



УДК 611  
ББК 28.706  
М74

*Перевод с английского Ю. Капустюк  
Под редакцией Анил Сет*

М74 **Мозг** / [пер. с англ. Ю. Капустюк; под ред. Анил Сет]. — М. : РИПОЛ классик, 2014. — 160 с. : ил.

ISBN 978-5-386-07013-7

*Данное издание опубликовано в 2013 г. издательством Metro Books по разрешению Ivy Press Limited. Все права защищены. Любое копирование, размещение в поисковых системах либо воспроизведение текста в любой форме и любыми средствами (электронными, механическими, фотокопирующими, записывающими и прочими) без письменного разрешения правообладателей запрещено. Данная книга составлена, оформлена и опубликована издательством Ivy Press Limited, The Old Candlemakers, West Street, Lewes, East Sussex BN7 2NZ, UK*

**УДК 611  
ББК 28.706**

ISBN 978-5-386-07013-7  
© 2013 by Ivy Press Limited.  
Данное издание опубликовано в 2013 г. издательством Metro Books по разрешению Ivy Press Limited  
© ООО Группа Компаний «РИПОЛ классик», 2014

*Научно-популярное издание*

## **Мозг**

Генеральный директор издательства  
*С. М. Макаренков*

Директор редакции *С. Полякова*  
Шеф-редактор *Е. Олейник*  
Младший редактор *А. Хацаева*  
Выпускающий редактор *Е. Крылова*  
Художественное оформление:  
*Н. Дмитриева*  
Компьютерная верстка: *А. Дятлов*  
Корректор *Л. Мухина*

Creative Director *Peter Bridgewater*  
Publisher *Jason Hook*  
Editorial Director *Caroline Earle*  
Art Director *Michael Whitehead*  
Designer *Ginny Zeal*  
Illustrator *Ivan Hissey*  
Picture Research *Jamie Pumfrey*  
Glossaries Text *Anil Seth*  
Profiles Text *Viv Croot*

*Издание содержит научную / научно-техническую / статистическую информацию. В соответствии с пунктом 2 статьи 1 Федерального закона от 29.12.2010 г. № 436-ФЗ знак информационной продукции не ставится.*

Подписано в печать 18.11.2013 г.  
Формат 180×230. Гарнитура «Futuralight»  
Усл. печ. л. 12,9  
Тираж 3500 экз.  
Заказ № 2374

Адрес электронной почты: [info@ripol.ru](mailto:info@ripol.ru)  
Сайт в Интернете: [www.ripol.ru](http://www.ripol.ru)

ООО Группа Компаний «РИПОЛ классик»  
109147, г. Москва, ул. Большая Андроньевская, д. 23

Отпечатано в 1010 Printing International Limited  
26/FI, 625 King's Road  
North Point, Hong Kong  
Tel:(852) 8226 1010 Fax:(852) 2156 8039

# СОДЕРЖАНИЕ

- 6 Предисловие
- 8 Введение
- 13 **Строение мозга**
- 14 ГЛОССАРИЙ
- 16 Нейроны и глиоциты
- 18 Нейромедиаторы и рецепторы
- 20 Генетика нервной системы
- 22 Портрет: САНТЬЯГО РАМÓN-И-КАХАЛЬ
- 24 Основы архитектуры мозга
- 26 Мозжечок
- 28 Развитие мозга
- 30 Эволюция мозга
- 33 **Теории о мозге**
- 34 ГЛОССАРИЙ
- 36 Локализация функций
- 38 Обучение по Хеббу
- 40 Искусственные нейронные сети
- 42 Код нейронной сети
- 44 Портрет: ДОНАЛЬД ХЕББ
- 46 Мозговые волны
- 48 Нейродарвинизм
- 50 Байесовский мозг
- 53 **Картирование мозга**
- 54 ГЛОССАРИЙ
- 56 Нейропсихология
- 58 Сканирование мозга
- 60 Коннектом человека
- 62 Оптогенетика
- 64 Портрет: УАЙЛДЕР ПЕНФИЛД
- 66 Состояние покоя
- 68 Левое полушарие против правого полушария
- 70 Стимуляция мозга
- 73 **Сознание**
- 74 ГЛОССАРИЙ
- 76 Трудная проблема сознания
- 78 Сон и сновидения
- 80 Портрет: ФРЭНСИС КРИК
- 82 Нейронные корреляты сознания
- 84 Воплощенное сознание
- 86 Сознание и интеграция
- 88 Намерение и «свободная воля»
- 90 Мозг под анестезией
- 92 Кома и вегетативное состояние
- 95 **Восприятие и действие**
- 96 ГЛОССАРИЙ
- 98 Как мы видим цвета
- 100 Слепое зрение
- 102 Синестезия
- 104 Сенсорное замещение
- 106 Не замечая очевидного
- 108 Как мы поднимаем чашку кофе
- 110 Портрет: ОЛИВЕР САКС
- 112 Синдром чужой руки
- 115 **Познание и эмоции**
- 116 ГЛОССАРИЙ
- 118 Мозг запоминающий
- 120 Мозг и эмоции
- 122 Мозг и воображение
- 124 Портрет: ПОЛЬ БРОКА
- 126 Мозг и речь
- 128 Метапознание
- 130 Принятие решений
- 132 Зеркальные нейроны
- 135 **Изменения в мозге**
- 136 ГЛОССАРИЙ
- 138 Нейрогенез и нейропластичность
- 140 Тренировка мозга
- 142 Мозг и личность
- 144 Стареющий мозг
- 146 Мозг при паркинсонизме
- 148 Портрет: РОДЖЕР СПЕРРИ
- 150 Мозг шизофреника
- 152 Мозг и медитация
- ПРИЛОЖЕНИЯ
- 154 Источники
- 156 Об авторах
- 158 Алфавитный указатель
- 160 Благодарности

# СТРОЕНИЕ МОЗГА



## СТРОЕНИЕ МОЗГА

### ГЛОССАРИЙ

**Аксон.** Длинный отросток, отходящий от тела (сомы) нейрона и передающий информацию (в виде нервного импульса) к другим нервным клеткам. В каждом нейроне содержится не более 1 аксона. Как правило, аксон расщепляется на несколько ветвей, которые соединяются с дендритами других нейронов.

**Ствол головного мозга.** Эволюционно наиболее древняя часть головного мозга. Мозговой ствол отвечает за регуляцию жизненно важных функций организма, в частности дыхания. Поскольку через ствол головного мозга проходит множество нервных волокон, повреждение этой области может иметь тяжелые последствия.

**Кора головного мозга.** Слой серого вещества, покрывающий полушария головного мозга и имеющий борозды и извилины. Серое вещество — нервная ткань темного цвета, состоящая преимущественно из тел нейронов. Белое вещество состоит главным образом из аксонов, покрытых миелиновой оболочкой белого цвета. В каждом полушарии выделяют четыре доли: лобную, теменную, затылочную и височную, — в которых расположены зрительная, слуховая, двигательная зоны, зоны вкуса и обоняния, речи, кожной чувствительности.

**Дендриты.** Короткие, дихтомически ветвящиеся отростки нейрона. У каждого нейрона множество дендритов, которые через синапсы могут быть связаны с аксонами соседних нервных клеток. Дендриты принимают поступающие сигналы и передают их в тело (сому) клетки.

**Лобная доля.** Доля, расположенная в передней части полушария и отделенная от теменной доли центральной бороздой; наиболее развитый отдел головного мозга человека. Лобные доли (по одной на каждое полушарие) отвечают за принятие решений, планирование, память, волевое поведение и ощущение человеком своего «Я».

**Гиппокамп.** Образование в форме морского конька, расположенное глубоко в височных долях. Гиппокамп отвечает за создание и хранение воспоминаний, а также за поддержание ориентации в пространстве. Повреждение этой области может привести к серьезной амнезии, особенно это касается эпизодической памяти.

**Миелиновая оболочка.** Электроизолирующая оболочка, которой покрыты аксоны многих нервных клеток. Предотвращает рассеивание нервных

импульсов и тем самым увеличивает их скорость прохождения. Миелиновую оболочку образуют глиальные клетки: в центральной нервной системе — олигодендроциты; в периферической — шванновские клетки.

**Затылочная доля.** Задняя доля каждого полушария отделена от теменной доли теменно-затылочной бороздой. Затылочные доли включают в себя зоны, отвечающие главным образом за зрение. Повреждение затылочных долей может привести к слепоте.

**Обонятельная система.** Сенсорная система, отвечающая за восприятие, передачу и анализ обонятельных ощущений; у людей развита хуже, чем у многих животных. Импульсы от расположенных в носу обонятельных клеток передаются по нервным волокнам к обонятельной луковице на нижней поверхности лобной доли.

**Теменная доля.** Доля каждого полушария, ограниченная от лобной доли центральной бороздой, от затылочной — теменно-затылочной бороздой, от височной — латеральной бороздой. В теменной доле находится зона кожной и проприоцептивной чувствительности.

**Клетки Пуркинье.** Одни из самых крупных и сложных нейронов мозга с очень активными дендритами. Находятся в большом количестве в мозжечке. Клетки Пуркинье отвечают в том числе за точную двигательную координацию.

**Синапсы.** Место контакта нейронов, где происходит передача и преобразование импульса. В этом немаловажную роль играют нейромедиаторы — биологически активные вещества, которые выделяются из окончаний нервных клеток.

**Височная доля.** Доля каждого полушария, ограниченная от лобной и теменной долей латеральной бороздой. Играет важную роль в распознавании объектов, создании и хранении воспоминаний.

**Таламус, или зрительный бугор.** Парное образование яйцевидной формы, расположенное над стволом мозга. В специфические ядра таламуса поступает вся сенсорная информация, кроме обонятельной, которая затем передается в соответствующую зону коры. Через ассоциативные ядра таламус связан с другими отделами головного мозга.

# НЕЙРОНЫ И ГЛИОЦИТЫ

## Мозг за 30 секунд

### БЛЕСТЯЩАЯ ИДЕЯ ЗА 3 СЕКУНДЫ

В кубическом миллиметре серого вещества содержится 4 км нейронных сетевых соединений.

### МОЗГОВОЙ ШТУРМ ЗА 3 МИНУТЫ

Хотите быть стройным? Мозг составляет всего 2 % веса вашего тела, но потребляет 20 % вашего ежедневного «рациона» энергии. Тренировать мозг — занятие очень энергоемкое. Около двух миллионов лет назад самая «думающая» часть коры головного мозга начала быстро увеличиваться в размере и выросла втрое. В процессе эволюции у человека появились когнитивные способности, и большая их часть управляется одним-единственным ферментом, который перезаряжает батарейки, снабжающие энергией нервные импульсы.

### Ваши нейроны (ваши шарики

и ролики, если хотите) — это клетки мозга, отвечающие за обработку информации. У вас примерно 90–100 миллиардов нейронов, но ни один из них не имеет ни малейшего представления о том, кто вы такой. Однако, общаясь между собой через сети из миллиардов соединений, нейроны волшебным образом формируют ваше ощущение самих себя. Сообщения от других нейронов приходят к телу нейрона по его коротким отросткам (дендритам) через специальные контакты под названием синапсы. Сообщения к другим нейронам отправляются по длинным тонким волокнам (аксонам) в виде закодированных электрических зарядов (нервных импульсов). Добравшись до синапса, импульсы запускают процесс высвобождения биологически активных веществ, называемых нейромедиаторами. С помощью нейромедиаторов сигнал передается дальше — к постсинаптической клетке. Вот как в своей основе работает мозг. Но это еще не все. Нейроны работают правильно лишь в том случае, если омываются нужной смесью химических веществ. Это условие выполняют глиальные клетки, количество которых превосходит количество нейронов в соотношении 50:1. Они перерабатывают использованные нейромедиаторы и защищают мозг от инфекций.

### РОДСТВЕННЫЕ ИДЕИ

НЕЙРОМЕДИАТОРЫ И РЕЦЕПТОРЫ (с. 18)

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ (с. 40)

### 3-СЕКУНДНЫЕ БИОГРАФИИ

САНТЬЯГО РАМОН-И-КАХАЛЬ (1852–1934)

Создал учение о нейроне как структурной единице нервной системы

ВАЛЬТЕР НЕРНСТ (1864–1941)

Объяснил, как клетки вырабатывают электрическое напряжение

БЕРНАРД КАЦ (1911–2003)

Предложил квантовую гипотезу высвобождения нейромедиаторов

### АВТОР ТЕКСТА

Майкл О'Ши

*На каждый нейрон приходится 50 более низких по статусу, но жизненно необходимых глиальных клеток.*

# НЕЙРОМЕДИАТОРЫ И РЕЦЕПТОРЫ

Мозг за 30 секунд

## Нейромедиаторы передают

сигналы между нейронами, на короткое время возбуждая или подавляя их электрическую активность. Они хранятся в маленьких сферах под названием синаптические пузырьки (везикулы). Под воздействием импульсов везикулы выпускают свое содержимое в синаптическую щель между передающими (пресинаптическими) и принимающими (постсинаптическими) нейронами. После чего нейромедиаторы захватываются специальными белками (рецепторами), каждый из которых предназначен лишь для одного вида нейромедиаторов. Существует множество нейромедиаторов и еще больше рецепторов. Зачем их столько? В конце концов, если нейромедиаторы служат посредниками всего в двух простых функциях — возбуждение и подавление, то двух медиаторов и их рецепторов точно должно хватить? Однако все не так просто. Многие нейромедиаторы могут вызывать переключение (на ВКЛ. и ВЫКЛ.) важных генов, вызывающих долгосрочное изменение в нейронных и синаптических свойствах. Зависит ли от этих изменений наша память? Возможно, но мы еще далеки от полного понимания сложного химического языка мозга.

### БЛЕСТЯЩАЯ ИДЕЯ ЗА 3 СЕКУНДЫ

При проведении нервного импульса медиаторы, вырабатываемые в нейронах, выделяются в синаптическую щель и связываются с рецепторами пре- или постсинаптических мембран.

### МОЗГОВОЙ ШТУРМ ЗА 3 МИНУТЫ

Оксид азота, ядовитый газ, стимулирует выброс нейромедиаторов в синаптическую щель во время прохождения нервного импульса. Более того, она сама выступает в роли нейромедиатора, другими словами при ее участии возможна передача импульса непосредственно с одного нейрона на другой. Эта «несинаптическая» передача импульсов играет важную роль в создании долгосрочной памяти.

### РОДСТВЕННАЯ ИДЕЯ

НЕЙРОНЫ И ГЛИОЦИТЫ (с. 16)

### 3-СЕКУНДНЫЕ БИОГРАФИИ

ОТТО ЛЁВИ (1873—1961)

Первым описал химическую передачу нервных импульсов

ГЕНРИ ДЕЙЛ (1875—1968)

Сформулировал так называемый принцип Дейла: один нейрон — один нейромедиатор

БЕРНАРД КАЦ (1911—2003)

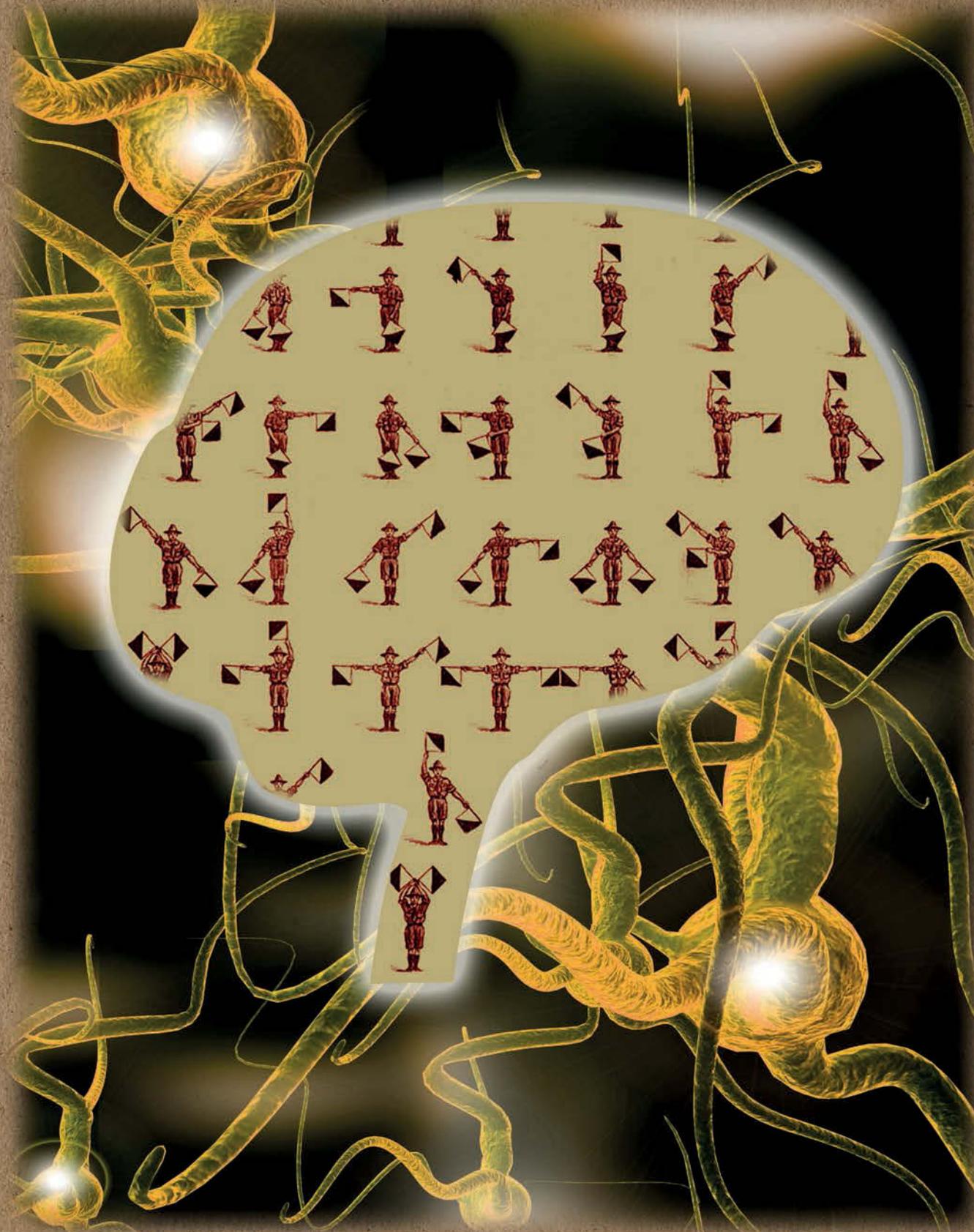
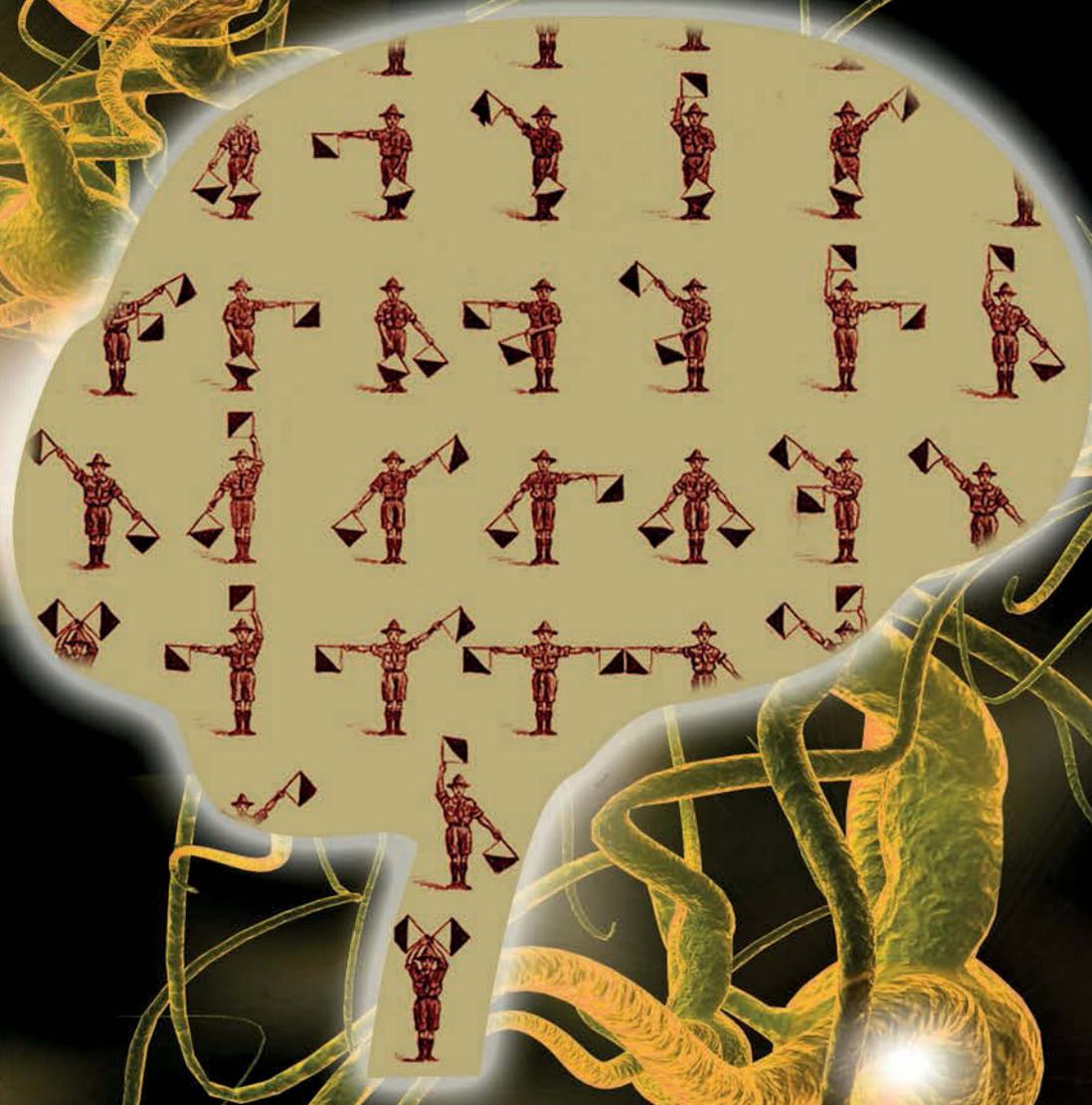
Предложил квантовую гипотезу высвобождения нейромедиаторов

### АВТОР ТЕКСТА

Майкл О'Ши

*Пока вы размышляли над тем, что заказать — пиццу или тако, в вашем мозге происходила замысловатая передача сигналов через синапсы.*





# ГЕНЕТИКА НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

## Мозг за 30 секунд

### БЛЕСТЯЩАЯ ИДЕЯ ЗА 3 СЕКУНДЫ

Мозг использует 70 % из наших 22 000 генов. Те, что влияют на синаптическую функцию, особенно важны, поскольку их активность может регулироваться опытом.

### МОЗГОВОЙ ШТУРМ ЗА 3 МИНУТЫ

Гены играют важную роль в поведенческих и психических расстройствах, таких, как аутизм, СДВГ, депрессия, биполярное расстройство и шизофрения. Эти заболевания считают различными с клинической точки зрения, но недавние исследования показали, что у них одни и те же генетические факторы риска. Идентификация общих генетических причин целого ряда психических нарушений поможет обнаружить лежащий в основе этого молекулярный механизм, ответственный за душевные болезни. Это стало бы важным этапом в развитии профилактических средств.

### Ген — это «комплекс правил»

в ДНК для создания белка. В геноме человека содержится около 22 000 генов. Несмотря на то что белки — существенные детали и рычаги в функционировании всех нейронов, ни одной клетке не нужны все 22 000 генов. Поэтому нейроны включают только те гены, которые необходимы для их собственных потребностей. Когда потребности меняются, различные гены включаются или выключаются. Такая меняющаяся модель активных генов особенно заметна в функционировании синапсов. Это важно, поскольку изменение соединений в нейронных цепях позволяет нам учиться на опыте. Взгляните на нейронную цепь, которая обнаруживает потенциально опасного сенсорного раздражителя. Если опасность сохраняется, для поддержания бдительности потребуются усиленные соединения цепи. Чтобы этого достичь, с концов нейронов (из синапсов) выпускаются сигналы к ядрам, и там ДНК получает приказ включить требуемые гены. Затем новые белки, укрепляющие синапсы, возвращаются обратно к тем синапсам, которые их заказали. Таким образом, в то время как гены несомненно влияют на функцию мозга, тот факт, что на них могут влиять меняющиеся вокруг нас обстоятельства, освобождает наше поведение от жесткой генетической запрограммированности.

### РОДСТВЕННЫЕ ИДЕИ

НЕЙРОНЫ И ГЛИОЦИТЫ (с. 16)  
ЭВОЛЮЦИЯ МОЗГА (с. 30)  
МОЗГ ШИЗОФРЕНИКА (с. 150)

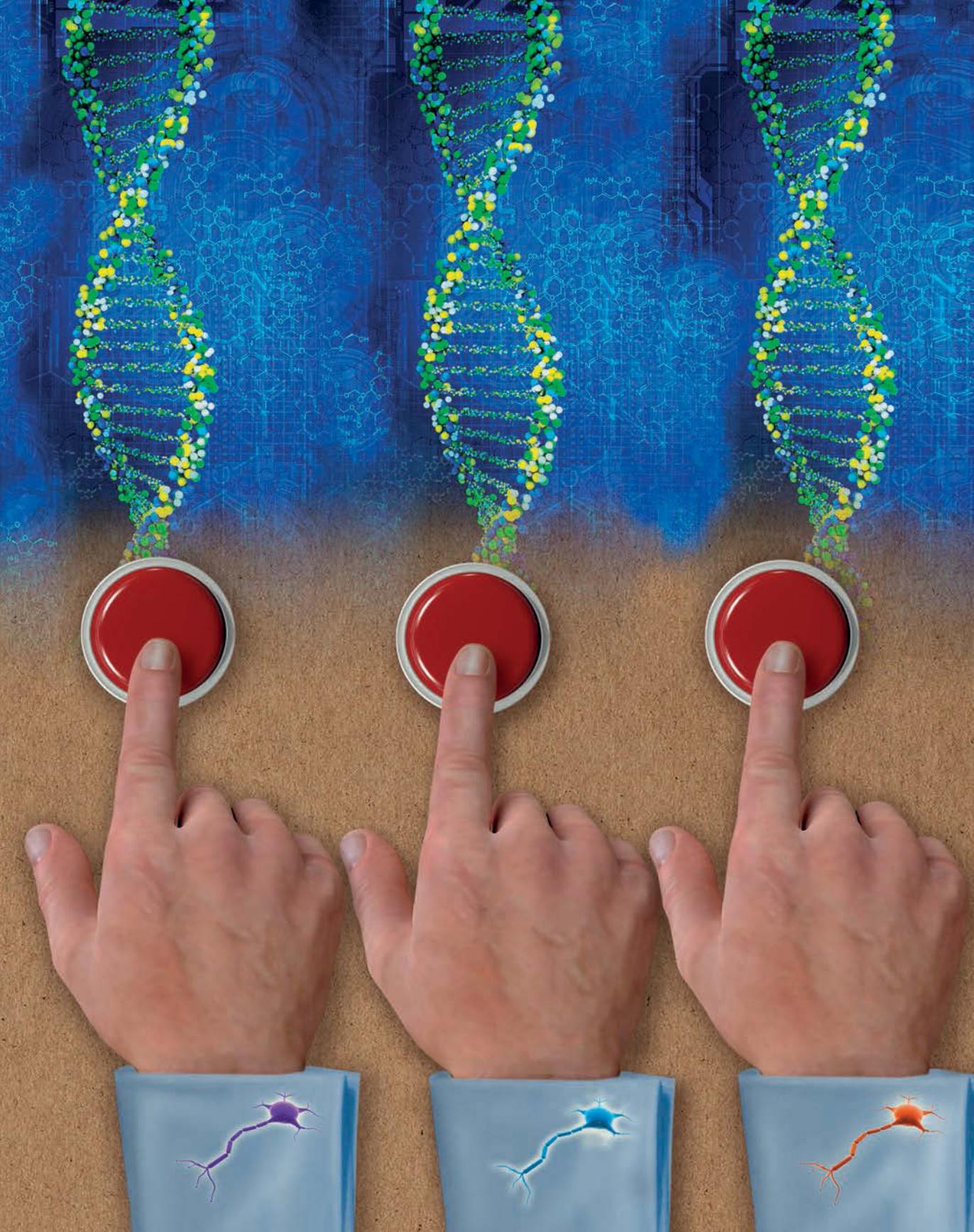
### 3-СЕКУНДНЫЕ БИОГРАФИИ

ФРЭНСИС КРИК  
И ДЖЕЙМС УОТСОН  
(1916—2004 и р. 1928)  
В 1962 году получили Нобелевскую премию за определение структуры ДНК

### АВТОР ТЕКСТА

Майкл О'Ши

*Нейроны включают и выключают гены, заказывая в случае необходимости протеиновый материал.*



---

**1 мая 1852**

Родился  
в Петилья-де-Арагон,  
Испания

---

**1873**

Окончил медицинскую  
школу в Университете  
Сарагосы

---

**1874—1875**

Работал военным  
врачом, сопровождал  
экспедицию на Кубу

---

**1883**

Получил должность  
профессора анатомии  
в Университете Валенсии

---

**1888—1894**

Опубликовал  
*«Ежеквартальный  
обзор нормальной  
и патологической  
гистологии»*, сборник  
статей с результатами  
систематического  
гистологического  
исследования нервной  
системы

---

---

**1901**

Назначен директором  
Биологической  
исследовательской  
лаборатории, которая  
в 1922 году была  
переименована  
в Институт Кахаля

---

**1906**

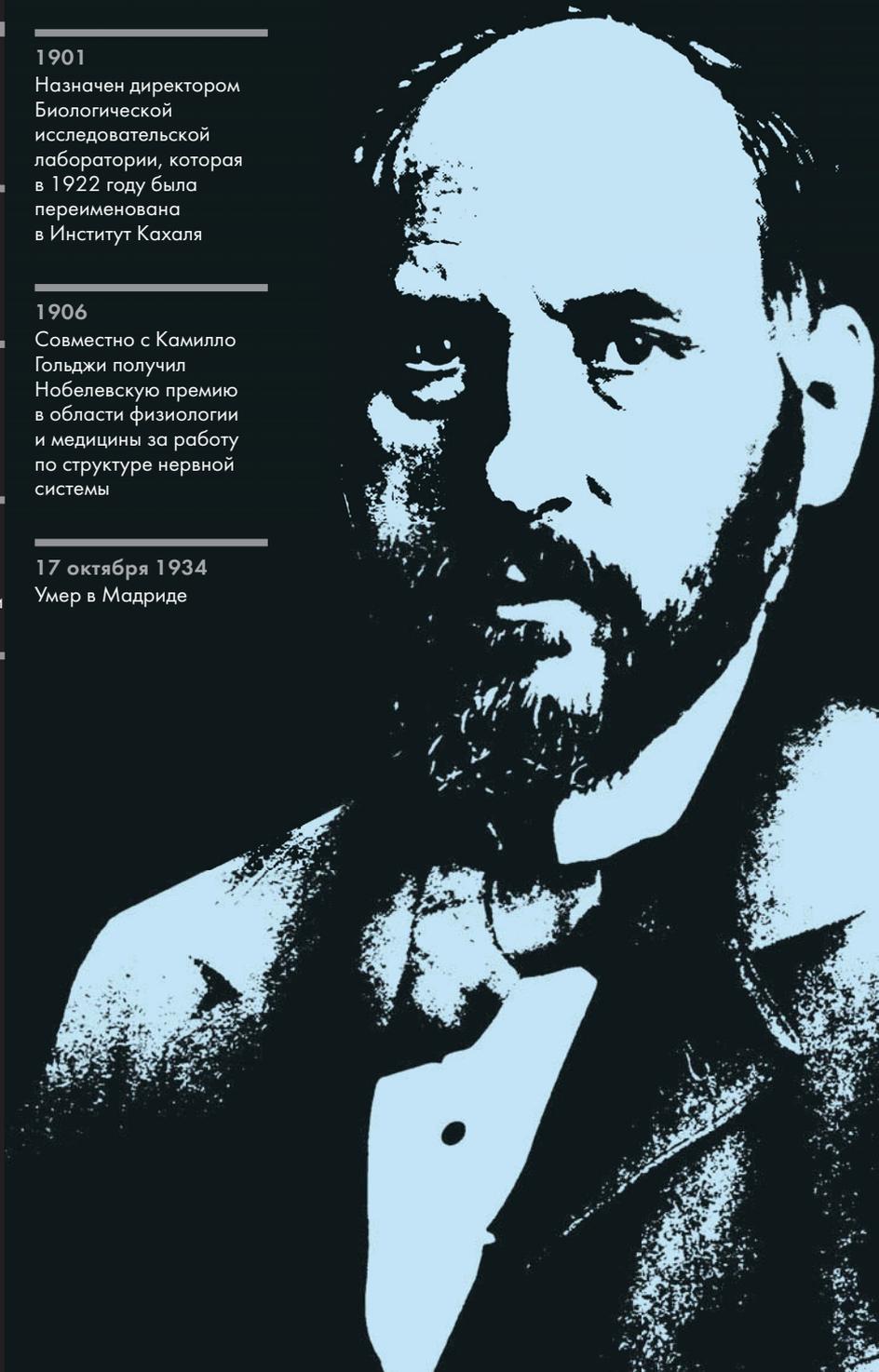
Совместно с Камилло  
Гольджи получил  
Нобелевскую премию  
в области физиологии  
и медицины за работу  
по структуре нервной  
системы

---

**17 октября 1934**

Умер в Мадриде

---



# САНТЯГО РАМОН-И-КАХАЛЬ

**Признанный многими как осно-**воположник современной нейробиологии, юный Кахаль изо всех сил старался держаться дальше от медицины. Он хотел быть художником, но его отец (профессор анатомии) был непреклонен в своем желании видеть сына врачом. После малоприятного, но полезного обучения на сапожника и парикмахера Кахаль, наконец, обратил свой взор к анатомии и в 1873 году получил медицинскую лицензию. Спустя десятилетие он стал профессором анатомии в Валенсии.

Занимаясь анатомическими исследованиями, Кахаль не оставлял своего увлечения живописью. Возможно, именно глаз художника позволил ему сделать величайшее открытие. В 1887 году, теперь уже в Университете Барселоны, он увидел безупречно окрашенные диапозитивы клеток мозга, выполненные итальянским физиком Камилло Гольджи, и распознал то, что просмотрели другие. До того времени нервная система считалась единой сетью (в виде петли). Однако Кахаль, изучая картинки Гольджи, понял, что нервная система состоит из отдельных клеточных компонентов (нейронов). Это была верная интерпретация, позволившая

рассматривать нейроны в качестве структурных единиц, которые могут создавать многочисленные синаптические соединения. Кахаль четыре года изучал этот только что открытый феномен и в результате ввел в научный оборот принцип динамической поляризации, определивший функциональные различия между аксонами и дендритами. Согласно этому принципу, импульсы поступают в нейрон по дендритам, а выходят по аксону. Этот материал в сопровождении тщательно выполненных рисунков Кахаль опубликовал в выдающемся труде *«Ежеквартальный обзор нормальной и патологической гистологии»*, влияние которого на научное сообщество сравнимо с работой Дарвина *«О происхождении видов»*. Предоставив невероятно подробное и тщательное описание структуры и функций нейронов, Кахаль внес значительный вклад в создание нейронной доктрины, предложенной немецким анатомом Генрихом фон Вальдейер-Гарцем. За свои исследования Кахаль получил множество наград, в том числе в 1906 году Нобелевскую премию в области физиологии и медицины, которую он разделил с Гольджи.

# ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРЫ МОЗГА

## Мозг за 30 секунд

### БЛЕСТЯЩАЯ ИДЕЯ ЗА 3 СЕКУНДЫ

Грубо мозг можно разделить на три основные части: полушария; промежуточный мозг, включающий в себя таламус; мозговой ствол.

### МОЗГОВОЙ ШТУРМ ЗА 3 МИНУТЫ

Сейчас мы воспринимаем как само собой разумеющееся, что мысли возникают в мозге, но так было не всегда. Даже после того как во II веке н. э. Гален продемонстрировал важность мозга, потребовалось более тысячелетия, чтобы эта точка зрения была окончательно принята. Еще в XVII веке английский философ Генри Мор сказал, что в человеческом мозге столько потенциала мысли, сколько в «миске прокисшего молока».

### Представьте, что вы только что

взяли в руки типичный мозг весом 1,36 кг. Внешняя, похожая на губку ткань — это кора головного мозга. Присмотритесь к кажущемуся беспорядочным узору из борозд на ее поверхности — и вы увидите несколько более глубоких линий. Эти отметины указывают на деления между долями коры полушарий: лобными спереди, височными рядом с ушами, теменными на макушке головы и затылочными сзади. Поднимите мозг над головой, и снизу вы увидите мозговой ствол, который отвечает за регуляцию таких жизненно важных функций, как дыхание и частота сердечных сокращений. Также обратите внимание на расположенный рядом и похожий на цветную капусту мозжечок. Наблюдаемый вами мозговой ствол является продолжением спинного мозга. Теперь мысленно отделите друг от друга два полушария, чтобы открыть внутренние структуры, в том числе верхушку мозгового ствола, которую называют средним мозгом. Выше расположен яйцевидный таламус, ретрансляционная станция мозга. Почти вся сенсорная информация поступает сюда, прежде чем быть переправленной в кору головного мозга. На традиционном языке анатомии мозговой ствол — это продолговатый, задний и средний мозг, таламус — часть промежуточного мозга, а полушария — конечный мозг.

### РОДСТВЕННЫЕ ИДЕИ

НЕЙРОНЫ И ГЛИОЦИТЫ  
(с. 16)

МОЗЖЕЧОК  
(с. 26)

РАЗВИТИЕ МОЗГА  
(с. 28)

ЛОКАЛИЗАЦИЯ  
ФУНКЦИЙ  
(с. 36)

ЛЕВОЕ ПОЛУШАРИЕ  
ПРОТИВ ПРАВОГО  
ПОЛУШАРИЯ  
(с. 68)

### 3-СЕКУНДНАЯ БИОГРАФИЯ

ГАЛЕН  
(129–210/216 н. э.)

Доказал, что головной и спинной мозг являются «средоточием движения, чувствительности и душевной деятельности»

### АВТОР ТЕКСТА

Кристиан Джарретт

**Мозг — много-  
функциональное  
«устройство»;  
работает  
на органическом  
топливе.**