

*Когда ум овладеет предметом, слова приходят сами.*  
*Сенека*

### Люди-автоматы, или Мозг без тормозов

Сегодня нам известно, что мозг состоит из миллиардов нервных клеток, связанных друг с другом в сложные сети. Но это знание мы получили относительно недавно.

В Античности про мозг знали не так уж много. Греческие философы вообще не утруждали себя описанием функций мозга. Они принимали его за охладитель, полагая, что он нужен для остужения крови.

В Средние века анатомические исследования практически не проводились из-за строгих религиозных запретов. И хотя вопреки всем запретам врачи все-таки пытались изучать нервную систему, целостной картины представлений о ней не сложилось.

Рене Декарт в XVII веке заложил традицию сравнивать работу нервной системы с работой различных устройств. Сам он уподоблял нервную систему сложной гидравлической машине. Примерно в это же время Томас Гоббс предложил обществу идею о том, что наши мысли являются результатом работы небольших механизмов в мозгу. В XVIII веке, продолжая традицию Декарта, исследователи сравнивали мозг с электрической машиной, в XIX – уже с телеграфом. В 1940-х годах возникла идея сопоставления мозга с компьютером. И она популярна до сих пор. Но на самом деле все эти сравнения ошибочны. Давайте разберемся почему.

В 1863 году была опубликована фундаментальная работа выдающегося русского физиолога Ивана Михайловича Сеченова. Называлась она просто и ясно – «Рефлексы головного мозга». В ней Сеченов развивал идею о так называемых невольных движениях: по сути, он описывал рефлексы в физиологическом смысле этого слова.

Сеченов одним из первых в России заговорил о проблеме автоматических процессов, которые человек не в состоянии контролировать. Они ведь на то и автоматические, запрограммированные природой. Но самые важные выводы, которые сделал величайший физиолог, заключались в другом.

Сеченов установил, что у лягушки, даже если у нее повреждены верхние отделы мозга, сохраняются невольные движения (то есть рефлексы), связанные с отдергиванием лапки. Все мы знаем, что многие рефлексы необходимы для сохранения жизни и здоровья. Например, если человеку что-то попадает не в то горло, у него рефлекторно активируется кашлевой центр. Толчки воздуха при кашле помогают освободить дыхательные пути от инородных тел. Кстати, с этим рефлексом каждый из нас сталкивался во время простуд, сопровождающихся отхождением мокроты. От нее тоже нужно освобождать дыхательные пути. Одаривая нас такими рефлексам, природа словно говорит: «Я все сделаю сама, вы ведь все равно, глупышки, не справитесь». И она действительно перехватывает у нас инициативу. И знаете – обычно неплохо справляется. Сколько бы мы, к примеру, извлекали инородное тело из дыхательных путей пинцетом? Или что случилось бы, если бы мы не заметили, как коснулись горячего утюга или чайника?

Для всех этих случаев природа предусмотрела защитные рефлексы.

Так вот, у лягушки то же самое. Сеченов разрезал мозг лягушки на уровне зрительных бугров (это глубинные структуры мозга, залегающие под корой в его центральной части). Затем измерял, как быстро возникает сгибательный рефлекс, если лапку лягушки раздражать сер-

ной кислотой. После этого ученый накладывал на зрительные бугры кристаллики соли и вновь замерял, как быстро лапка лягушки поджимается к телу, чтобы пресечь контакт с кислотой.

Кристаллы соли выполняли роль раздражителя нервных центров. С ними время реакции постепенно увеличивалось, пока она полностью не исчезала. То есть с солью в мозгу лягушка уже не могла отдернуть лапку. Но как только кристаллики соли снимали и промывали мозг физиологическим раствором, скорость реакции постепенно восстанавливалась (лягушка опять начинала отдергивать лапку).

Этот эксперимент позволил Сеченову сделать важнейший для развития физиологии вывод: торможение – активный процесс, возникающий при раздражении определенных отделов центральной нервной системы (ЦНС).

Это открытие было поистине ошеломляющим. И вот почему. Мы привыкли жить в мире, где работают законы Ньютона, а все движущиеся объекты в конце концов останавливаются. Электропоезд, отключенный от линии передач, или автомобиль с заглохшим двигателем какое-то время двигаются по инерции, но затем они вынуждены останавливаться, потому что на них действуют силы, препятствующие движению (силы трения, сопротивление воздуха и так далее). Таким образом, для нас торможение – это нечто само собой разумеющееся, не требующее каких-то специальных усилий. Вы можете возразить и сказать: а как же экстренное торможение, когда нужно резко остановить автомобиль, несущийся с огромной скоростью по мокрому асфальту? В таком случае торможение требует немалых усилий.

И это отличное замечание!

Похоже, наш мозг работает в режиме экстренного торможения. Потому что **большинство** протекающих в нем процессов как раз связаны с торможением. Мозг тратит массу энергии, чтобы подавлять ненужную активность.

Вдумайтесь в это! У нас в мозге один сплошной тормоз. И кора больших полушарий, расположенная, как крыша, над всем мозгом, постоянно его тормозит. Теоретически, если бы активность двигательных центров не тормозилась, мы бы бегали, размахивая руками и ногами без остановки. Просто потому, что это автоматические процессы, «защитые» в наш мозг программы.

Это как завести механическую куклу. Пока она не завершит танец, пока пружины натянуты, она будет двигаться. Вот и мы двигались бы, как эти куклы, если бы не тормозящее влияние коры больших полушарий.

Другой наглядный пример процесса растормаживания – агония обезглавленной змеи. Если вы хоть раз видели только что обезглавленную змею, то могли заметить, что она продолжала извиваться и даже как будто пыталась уползти. Почему? Потому что мозг (которого уже нет) перестал вытормаживать рефлекс спинного мозга, и они, «обрадовавшись», заработали на полную мощность. Это, конечно, несколько утрированная схема, но в общих чертах все работает примерно так. Резкие изгибы тела обезглавленной змеи – это своего рода автоматические процессы.

Однако, если вы думаете, что это применимо только к таким примитивным животным, как змеи, вы ошибаетесь. Мы все полны автоматизмов, и это огромная проблема, побуждающая нас бездельничать. Проще ведь «скатиться» до выполнения привычных однотипных действий, а не тратить ресурсы на изучение чего-то нового. Но более подробно об автоматизмах мы поговорим во второй части этой книги.

Позднее другой русский физиолог Алексей Алексеевич Ухтомский объяснил результаты Сеченова с позиций учения о доминанте.

Доминанта – устойчивый очаг повышенной возбудимости нервных центров (совокупности большого количества нервных клеток). При этом возбуждения (нервные импульсы), приходящие в центр, способствуют усилению возбуждения в очаге. В это же время в остальной части нервной системы широко наблюдаются явления торможения.

К примеру, вы сидите за компьютером или читаете эту книгу. Ваше внимание полностью направлено на текст. Но вдруг вам что-то попало в нос и сильно захотелось чихнуть. Доминанты тут же смещаются: зуд усиливается, мозг не может вытормозить жизненно важный рефлекс. Доминанта рефлекса чихания начинает преобладать (привет бабуле-природе). И вот вы уже не можете сосредоточить внимание на этих строчках. Мысли заняты одним вопросом: чихнуть или сдержаться. Если возбуждение достигает некоторого предельного значения, организм автоматически с силой выталкивает воздух через носовые ходы (и вы чихаете). Но!

Если вы начнете интенсивно чесать переносицу (наверняка многие знают этот нехитрый прием), доминанты сместятся. И вполне вероятно, что чихательный рефлекс даже на какое-то время угаснет.

Короче говоря, принцип таков: одно возбуждаем – другое тормозится.

Ухтомский объяснил опыт с лягушкой так. В зрительных буграх мозга возникает доминанта возбуждения, которая подавляет действие спинного мозга. Поэтому условный рефлекс со сгибанием лапки перестает работать. Его центры как раз и находятся в спинном мозге.

С помощью учения о доминанте Ухтомский пытался объяснить не только сугубо физиологические аспекты нашей жизни, но и социально-культурные явления.

Ухтомский указывал на то, что есть «низшие» и «высшие» доминанты. «Низшие» отвечают за жизненные функции, связанные с пищевым, оборонительным, половым поведением, тогда как «высшие» доминанты составляют физиологическую основу «акта внимания и предметного мышления».

Ухтомский полагал, что все аспекты человеческого опыта, в том числе культура и наука, подвержены влиянию доминант. Именно с помощью доминант мозг подбирает нам впечатления, образы и убеждения.

*Чтобы овладеть человеческим опытом, чтобы овладеть самим собой и другими, чтобы направить в определенное русло поведение и саму интимную жизнь людей, надо овладеть физиологическими доминантами в себе самих и в окружающих.*

На этот счет в труде «Доминанта и интегральный образ» Ухтомский писал:

Главный принцип – не дурачить самого себя.

А себя как раз легче всего одурачить.

Здесь надо быть очень внимательным.

*Ричард Фейнман*

## Как мы учимся, или Откуда мозг знает, что ему делать

Если говорить более современным языком, Ухтомский описал группы нервных клеток, которые попеременно включаются в работу, отражая текущую деятельность мозга. Когда мы двигаемся, работают моторные структуры мозга (есть даже специальные мотонейроны), а когда мы о чем-то думаем, активны очень обширные области, связанные с вниманием, извлечением информации из памяти.

Но давайте разберемся, откуда клетки знают, что им надо поработать вместе для решения какой-то задачи?

Сеченов и другие исследователи второй половины XIX века активно развивали идею о том, что есть «встроенные» от рождения рефлекторные дуги. Сейчас мы знаем, что их свойства определяются генетикой. В норме эти дуги у всех работают одинаково. Вспомните, как невролог легонько ударял молоточком чуть ниже вашей коленной чашечки... и стопа вдруг сама подлетала вверх. Так происходило потому, что раздражалось сухожилие четырехглавой мышцы бедра (и нога разгибалась).

Причем это правило работает для всех мышц. Если ударить молоточком по сухожилию соответствующей мышцы, она сократится.

И для этого достаточно всего двух нервных клеток: чувствительного и двигательного нейронов. В нервных цепях подобных рефлексов еще включаются вставочные нейроны, но это отдельная огромная тема, поэтому на данном этапе повествования мы ее опустим.

Нейроны устанавливают связи друг с другом еще до рождения человека, в утробе матери. И не просто так. Судьба многих нервных клеток predetermined. Бабуля-природа распорядилась, чтобы некоторые клетки оставались связанными друг с другом на всю жизнь и обеспечили врожденные рефлексы.

Но мы же понимаем, что в процессе жизни мы обучаемся, регулярно узнаем что-то новое, да и новые связи между клетками образуются постоянно.

Иван Петрович Павлов обнаружил удивительное явление – условные рефлексы. Он заметил, что у животных (так же как и у человека) безусловные рефлексы могут сопрягаться с некоторыми раздражителями.

Врожденные дуги (совместно работающие группы клеток) могут вдруг включаться в работу при предъявлении стимула. У собаки есть врожденный безусловный рефлекс, связанный со слюноотделением. Чтобы запустился такой рефлекс, нужен запах пищи (он выступает здесь в роли молоточка невролога). Когда собака ощущает запах мяса, слюна вырабатывается сама, чтобы желудку животного не пришлось справляться с сухим комком пищи (бабуля-природа и тут все автоматизировала). Если же в момент предъявления пищи постоянно подавать какой-то звуковой сигнал (например, звонить в колокольчик), через некоторое время слюна у собаки начнет вырабатываться просто при звоне колокольчика.

Позднее Беррес Фредерик Скиннер, следуя по стопам Павлова, предложил теорию так называемого оперантного обусловливания, когда подкрепляется то спонтанное поведение, которое признается желательным.

Все мы постоянно совершаем ошибки. В детстве кто-то пытался засунуть пальцы в розетку, другие случайно съедали красный перец и потом выпивали литры воды, чтобы заглушить жжение во рту, и так далее. Вряд ли кто-то захочет второй раз притронуться к оголенным проводам или съесть еще немного жгучего перца. Во всех этих случаях реакция организма человека формируется по методу проб и ошибок. И за счет нее закрепляется определенный рефлекс: среда как бы оперирует нашим поведением.

Получается, что, влияя на результат поведения и его последствия, мы можем модифицировать это самое поведение.

Важно отметить, что эта схема используется как при создании государственных систем, так и в управлении. Вообще, с ее помощью можно менять поведение человека в нужном направлении. Например, торговая сеть, чтобы увеличить прибыль, может поощрять продажу определенной категории товаров (например, риса, а не вермишели, предлагая существенные скидки на другие важные товары, которые обычно покупают вместе с рисом). Эта же модель прекрасно работает с детьми, когда нужное родителям поведение (например, усидчивость в школе) подкрепляется сладостями, походом в аквапарк, покупкой нового смартфона и так далее. Подробнее об управлении поведением в нейроэкономических моделях речь пойдет в третьей части книги.

Вслед за Скиннером и Павловым плеяда физиологов ринулась искать те нервные клетки, которые отвечают за обучение. И их нашли!

Мы с вами уже выяснили, что часть клеток в организме человека знает о своей будущей функции изначально. Но есть и другие клетки, специализация которых определяется чуть позже, по результатам опыта конкретного человека.

Для формирования каждого навыка у нас есть физиологические окна возможностей – периоды времени, когда области мозга наиболее восприимчивы к тем или иным стимулам. В один из таких критических периодов и развивается способность нервных клеток зрительной коры хорошо распознавать образ (частично это задано генетикой). Известно, что при рождении у ребенка уже есть предрасположенность в первичной зрительной коре отображать воспринимаемый образ. Наиболее активный рост первичных и вторичных областей зрительной коры происходит до трех лет.

В 2011 году Синдзи Нишимото с коллегами с помощью функциональной МРТ (фМРТ) смогли продемонстрировать, как зрительная кора «видит» различные изображения. Исследователи, конечно, видели не точное отображение объекта, а подобие его силуэта, собранного из совокупности активированных клеток.

Таким образом, по активности мозга можно понять, что видит человек в тот или иной момент.

В действительности исследователи показывали не статичные изображения, а кадры фильмов в динамике, наблюдая при этом изменяющуюся активность.

Тут стоит сделать оговорку. Подобный способ визуализации не является технологией «чтения мыслей». Дело в том, что декодировать сложные комплексные функции (такие как наша речь, мыслительные акты) невероятно сложно. И вот почему.

Природа наделила нас возможностью развивать вторую сигнальную систему (по И. П. Павлову). Эта система называется речевой. Вообще, чтобы подумать о чем-то, нужно сначала назвать это, придумать/подобрать слово. Чтобы сформулировать мысль, нужно скомбинировать слова. Чтобы лучше понять процессы сборки мозгом целостных образов, давайте коротко рассмотрим, как устроены механизмы восприятия и усвоения новых слов.

Наш мозг поделен на огромное количество функциональных областей, но все они работают как единая система. У нас есть первичные области коры, которые воспринимают только один вид информации, например зрительный образ. Есть вторичные и третичные области, они обобщают несколько параметров стимулов. Третичные области называют также ассоциативными: внутри них смешиваются сигналы первичных и вторичных областей (происходит ассоциирование). А это уже позволяет собрать в конечном итоге некий целостный образ. Представляете, как сложно!

Иными словами, в третичных областях коры есть клетки, которые могут ассоциировать друг с другом сигналы, идущие от разных органов восприятия. Эти клетки собирают информацию от слуховых зон, зрительных областей, обонятельной системы.

Поскольку в детстве родители кодировали информацию словами, мы научились сопоставлять с ними образы. К примеру, нам показывают игрушку и называют ее («это – машинка»).

В затылочных областях коры (восприятие зрения) активизируются клетки для распознавания образа игрушки. В височных областях коры (восприятие слуха) – клетки, реагирующие на звуковой стимул (в нашем случае – название игрушки). В ассоциативных областях сопоставляются разные параметры стимула, и так мы получаем общий образ игрушечной машинки, соответствующий определенному внешнему виду, тактильным ощущениям от него, слову «машинка», его звучанию и так далее. Под это дело даже формируется «речевой» нейрон.

По сути, мозг обучается новым словам, используя все те же условные рефлексy, только вместо колокольчика и еды у нас – зрительные образы сложных условно-рефлекторных комплексов. Морковь – оранжевая. Зайчик – с двумя ушками. Чем больше ассоциированных повторений, тем прочнее формируется сеть из связанных клеток в мозге. То есть чем чаще мама говорила вам «смотри, это морковь, она оранжевая», тем крепче это оседало в мозге.

Важно понимать, что любой опыт в некотором смысле «переплавляет» наши связи. Мозг очень пластичен, он, как мягкая глина, подстраивается под среду (оставляя на себе ее отпечатки). Даже читая этот текст, вы перестраиваете связи между клетками мозга.

Более того, в ассоциативных областях коры формируется универсальный способ распознавания образов по ключевым элементам. В детстве мы видели игрушечного зайчика с серыми ушами, в документальных фильмах о природе – настоящего зайца. А еще нам достаточно показать два пальца (имитирующих уши зайца), и мы распознаем привычный с детства образ. Для ассоциативной коры длинные уши и являются этим самым ключевым стимулом. В мозге формируется связанная группа клеток (с контрольным центром в ассоциативной коре), которая реагирует на **любые** типы зайцев. Вот так клетки и работают в ансамбле.

Для того чтобы закрепить понимание того, как функционирует эта данная физиологическая схема, давайте рассмотрим пример поинтереснее. Многие из нас любят пить кофе. И сейчас читатели наверняка ощутили в своем воображении аромат этого напитка. Ассоциативные области собирают информацию из разных отделов мозга. Именно поэтому рисунок чашки с кофе или само слово «кофе» ассоциируются с конкретным ароматом. Запах мы на самом деле не чувствуем, но «речевой» нейрон (при слове «кофе») начинает автоматически привлекать из памяти информацию, связанную с работой обонятельной системы. Это крайне упрощенная схема, но работает все приблизительно так.

Логичным образом возникает вопрос: как мозг отличает реальный запах кофе от воображаемого?

Здесь ситуация чуть сложнее, но полагают, что сигнал подавляется, так как не стимулируются сенсорные системы. Химические раздражители (в виде молекул кофеина) не попадают на обонятельные рецепторы, и мозг не получает от них сигнал. Ассоциативные нейроны коры просто извлекают информацию из памяти. Это позволяет не превращать работу мозга в полную мешанину.

А вот во сне или в случае галлюцинаций торможение информации, приходящей от сенсорных систем, отключается, поэтому мы видим, слышим и чувствуем то, чего нет.

Физиологи в связи с этим любят вспоминать слова великого И. М. Сеченова, который писал:

*Нет никакой разницы в процессах, обеспечивающих в мозгу реальные события, их последствия или воспоминания о них.*

Мы рассмотрели нейрофизиологическую парадигму доминант, которая сформировалась на рубеже XIX–XX столетий. В действительности «учение о доминанте» А. А. Ухтомского не только не потеряло актуальности, но и продолжает развиваться сегодня (хотя и в более современных интерпретациях).

Далее в этой книге мы рассмотрим еще несколько парадигм, чтобы сформировать представление о том, как ученые видят мозг сегодня.

## Выбывает тот, кто не успел включиться в работу

На протяжении большей части своей истории нейронаука придерживалась догмы, что взрослый мозг остается неизменным до старости. Нейробиологи считали, что человек может только терять нервные клетки, но не приобретать их. Однако что думает об этом современная наука?

Чтобы разобраться в этом вопросе, необходимо заглянуть в историю развития нервных клеток мозга.

Головной мозг человеческого эмбриона формируется из нескольких мозговых пузырей, которые образуются в результате деления и перемещения нейронов. У нейронов головного мозга обычно один длинный и множество коротких отростков. Если посмотреть на нейроны в микроскоп, мы увидим, что они напоминают скопления звезд (рис. 2 и рис. 3).

В развитии мозга есть этапы, когда скорость образования клеток достигает 250 тысяч новых нейронов в минуту, то есть 15 миллионов в час. Каждую неделю прибывают миллиарды новых нейронов. Но в какой-то момент создается поистине драматическая ситуация: нейроны внезапно начинают гибнуть с колоссальной скоростью (до нескольких миллионов в час!).

На некоторое время процесс гибели клеток мозга останавливается, а затем запускается вновь. Нейробиологи называют это явление двумя великими волнами гибели нейронов в развивающемся мозге.

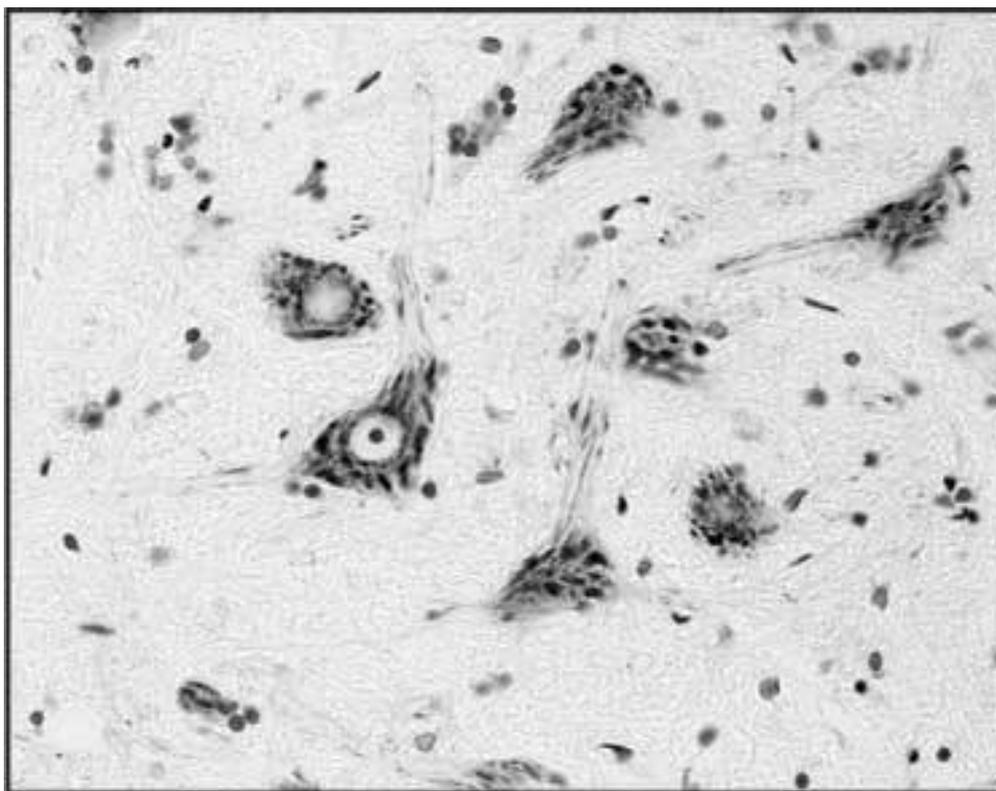


Рис. 2. Окрашенные нейроны, световая микроскопия

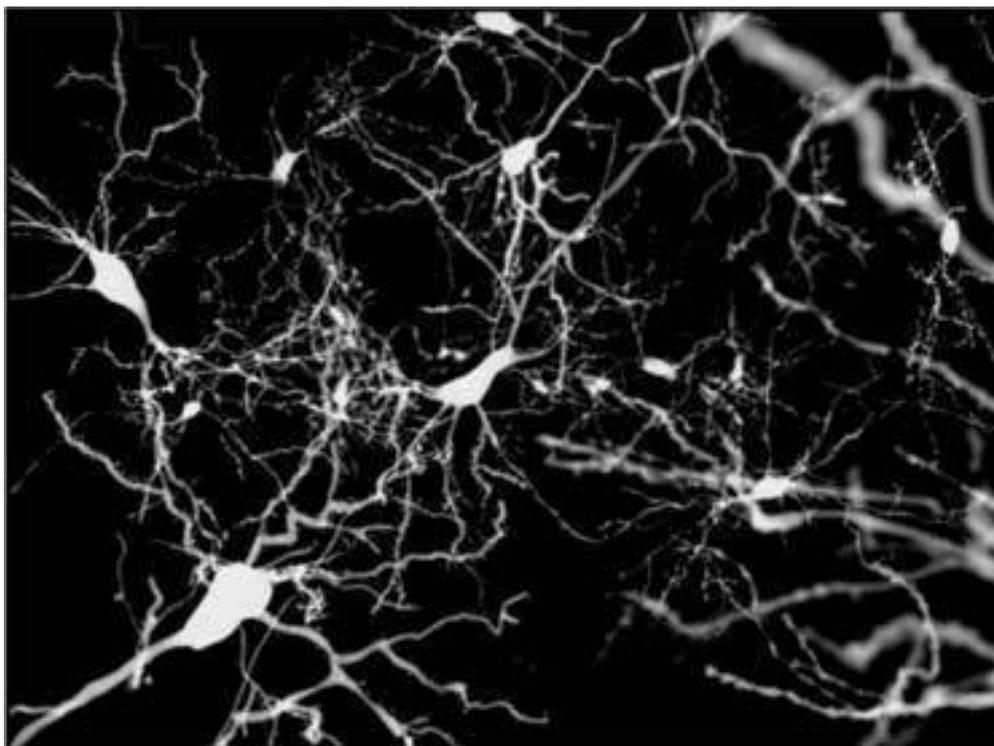


Рис. 3. Окрашенные нейроны, флуоресцентная микроскопия

Более 50 % клеток мозга гибнут еще до рождения ребенка. Благодаря современным исследованиям Сузаны Эркулано-Оузель, мы знаем, что в мозге взрослого человека находится порядка 86 миллиардов нервных клеток. Получается, что в процессе развития плода гибнет более 90 миллиардов нейронов. Только вдумайтесь в эту цифру!

Долгое время было непонятно, почему так происходит. Нам же так нужны клетки, а они вдруг гибнут отчего-то.

В результате серии исследований с применением методов молекулярно-клеточной нейробиологии удалось выяснить, что каждый нейрон должен устанавливать контакты с другими клетками. Если нейрон мозга за отведенный ему срок не сумел установить контакт ни с одной другой клеткой, он втягивает все свои отростки обратно и умирает. В нем буквально активируется программа самоуничтожения, называемая апоптозом.

Открытие потрясло ученых. Зачем уничтожать здоровые клетки миллиардами? Многие пытались объяснить логику поведения клеток. Для ученых, исследовавших сей феномен, открытие было вдвойне пугающим, поскольку считалось, что новым нейронам взяться просто неоткуда.

Лишь к началу 2000-х годов, после детального изучения нескольких тысяч срезов мозга, ряду исследователей удалось сформулировать объяснение этого феномена.

Первая волна гибели клеток связана с тем, что нервная система просто формирует свой размер. Иными словами, чтобы мозг не получился слишком большим и неудобным.

В результате исследований мозга зародышей животных выяснилось, что в утробе среда постепенно берет верх над генетическими программами. Природа «получает сигналы» о том, какие изменения необходимо внести в зависимости от происходящих событий. Любой внешний фактор, действующий на плод, может оказывать воздействие на развитие его нервной системы. Мозг пластично перестраивается под воздействием среды, он адаптируется, готовится к вылазке длиною в жизнь. Факторы могут влиять как на протекание тонких биохимических процессов в мозге, так и на развитие целых структур.

О второй волне гибели клеток речь пойдет чуть позже.

### ***Разлука с матерью приводит к нарушениям в мозге***

Беременность может сопровождаться воздействием неблагоприятных факторов. Доказано, например, что, если во время беременности женщина пребывает в состоянии стресса, это может сказаться на закладке структур гипоталамуса. Что в свою очередь уже может повлиять на мотивационное поведение, работу центров голода и жажды, центров полового поведения.

Немного истории вопроса. В 1989 году в результате народного восстания в Бухаресте произошла антикоммунистическая революция. В стране началась суматоха. Некоторым родителям пришлось отдать своих детей в детские дома. Причем либо сразу после рождения, либо в раннем возрасте.

Чуть позднее в Румынии проводились широкомасштабные исследования последствий пребывания ребенка в детском доме. Это очень известные работы. Возможно, многие из вас о них читали. Но коротко расскажу самую суть. На протяжении 12 лет исследователи наблюдали за 136 сиротами, одну половину из них поместили в семьи, а другую – оставили в детском доме.

Изначально состояние здоровья малышей из обеих групп было примерно одинаковым. И в семьях, и в детских домах исследователи поддерживали схожий уровень финансового благополучия. Но каким-то неясным образом в мозгу детей, оставшихся в детских домах, через восемь лет наблюдений оказалось в несколько раз меньше белого вещества (нервных волокон, проводящих сигналы между участками мозга), чем у тех, кто жил в семьях.

Нехватка белого вещества приводила к возникновению неврологических и психиатрических расстройств, в число которых входила даже шизофрения.

Исследователи предположили, что раз у детей изначально был примерно одинаковый уровень здоровья, значит, сработали какие-то факторы внешней среды.

Но реальность оказалась куда страшнее. Выяснилось, что недостаток внимания к детям со стороны матери (или других близких) в первые полтора-два года вызывает изменения в работе генов.

По одной из теорий, родитель и ребенок – это одна психофизиологическая система (до 12 лет!). Они соединены друг с другом связью, которую обеспечивает гормон окситоцин. Чем чаще мать прикасается к ребенку, поглаживает его, обнимает, тем больше окситоцина вырабатывается в его организме (да и в организме матери тоже). Окситоцин еще называют гормоном дружелюбия.

Но если этого не происходит, если ребенок остается без должного внимания, запускаются биохимические механизмы, которые могут исказить работу генов или просто выключить часть из них. Ничего себе история, не правда ли?

В более поздних исследованиях было доказано, что в подобных ситуациях у детей также чаще развивалась депрессия.

И тут возникает еще один хороший вопрос: получается, что характер ребенка – это гены, на которые влияет среда?

Канадский биолог Майкл Мини изучал, насколько сильно влияет материнская забота на развитие детенышей грызунов в первые недели с момента рождения. Так же, как и в исследовании с детским домом, часть крысят ученый забрал от матери. В норме мать-крыса вылизывает своих детенышей, почесывает, часто их касается. И лишившись такой заботы, крысята вырастали «ненормальными». Мы бы сказали «психически неуравновешенными». Они становились нервными, агрессивными и боязливыми (прятались в самые темные углы).

Все детеныши, получавшие материнскую заботу, развивались как и положено крысам. Они шли на контакт с сородичами, были энергичными, хорошо обучались и справлялись с заданиями. Что же случилось? Почему материнская забота оказала столь сильное воздействие на крысят?

Выяснилось, что у получивших заботу крыс лучше развилась область мозга под названием гиппокамп (она связана с запоминанием информации). Исследуя крыс, не получивших материнской заботы, ученые обнаружили, что внутри ДНК некоторых клеток произошли негативные изменения (в результате химических перестроек часть генов просто были выключены). По этой причине в гиппокампе уменьшилось количество рецепторов, восприимчивых к стрессовым гормонам. Из-за этого нервная система уже не могла адекватно реагировать на внешние раздражители. Иными словами, ситуации, в которых обычные крысы вели себя спокойно, вызывали у потомства, лишенного заботы, неадекватно сильный стресс.

Таким образом, механизм имеет **чудовищно** материалистическую природу. Только вдумайтесь: не заботимся о потомстве – и на ДНК садятся молекулы, блокирующие определенные гены! И мы сразу получаем проблемы с психикой.

Как оказалось, все описанное выше применимо и к человеку. Если в первые месяцы жизни дети лишались родительской заботы или подвергались насилию, они вырастали с какими-либо нарушениями в работе нервной системы. Более того, это формировало склонность к алкоголизму, наркомании, суицидам в их дальнейшей жизни.

У многих детей стрессы в раннем дошкольном возрасте могут быть вызваны болезнями (простудами, краснухой и так далее), режущимися зубами, даже кратковременной разлукой с матерью. Существует эволюционная теория, утверждающая, что мы обучаемся быть в стрессе с рождения. Потому что только дети, способные привлечь мать плачем, смогут получить должную порцию еды или внимания. Так выходит, что с рождения нас приучают к принципу «чтобы получить внимание или еду – надо плакать».

Излишне ранняя разлука с матерью (к примеру, в результате ее ухода из семьи) может служить одной из главных причин развития невроза. Доказано, что многие дети в возрасте от шести месяцев до двух с половиной лет испытывают психологическое беспокойство, если их отдают в ясли. Однако и гиперопека не идет ребенку на пользу: он становится слишком сильно зависим от родителей, что приводит к потере самостоятельности.

Итак, на развитии нашей нервной системы могут сказываться **различные** факторы. Но приведенные примеры показывают, что одним из ключевых является забота матери, близость с ней.

***Вы никогда не задумывались, почему наши с вами головы имеют округлую форму?***

Когда этот же вопрос задают студентам первых курсов биологических и медицинских факультетов, ответы получают самые разнообразные.

Например: «потому что это более обтекаемая форма», «с нее лучше соскальзывают капли дождя», «такая форма позволяет вращать головой в разные стороны», «потому что природа любит шарообразные формы». Последний вариант ответа ближе всего к вероятной истине.

Вы наверняка догадались, к чему этот разговор. Действительно, согласно законам физики и геометрии нашего мира, сфера – это фигура с наименьшей площадью внешней поверхности, но при этом вмещающая в себя наибольший объем. Других таких фигур нет. Именно поэтому звезды, планеты, крупные спутники имеют округлую форму.

Природа часто идет схожими тропинками. Вот и наш мозг эволюция постаралась компактно разместить в округлой голове. Нужно же упаковать 86 миллиардов нейронов! А борозды и извилины – это попытка разместить вещество еще компактнее, сморщив часть сферы. При этом каждая «морщина» имеет свой смысл. Мы еще вернемся к этому вопросу чуть позже.

Мы уже узнали, что первая волна гибели нейронов регулирует размер и без того небольшого мозга. Но зачем же тогда нужна еще одна?

В 1952 году итальянка Рита Леви-Монтальчини перевозила исследуемые образцы опухолей мышей. Ей предстоял длительный 10-часовой полет на южноамериканский континент,

в Бразилию. Добравшись до Рио-де-Жанейро, она обнаружила, что за время полета рядом с фрагментом мышины опухоли разрослись нервные клетки. Леви-Монтальчини догадалась, что есть некая химическая сила, которая заставляет клетки нервной системы расти. Позже в ходе кропотливых исследований ей вместе с талантливым биохимиком Стэнли Коэном удалось выделить белок, который они назвали фактором роста нервов (*Nerve Growth Factor, NGF*).

Сегодня мы знаем, что есть ряд белков, которые подсказывают нейронам, куда именно им нужно отращивать отростки. К каждой мышце должны прийти свои отростки клеток нервной системы. Ведь наш мозг управляет мышцами, железами и другими органами. Благодаря белку, фактору роста, нейрон находит клетку-партнера, с которой он должен связаться (ее также называют мишенью). Мишенью может быть как удаленный нейрон, так и клетка мышцы или органа.

В развивающемся мозге ветвящиеся и переплетающиеся отростки нейронов устанавливают связи с очень высокой точностью. Из-за наличия ряда био-химических молекул (наподобие *NGF*) длинный отросток нейрона, аксон, сразу и без ошибок находит свои мишени. Но в этом процессе есть один нюанс.

Количество молекул фактора роста достаточно ограничено. Оно определяется генетически. А нейрон может удлинять свои отростки, только если получает нужное количество таких молекул.

Представьте себе, что вы отправились за ягодами или грибами в незнакомый лес. Вы шли и развешивали на деревьях метки, чтобы с их помощью найти дорогу домой. Вот вы собрали целую корзину грибов и полное лукошко ягод и теперь идете обратно по своим меткам. И вдруг на середине пути ваши метки обрываются: кто-то специально или случайно их снял. Вы в растерянности и не знаете, куда идти дальше. Для нейрона такими метками служат биохимические молекулы фактора роста, они буквально ведут его к мишени, указывая дорогу. Так же, как человек рискует заблудиться и погибнуть в лесу, нейрон рискует не найти свою клетку-мишень и самоуничтожиться.

В мозге начинается настоящая борьба за ресурсы! Каждый нейрон хочет получить больше биохимических молекул-проводников. Но случается, что некоторые клетки не получают нужное количество молекул фактора роста, они слишком медленно отращивают аксоны. На этом этапе мозгу наиболее важно устранить самых слабых (скажем так – «медлительных»). И клетки, не успевшие связаться с мишенью, гибнут. Выбывает тот, кто вовремя не включился в работу. Вам это ничего не напоминает?

В биологии считается, что самая жесткая конкуренция – внутривидовая. За ресурсы сражаются все: государства, сообщества, отдельные люди. Почему? Потому, что ресурсы не безграничны.

Под ресурсами не обязательно понимается нефть, газ, вода или пища. Это может быть территория, доступ к интернету и даже половой партнер (есть, например, регионы, где больше людей того или иного пола). В мозге ресурсами для нейронов являются проводниковые молекулы фактора роста (и другие молекулы). И в борьбе за них гибнут миллиарды нейронов.

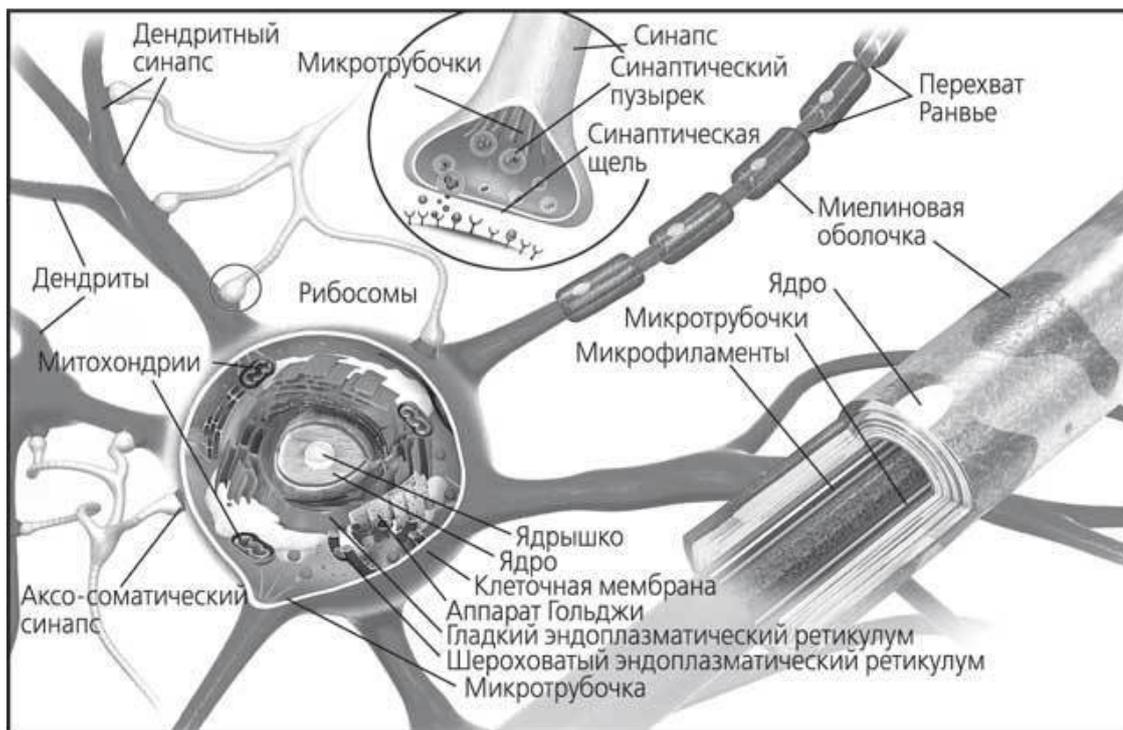


Рис. 4. Схематическое изображение строения нейрона

Отложите книгу на несколько минут и подумайте над этим явлением.

Становится жутковато, когда начинаешь думать о том, что наши собственные клетки сражаются друг с другом за ресурсы! Но мы столкнемся с подобным явлением еще не раз – при рассмотрении других примеров работы мозга. Впереди нас ждут и более впечатляющие факты!

Итак, мы выяснили, что самые цепкие и быстрые нейроны получают достаточное количество факторов роста и успешно формируют связи. Так они и выживают.

### *Связи между нейронами*

Важно сказать несколько слов о том, какие именно связи устанавливают нейроны. Это пригодится в дальнейшем для понимания процессов памяти и внимания.

Давайте кратко рассмотрим строение нервной клетки. На самом деле принципиально нейрон ничем не отличается от любой другой клетки.

Содержимое нейрона помещено в мембрану, состоящую из двух слоев липидов (жироподобных молекул) с погруженными в них белками. Представьте себе двухслойный полиэтиленовый пакет, заполненный водой, в которой плавают овощи. Так вот, мембрана по толщине сопоставима с полиэтиленовым пакетом (с поправкой на масштаб). А овощи представляют собой органойды (по сути, это внутренние органы клетки). Жидкость клетки называют цитоплазмой.

Вы, возможно, удивитесь, но в состав мембраны клетки входит холестерин. Да, тот самый, о вреде которого так много говорят уже не первое десятилетие. На самом деле холестерин жизненно важен и вопрос о его вреде и пользе намного сложнее, чем считалось ранее. Из молекул холестерина синтезируются некоторые гормоны. Влияет он и на обмен веществ. А также выполняет структурную функцию, являясь частью клеточной мембраны. Именно поэтому важно, чтобы мы получали с питанием правильные жиры (например, жирные кислоты омега-3).

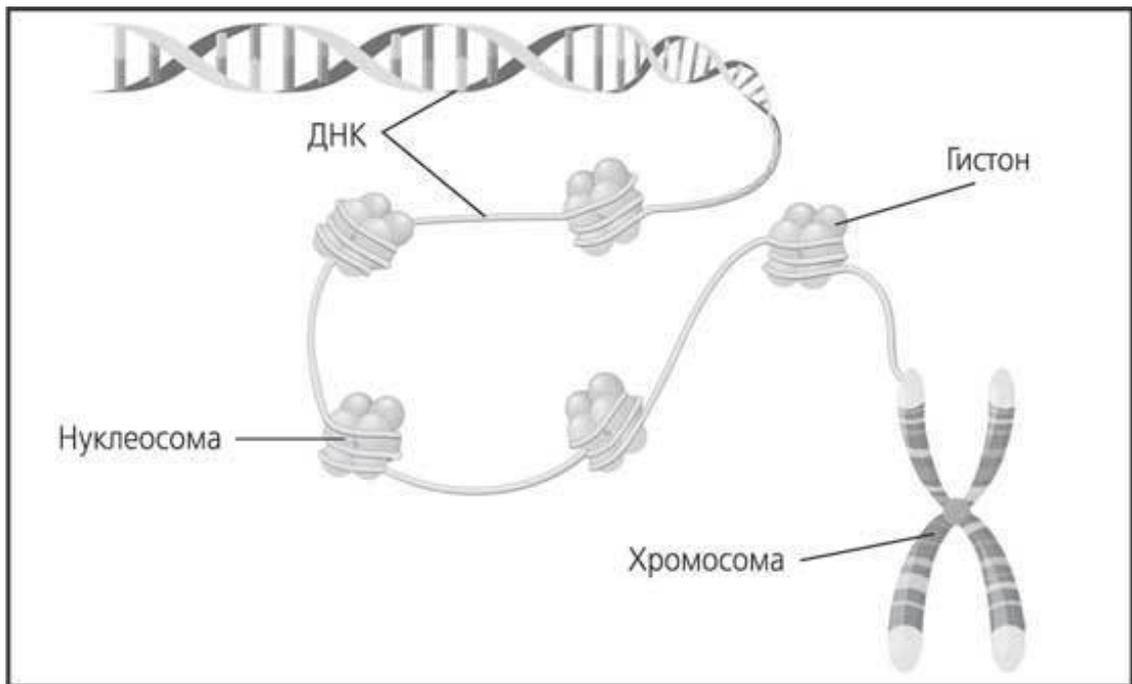


Рис. 5. Накручивание ДНК на катушки (или нуклеосомы), состоящие из белков гистонов

В цитоплазме, обычно ближе к центру клетки, размещается ядро с хромосомами. Это упакованные с помощью белков гистонов молекулы ДНК. На эти белки молекулы ДНК спирально накручиваются, как на катушки, а затем еще несколько раз укладываются (рис. 5). Если распутать молекулу ДНК и вытянуть в нить, ее длина составит около двух метров!

Вокруг ядра находятся органоиды клетки, синтезирующие белок (их называют рибосомами). Также в клетке есть аппарат Гольджи – структурный комплекс, похожий на набор микроскопических цистерн. В аппарате Гольджи к белкам присоединяются молекулы сахаров, остатков ортофосфорной кислоты. Все это нужно для того, чтобы в дальнейшем белки могли работать в разных частях клетки и выполнять специфические функции.

Белки – главные строительные элементы организма. По сути, гены (последовательности внутри ДНК) кодируют информацию о белках, а белки выполняют практически все физиологические функции в нашем организме. Они транспортируют кислород, строят соединительные и мышечные ткани организма, увеличивают скорость химических реакций. Ферменты – тоже белки. И ряд гормонов является белками.

Вы можете удивиться, но на самом деле информация о наших внешних признаках (цвет глаз, структура волос, рост, величина мышечной массы и так далее), записанная в ДНК, – это своего рода программа для строительства белков. Наш внешний вид и поведение – это белки! Даже память и внимание – белки!

В общем, с этого белкового корабля нам никуда не деться. Мы и есть этот корабль с ног до головы.

На рис. 6, схематично показаны матричные (связанные с ДНК) процессы в клетке. Они называются так, потому что молекула ДНК выполняет роль матрицы-шаблона, с которой считывается информация.

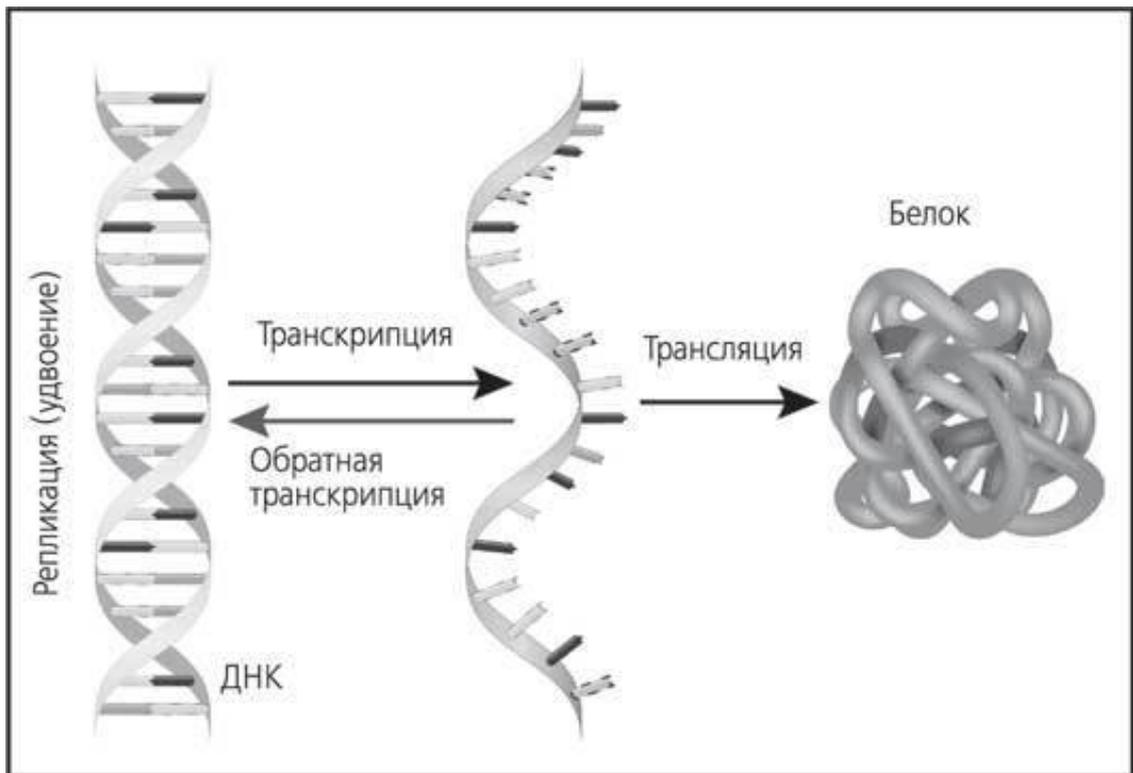


Рис. 6. Матричные процессы в клетке

Мы видим, что с ДНК синтезируется РНК. Затем с этой самой молекулы РНК (она выступает матрицей-шаблоном) на органоидах-рибосомах происходит синтез белка. Запомните эту схему, мы еще вернемся к ней чуть позже, когда будем говорить о памяти.

Также в нейроне есть митохондрии. В них синтезируются молекулы, снабжающие клетку энергией.

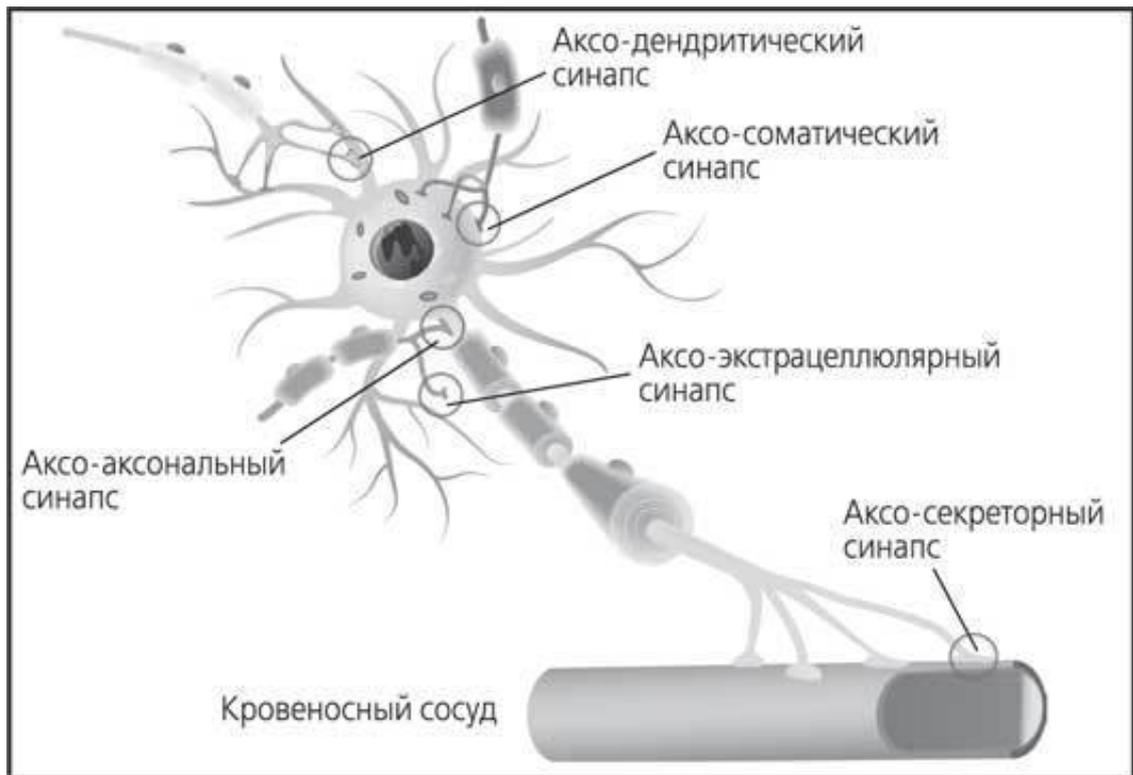


Рис. 7. Схематическое изображение разных типов синаптических контактов (шипики)

Органоиды в нейроне работают на то, чтобы клетка могла создавать новые отростки и синтезировать ряд важных веществ.

Нервные клетки связываются друг с другом различными путями. Большинство нейронов передают сигнал друг другу с помощью электрических и химических структурных соединений – синапсов. Иногда в популярной литературе синапсы называют шипиками. Еще в мозге эмбриона нервные клетки в первую очередь отращивают именно шипики (синапсы) (рис. 7).

Чаще всего в нервной системе встречаются химические синапсы.

Химический синапс – место, где мембраны двух нейронов располагаются очень близко друг к другу, но при этом напрямую не соприкасаются (рис. 8).

В некоторых случаях синапс может состоять из мембраны нейрона и мембраны другой клетки (которую он обычно активирует). Одним из примеров является нервно-мышечный синапс. Это путь, по которому мышце передается команда действовать. Отросток нейрона отправляет импульс к синапсу, и в результате мышца сокращается.

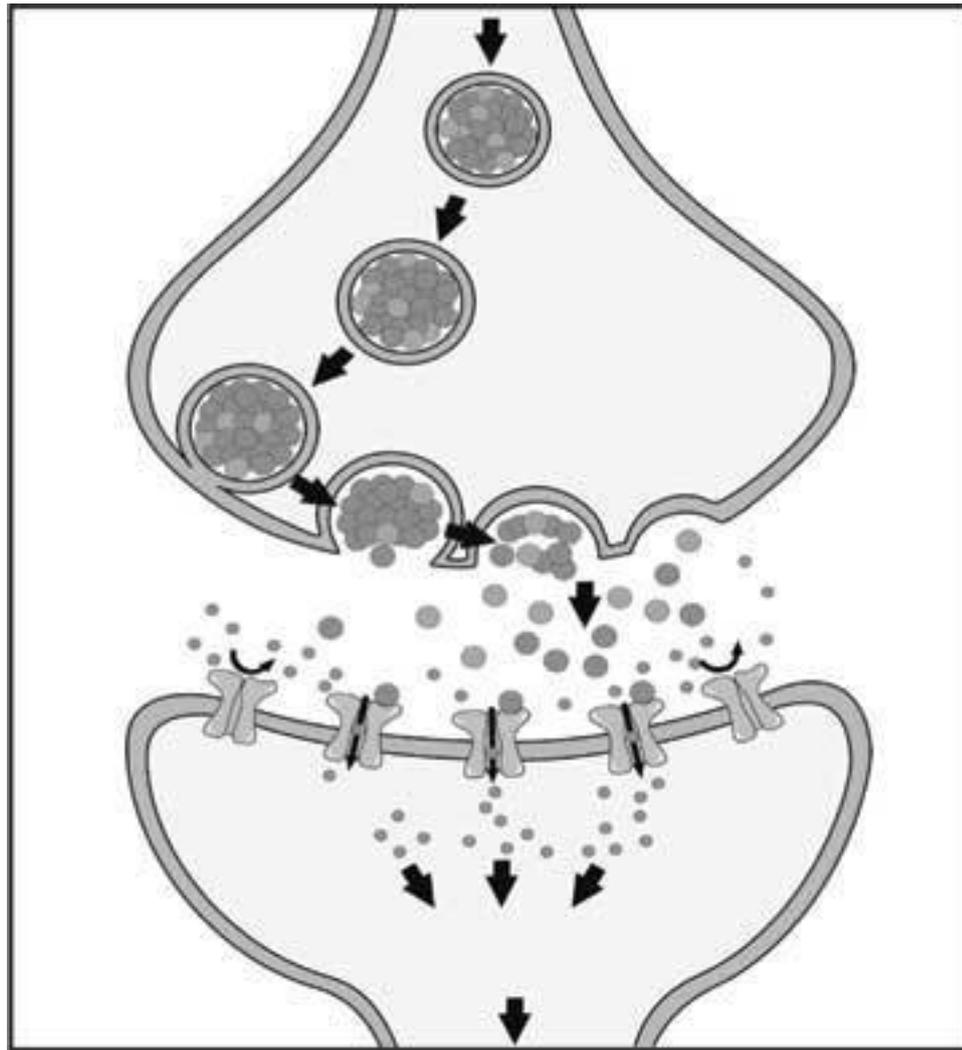


Рис. 8. Строение синапса (схема)

На рис. 8 мы видим, что в месте контакта мембраны имеют специальные утолщения. Они похожи на своеобразные присоски. Между мембранами есть пространство: его называют синаптической щелью. Ширина синаптической щели может достигать около 40 нанометров (нм). Это совсем немного. Для сравнения: ширина двойной спирали ДНК около 2 нм. Получается, что ширина синаптической щели в 20 раз больше и, соответственно, в нее умещается только 20 молекул ДНК. А ведь туда еще надо «загрузить» молекулы нейромедиатора...

Чтобы запустить процесс передачи нервного импульса, необходимо вещество-посредник – его называют нейромедиатором. В синаптическую щель из отростка передающего нейрона выбрасывается нейромедиатор. Он связывается с молекулами-рецепторами на поверхности отростка принимающего нейрона подобно тому, как замок сочетается с ключом. Это и есть передача информации через синапс.

Связывание нейромедиатора с рецепторами приводит к тому, что в мембране отростка принимающего нейрона открываются специальные поры (каналы), пропускающие заряженные частицы (ионы). Из-за этого возникает изменение мембранного потенциала (формируется разность зарядов на внутренней и внешней поверхности мембраны). Волна возбуждения следует далее, перемещаясь по мембране отростка нейрона. Попеременно открываются и закрываются каналы на все более удаленных участках по ходу отростка. Каждый последующий участок возбужденной мембраны как бы заставляет соседа изменить заряд. Так и происходит перемещение нервного импульса по отростку нейрона дальше к другой клетке.

Это очень упрощенная схема, но она показывает, что в таком контакте передача возбуждения происходит иначе, чем, например, в электрических проводах. Здесь нужны биохимические молекулы – нейромедиаторы. Они как раз и открывают поры, регулирующие потоки заряженных частиц.

Но есть и электрические синапсы. Их совсем немного в нервной системе человека.

В электрическом синапсе мембраны двух нейронов располагаются очень близко друг к другу, и синаптическая щель узкая – менее 4 нм. Это в 10 раз меньше, чем у химического синапса. Поэтому в таких контактах возможно возбуждение мембраны соседнего нейрона и передача импульса от одного нейрона к другому напрямую, без посредника.

Пожалуй, единственное преимущество электрических синапсов перед химическими состоит в том, что они проводят нервные импульсы быстрее. Однако в некоторых случаях сигнал может ослабевать.

В химических синапсах используются разные нейромедиаторы в разном количестве, и вместе с тем могут открываться поры для различных ионов. Все это позволяет более тонко настраивать передачу информации. Именно поэтому подавляющее большинство наших синапсов химические.

Каждый день в первые месяцы после рождения в мозге ребенка возникают миллионы новых синапсов. 86 миллиардов нейронов выбрасывают ответвления, как щупальца, в поисках многочисленных отростков других клеток для передачи сигналов.

Например, синаптическая плотность (количество контактов) в зрительной коре достигает своего пика приблизительно в возрасте 9–15 месяцев. Затем она снижается, приближаясь к уровню взрослого человека.

Параллельно с образованием новых синапсов в мозге происходит уничтожение старых (прунинг). Наиболее активно этот процесс протекает в возрасте до 11–13 лет (до начала полового созревания). Прунинг позволяет стабилизировать уже имеющиеся нейросети. Такая обрезка синапсов на физиологическом уровне также обеспечивает процессы обучения.

Образование новых синапсов и их разборка происходят неравномерно, но с некоторой периодичностью. Мозг сотрясают последовательные волны производства и уничтожения синапсов. Каждая волна связана с определенным критическим периодом развития. Это своеобразные физиологические окна возможностей для обучения. Полагают, что в эти моменты мозг наиболее восприимчив к обучению разным типам деятельности: ходьбе, речи, чтению, сложным движениям и так далее.

Физиологические окна имеют свойство закрываться за счет приостановки создания (и разборки) синапсов. Так, если ребенок не слышал достаточное количество речи в возрасте до 3–4 лет, потом практически невозможно научить его полноценно разговаривать. Отсюда и возник описанный еще в XIX веке феномен детей-маугли.

Между 7 и 12 годами происходит последний крупный всплеск образования синапсов. В этот период наблюдается существенный прирост серого вещества коры головного мозга. Собственно, тела клеток и синапсы в коре мозга и есть серое вещество.

В период между 12 и 13 годами, помимо разборки старых синапсов, мозг избавляется и от большого числа нейронов.

Именно к 11–13 годам мы наблюдаем особые изменения в мышлении и поведении подростков. Дети становятся совершенно **другими**.

Профессор Гарвардского университета Говард Гарднер предложил весьма емкое и функциональное определение зрелости: «Момент, когда лишние клетки ликвидированы и изначально необходимые синаптические связи полностью установлены».

После 11–13 лет количество синапсов начинает стремительно уменьшаться. На снимках МРТ мы отчетливо видим, как снижается количество серого вещества. Особенно это выражено в возрасте 18–20 лет. Длинные отростки нервных клеток (аксоны) обволакивает жироподобное

вещество – миелин. Так вокруг аксонов формируются своего рода изолирующие капсулы. Это как резиновая изоляция электрического провода. Только в случае с аксонами есть одно отличие: изоляция из миелина не сплошная – остаются оголенные участки (перехваты). Импульс на самом деле не бежит, а как бы перескакивает от одного перехвата к другому. Поэтому энергия нервного импульса не рассеивается, а движется скачками напряжения.

Итак, взрослый мозг = меньше синапсов + много миелина

Подобное строение аксона увеличивает скорость распространения нервного импульса с 0,5 до 120 метров в секунду! Такой мозг начинает значительно эффективнее связывать разные части нервной системы друг с другом. Отсюда мы получаем выигрыш в скорости обработки информации и быстроте реагирования.

Согласно одной из теорий, у вундеркиндов процесс образования миелиновых оболочек происходит быстрее, чем у других детей. По этой причине их мозг раньше становится «взрослым», что внешне проявляется в их поведении.

### *Гиперсвязанность, или Найти дорогу к дому*

Говоря простым языком, рецепторам изначально все равно (или почти все равно), куда отправлять информацию. Когда ребенок смотрит на тарелку с кашей, его глаза могут отправлять сигналы не только в зрительную кору (затылочная область), но и в слуховую (височная область). Возникает функциональная синестезия, то есть смешение потоков восприятия. В таком случае ребенок не только видит тарелку, но и «слышит» ее. По мере взросления у малыша постепенно усиливаются связи между глазами и зрительной корой. Одновременно с этим идут процессы разборки синапсов, постепенно выстраивающие пути зрительного и слухового восприятия. Так глаза обучаются только видеть, не «вмешивая» в информационный поток звук.

Есть люди, у которых способность «слышать» предметы зрением сохраняется во взрослом возрасте. Предполагают, это обусловлено тем, как еще в эмбриональном периоде (и раннем детстве) строились связи от органов чувств.

Таким образом, мозг можно представить в виде города, в котором множество домов и бесчисленное количество дорог. Представьте: однажды вы ушли в гости к новому знакомому и потом долго не могли найти путь назад. Вы стерли ноги, прошли сотни дорог, пока наконец не обнаружили свой дом (нужный вам нейрон). Вы постарались запомнить маршрут, чтобы впредь не теряться. И стали чаще ходить одной и той же дорогой. Постепенно другие дороги перестали для вас существовать.

Обнаружив однажды самую удобную и быструю дорожку, мозг постепенно разбирает другие. Причем нужную дорогу он всячески облагораживает, расширяет. И это не просто образное сравнение: мозг действительно может расширять дороги. Как вы догадались, под дорогами мы понимаем связи между клетками. Такие нужные синапсы способны за счет пластичности перестраиваться, становиться объемнее и толще. Прунинг потом уберет ненужные связи.

Развитие мозга заканчивается приблизительно к 25 годам. В этот период прекращается образование миелиновых оболочек (изоляторов) вокруг отростков нервных клеток. Основные цепи построены и стабилизированы. Лобные доли, обеспечивающие высшие познавательные функции, окончательно сформированы.

В этом возрасте мозг на пике своего могущества. Примечательно, что Исаак Ньютон сделал практически все крупные открытия в возрасте до 25 лет! Далее же он занимался лишь дополнениями и расширениями уже открытых им (и другими учеными) закономерностей.

С другой стороны, в науке немало примеров, когда ученые совершали прорывные открытия и в более позднем возрасте. Но даже в этих случаях можно предположить, что,

согласно современной нейрофизиологической концепции, основные интеллектуальные функции и навыки у людей были сформированы в возрасте до 25 лет.

Однако не печальтесь. Хотя ваш мозг и пройдет пиковую стадию развития в 25 лет, это не значит, что нужно опускать руки. Возможно, вам осталось совсем чуть-чуть до главного достижения, и за счет имеющихся профессиональных навыков, отточенных до предела, вы за несколько лет достигнете цели. Да, вероятно, до 25 лет мозг максимально гибкий и податливый, но после этого рубежа он еще долго может служить вам и окружающим как эффективный инструмент. Главное – не запускать ситуацию. В мозг необходимо постоянно загружать качественную информацию, позволяющую «пересобирать» имеющийся опыт и выработать новые навыки.

Я полагаю, что путь в науку, да и в философию, только один: встретить проблему, увидеть, как она красива, и влюбиться в нее; обвенчаться с нею и жить счастливо, пока смерть не разлучит вас, – если только вам не суждено будет увлечься другой, более красивой проблемой или отыскать решение первой.

*Карл Поппер*

## **Зачем мозг отгораживается от всего организма**

Помимо проводящих возбуждение синапсов, клетки нервной системы формируют структуру мозга с помощью других типов контактов. Для соединения друг с другом они используют плотные контакты, названные так из-за близкого прилегания клеток друг к другу в этом месте. По строению они схожи с электрическими синапсами.

В области плотного контакта мембраны нейронов находятся на расстоянии 3–5 нм. Это создает барьер для проникновения больших молекул. Таким образом, клетки химически изолированы друг от друга. Через такие контакты нервный импульс не передается.

В 1885 году немецкий врач Пауль Эрлих ввел краситель в кровь крысы и обнаружил, что все внутренние органы окрасились, а мозг нет.

Его ученик Эдвин Голдман провел похожий эксперимент, однако он ввел краситель непосредственно в спинномозговой канал. В результате мозг окрасился в синий цвет и весь краситель оставался в нем. При этом остальные органы не окрасились.

На основе полученных данных Голдман предположил, что между мозгом и кровью (омывающей все органы) существует барьер – своего рода стена. Получалось, что мозг, словно иноземец, отгораживался от остального организма. Но зачем?

В 1898 году врачи-исследователи Артур Бдиль и Рудольф Краус показали, что при введении желчных кислот в кровеносное русло опасных последствий для мозга не возникало. Но прямая инъекция в ткань мозга вызывала кому. Иными словами, токсический эффект.

В 1921 году швейцарская и советская исследовательница Лина Штерн в сообщении женевскому медицинскому обществу писала:

*Между кровью с одной стороны и спинномозговой жидкостью с другой есть особый аппарат, или механизм, способный просеивать вещества, обыкновенно присутствующие в крови или случайно проникшие в нее. Мы предлагаем называть этот гипотетический механизм, пропускающий одни вещества и замедляющий или останавливающий проникновение других веществ, гематоэнцефалическим барьером.*

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.