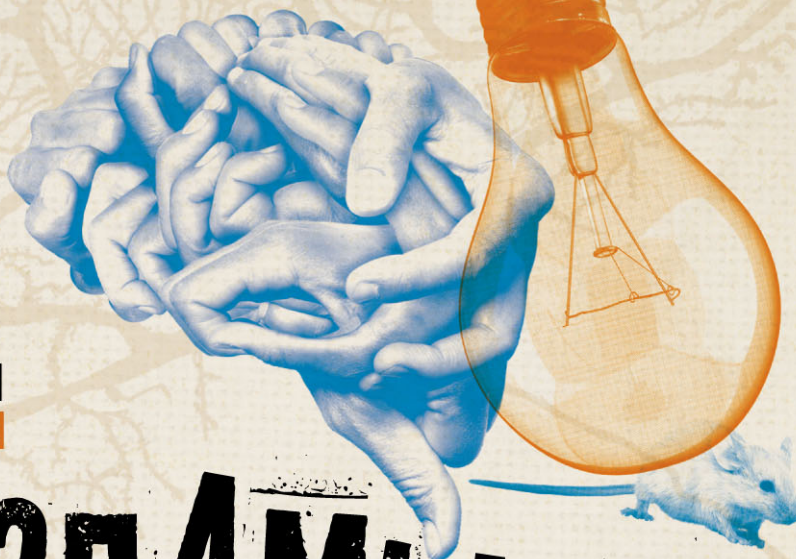


ДЖОН  
ТЁРНИ

ВЗДАМЫВАЯ  
МОЗГ



УДК 612.82  
ББК 28.707.3  
Т35

**Jon Turney**  
**CRACKING NEUROSCIENCE**

First published in Great Britain in 2018 by Cassell, a division of Octopus Publishing Group Ltd, Carmelite House, 50 Victoria Embankment, London, EC4Y 0DZ.

www.octopusbooks.co.uk

Edited and designed by Whitefox All rights reserved.

Jon Turney asserts the moral right to be identified as the author of this work.

Печатается с разрешения издательства Octopus Publishing Group Ltd.

*Все права защищены. Нарушение прав автора, правообладателя, лицензиара влечет привлечение виновных к ответственности*

В оформлении книги использованы иллюстрации  
Shutterstock, Getty Images, Science Photo Library, Alamy, iStock и др.

**Тёрни, Дж.**

T35

Взламывая мозг / Джон Тёрни ; пер. с англ. Е. Глебовой. — Москва : Издательство АСТ, 2020. — 320 с. — (Взламывая науку).

ISBN 978-5-17-119124-5

Наш мозг — удивительный орган и единственный известный живой объект во Вселенной, способный задумываться о самом себе. Долгое время его изучение приводило лишь к домыслам и предположениям. Революционные неинвазивные технологии позволили заглянуть внутрь мозга и многое понять о его работе, но и сегодня порой кажется, что вопросов больше, чем ответов.

Эта книга подробно рассказывает о том, что мы сегодня знаем о нашем самом главном органе, и поможет приоткрыть завесу тайны, окружающую его.

УДК 612.82  
ББК 28.707.3

ISBN 978-5-17-119124-5 (рус.)  
ISBN 978-1-84403-952-4 (англ.)

© Jon Turney 2018  
© Octopus Publishing Group Ltd 2018  
© Оформление. ООО «Издательство АСТ», 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ..... 10

## **Глава 1. ВСКРЫВАЯ МОЗГ** ..... 13

Путешествие внутрь головы ..... 14

Томас Уиллис исследует головной мозг ..... 16

(Частичная) потеря умственных способностей ..... 18

Потерянный и возвращенный мир ..... 22

Открытие нейронов ..... 24

Мозговые волны ..... 26

Взгляд изнутри ..... 28

Отслеживание крови ..... 30

Постижение смысла ..... 32

Флуоресцентная метка ..... 34

Прошу любить и жаловать: коннектом! ..... 36

В тесноте, да не в обиде ..... 38

## **Глава 2. ДАВАЙТЕ ПОЗНАКОМИМСЯ** ..... 41

Структура мозга — от анатомии до молекул ..... 42

Названия областей ..... 44

Местонахождение разума ..... 46

Один мозг — два полушария ..... 48

Разделенный мозг ..... 50

За пределами ..... 52

А сколько нейронов видишь ты? ..... 54

Мал, да удал ..... 56

Гиппокамп ..... 58

Еще немного ..... 60

Из каких клеток мы состоим? ..... 62

Встречайте: нейрон! .....	64
Удивительная сеть .....	66
Шаг за шагом .....	68
<b>Глава 3. МОЗГ, ЖИЗНЬ С ТОБОЙ ПРЕКРАСНА .....</b>	<b>71</b>
Кому нужен мозг? .....	72
Разная симметрия .....	74
Маленькими шажками .....	76
Размер имеет значение .....	78
Что наделяет мозг интеллектом? .....	80
Ты — это то, что ты ешь .....	82
Прирученный мозг .....	84
Развитие мозга у эмбриона .....	86
Мозг новорожденного .....	88
Критический период .....	90
Мужской мозг, женский мозг .....	92
Мозг подростка .....	96
Зрелость .....	98
Стареющий мозг .....	100
<b>Глава 4. ОСОБАЯ КЛЕТКА .....</b>	<b>103</b>
Что мы знаем о нейронах .....	104
Клетка, молекула, атом .....	106
Природный дуализм .....	108
Нервный импульс .....	110
Конец линии — синапс .....	112
Один потенциал действия — много результатов .....	114
Сравнение синапсов .....	116
Многократное воздействие — один результат .....	118
Область воздействия нейронов .....	120
<b>Глава 5. ЧТО ПРОИСХОДИТ? .....</b>	<b>123</b>
Основанные на чувствах .....	124
Длинный путь к зрительному образу .....	126
Сетчатка глаза: место, куда попадает свет .....	128

Увидеть невидимое .....	130
Что могут «видеть» нейроны? .....	132
«Внезапно аудиометр напомнил пулеметную очередь» .....	134
Одно изображение, множество карт .....	136
Кодировка лица .....	138
Создание зрительного образа .....	140
Позитивные вибрации .....	142
Обоняние .....	144
Вкусовые ощущения .....	146
Осязание .....	148
Тщательное исследование .....	150
Дотроньтесь — и я буду там! .....	152
Смешанные чувства? .....	154
Осмысление .....	156
<b>Глава 6. ДВИЖЕНИЕ И ЭМОЦИИ</b> .....	159
Древнее и современное .....	160
Контролируемое движение .....	162
Взаимосвязь движения и ощущения .....	164
Прогулка в одиночестве .....	166
Практика — путь к совершенству .....	168
У меня есть чувства .....	170
Нейронная цепь страха .....	172
Эмоции, разум и тело .....	174
Зеркальные нейроны .....	178
Любовь слепа .....	180
Мой бизнес — мое дитя .....	182
<b>Глава 7. МЫ СОСТОИМ ИЗ ВОСПОМИНАНИЙ</b> .....	185
Механизм памяти .....	186
От заметок до исследований: не стоит усложнять .....	192
Детектор совпадений .....	194
От нейротрансмиттеров до нейромодуляторов .....	198

Эти клетки знают, но не говорят.....	200
В поиске энграммы .....	202
Запоминание или воссоздание? .....	206

## **Глава 8. ЭТА ЗАМЕЧАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ**

<b>ГОВОРИТЬ .....</b>	<b>209</b>
Говорящая обезьяна .....	210
Местопребывание языка.....	212
От слов к предложениям .....	214
Почему ты можешь прочитать это?.....	216
Речь .....	218
Миг озарения .....	220

## **Глава 9. МАНИПУЛЯЦИИ МОЗГОМ .....**

Центр удовольствия .....	226
Дофамин заказывали?.....	228
Наркотики с историей .....	230
Где происходит действие? .....	234
От удовольствия к зависимости .....	236
Одурманенный любовью.....	238
Состояния измененного сознания .....	240
Тестирование: Александр Шульгин и психоделики.....	242
Переменное течение.....	244
Замкнуть мозг.....	246
Глубокая стимуляция мозга .....	248
Транскраниальная стимуляция .....	250

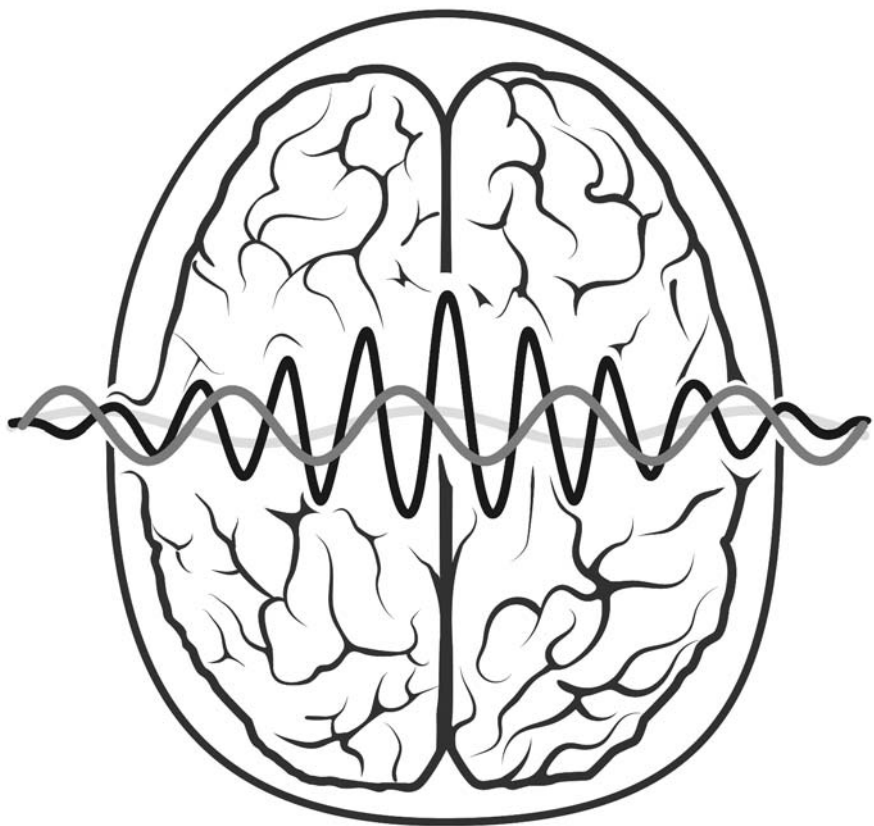
## **Глава 10. МОЗГ РАССТРОЕН .....**

Сложность установления диагноза .....	254
От случайного открытия к серотонину .....	256
Прямое воздействие на депрессию?.....	262
Недостаточная концентрация.....	264
Отличие, дефект, разнообразие .....	268
Борьба с деменцией .....	272

<b>Глава 11. АВТОПОРТРЕТ НАУКИ.....</b>	<b>275</b>
Познай себя.....	276
Обрати внимание!.....	278
Воплощение реальности.....	280
Уснуть, быть может, сны увидеть .....	282
Измерения сознания.....	284
Трудная проблема .....	286
Мы знаем, что ты знаешь.....	288
Другие умы.....	290

## **Глава 12. БУДУЩИЙ МОЗГ, БУДУЩЕЕ**

<b>НЕЙРОБИОЛОГИИ.....</b>	<b>293</b>
Строим новый мозг .....	294
«Мозг» червя.....	296
Стремительный рост объема данных.....	298
Игра со свободным доступом?.....	302
Управление нейронами.....	304
Тренировка головного мозга .....	307
Техномозг .....	309
Подключение .....	312
Расширение чувств .....	314
Так на что же похож наш мозг?.....	316





## ГЛАВА 1

# ВСКРЫВАЯ МОЗГ

# ПУТЕШЕСТВИЕ ВНУТРЬ ГОЛОВЫ

Когда древние австралопитеки в фильме Стэнли Кубрика «2001 год: Космическая одиссея» (1968) используют кости в качестве оружия, в своей первой схватке они целятся в голову. Похоже, это одно из ранних открытий, связанных с мозгом: пробей череп — и жертва больше не встанет! Как это ни прискорбно, методика прижилась и вошла в обиход, о чем свидетельствуют останки древних людей.

Некоторые останки демонстрируют примеры более аккуратного вскрытия черепной полости. Сверление отверстий в черепных коробках у живых людей практикуется не менее 7000 лет. Мы мало знаем о причинах, по которым это делалось, но



▲ *Трепанация зародилась в разных уголках земного шара еще тысячелетия назад. Свидетельством проведения данной операции служат древние останки черепов, обнаруженные на территории современной Дании (изображение с одним отверстием) и Новой Зеландии.*



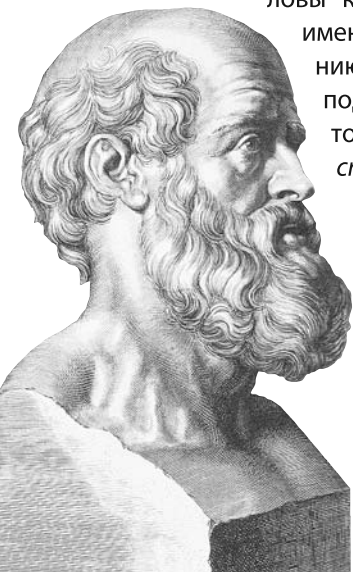
◀ *Кадр из фильма Стэнли Кубрика «2001 год: Космическая одиссея».*

это позволяет предполагать раннее признание того факта, что внутри черепа происходит нечто важное.

В Древней Греции мозг и сердце боролись за право считаться главным жизненно важным органом. Примерно в 400 году до н. э. Гиппократ, отец-основатель западной медицины, утверждал, что мозг отвечает за ощущения. Вероятно, к этому выводу он пришел, увидев на вскрытии сенсорные нервы, входящие в головной мозг. Он также был убежден, что эта странная мясистая масса внутри черепной коробки порождает мыслительную деятельность. Эта гипотеза шла вразрез с канонами прошлого, которые гласили, будто бы вместилищем ощущений и разума является сердце. Аристотель, современник Гиппократа, придерживался традиционных представлений и наделял мозг единственной функцией — охлаждения крови.

Исследования мозга животных позволили Галену, римскому последователю Гиппократа, перейти к теоретическим предположениям о тех частях мозга, которые можно увидеть невооруженным взглядом. Общая картина все же оставалась неясна: внутри головного мозга находятся полости, заполненные жидкостью, или желудочки, и Гален задавался вопросом: может ли жидкость, поступающая из нервов в желудочки, порождать ощущения? Идея гидравлического мозга выдержала и более подробное вскрытие Андреаса Везалия, великого анатома эпохи Возрождения, который исключительно из научных соображений препарировал головы казненных преступников. Вместе с тем

именно Гален способствовал обращению внимания ученых больше на подлинное вещество мозга, а не на то, что мы сейчас называем *спинномозговой жидкостью*.



◀ Гиппократ.

▶ Элиус Галенус  
(Гален).

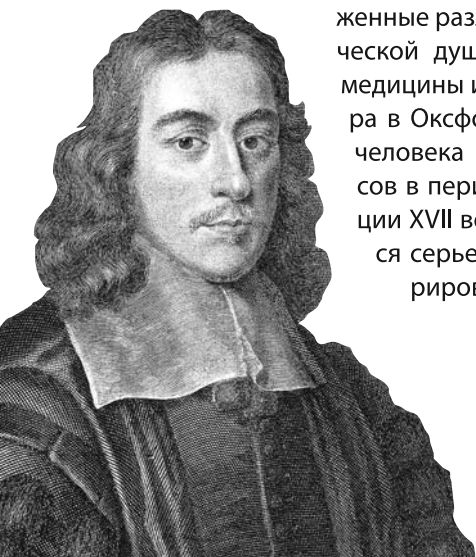


# ТОМАС УИЛЛИС ИССЛЕДУЕТ ГОЛОВНОЙ МОЗГ

«Головной мозг является основным местом расположения разумной души у человека и чувствующей души у животного; он служит источником идей и движений».

Как вы могли правильно заметить, вышеизложенная мысль сочетает в себе мудрость современности и Античности. Британский анатом Томас Уиллис, основатель науки о мозге, в своем труде «Анатомия мозга» (*Cerebri Anatome*, 1664) впервые вводит понятие «*неврология*». В своей теории он оперирует понятиями «душа» и «дух», которые, по мнению его предшественников, располагаются в желудочках головного мозга. Томас Уиллис провел сравнительно-анатомическое исследование, для того чтобы выявить закономерности строения и развития головного мозга

человека и животного и установить, как обнаруженные различия объясняют бессмертие человеческой души. Ему присудили степень доктора медицины и предоставили должность профессора в Оксфордском университете, признали как человека широких интеллектуальных интересов в период Английской буржуазной революции XVII века. После революции у него появился серьезный интерес к вскрытию: он препарировал шелковичных и дождевых червей,



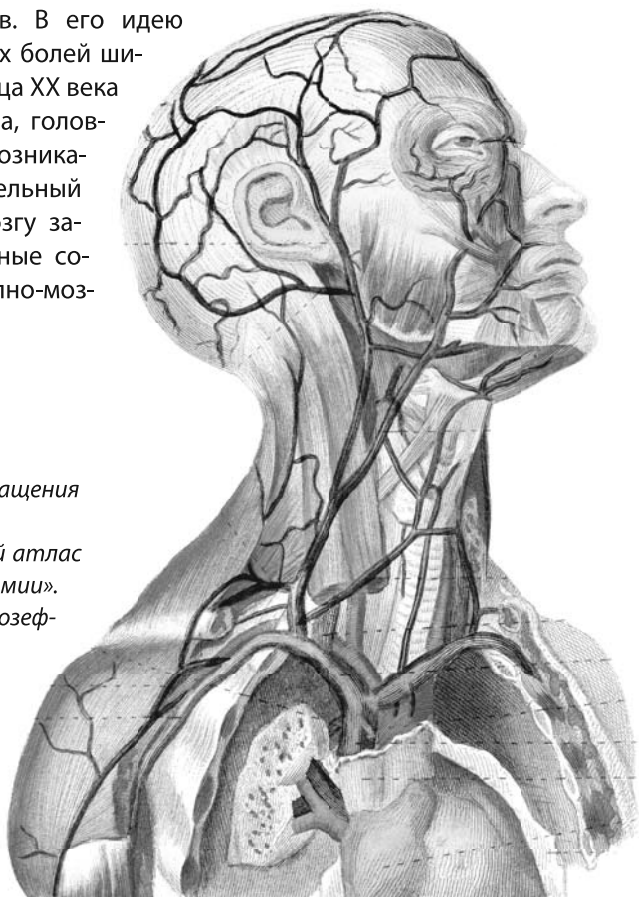
◀ Томас Уиллис.

устриц и лобстеров, сравнивая полученные результаты со строением человека. Можно представить, как Томас Уиллис дает наставления своему ученику Ричарду Лоуэру, спешно проводящему вскрытие свежего трупа, указывая на детали, которые позже запечатлеет Кристофер Рэн. Вероятно, они пробовали сохранить ткани головного мозга в алкоголе и укусе, что было не очень эффективно, а потому работа требовала скорости.

Все же ему удалось уточнить анатомическое наследство предшествующих авторов, указав новые нервы и кровеносные сосуды и обозначив различные составляющие мягких тканей мозга. Это был переломный этап в смещении фокуса с желудочковых жидкостей на другие ключевые структуры мозга.

В связи с этим возник новый подход к теоретизированию. Уиллис связал расстройства психики с различиями, которые он обнаружил при исследовании мозга умерших пациентов. В его идею о природе головных болей широко верили до конца XX века (по мнению Уиллиса, головные боли якобы возникают, когда дополнительный приток крови к мозгу заставляет расширенные сосуды сжимать черепно-мозговые нервы).

► Система кровообращения в области головы и туловища («Полный атлас описательной анатомии». Авт.-сост. доктор Жозеф-Николя Масс, 1864).



# (ЧАСТИЧНАЯ) ПОТЕРЯ УМСТВЕННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

Аккуратно выполненное вскрытие позволяет составить целостное представление о строении головного мозга. Будучи продолжением спинного мозга, этот сгусток мягких тканей обладает сложной структурой: он состоит из двух морщинистых полушарий, каждое из которых подразделяется на множество легко идентифицируемых областей. К несчастью для студентов, специализирующихся на изучении мозга, они были скрупулезно снабжены латинскими названиями. Ранние анатомы сумели разглядеть *червь мозжечка* (червь), *гиппокамп* (морской конек), *колликулус* (холмик) и даже *таламус* (покои).

Возникает вопрос: выполняют ли различные области различные функции? Удаляя участки мозга из-за болезней или травм, ученые все больше приближались к ответу. Однако соотнесение недостающей части головного мозга с утраченной



▲ *Гиппокамп.*



◀ *Таламус.*

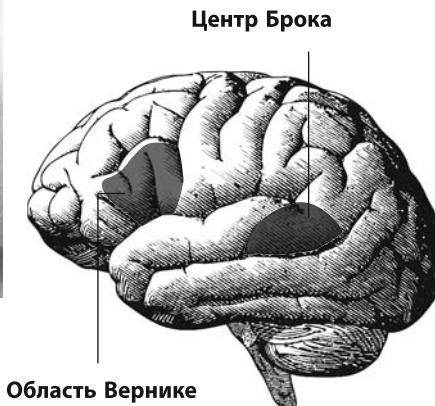
функцией не исчерпывало вопроса, как и изъятие стартерного двигателя из машины обездвиживает ее, но не означает, что именно этот механизм отвечает за работу всего транспорта. Но нанесение поражений на карту строения головного мозга помогло установить локализацию функций в коре головного мозга или, проще говоря, сопоставить области мозга с теми активностями, в которых они принимают участие.

В 1861 году французский хирург Поль Брокá представил результаты диагностики французского пациента Луи Викторá Леборна, который в течение 21 года был практически лишен способности к речи и мог произносить только одно слово — «тан» («пора» в переводе с французского), а в приступах ярости ругался. Посмертное вскрытие показало, что у пациента была повреждена передняя область коры левого полушария. Наблюдение за пациентами с аналогичными случаями нарушения речи после перенесенного инсульта или черепно-мозговой травмы навело ученого на мысль, что *афазия* (потеря речи) наступает в результате повреждения участка, который теперь носит название «центр Брока».

В 1870-х годах немецкий ученый Карл Вернике описал иной тип афазии, когда человек сохраняет способность говорить, но при этом чужую речь распознать не может. Такое нарушение функций возникает при повреждении другой области мозга, теперь именуемой *областью Вернике*.



▲ Поль Брока.



Центр Брока

Область Вернике

▼ Карл Вернике.



Открытия Поля Брока и Карла Вернике способствовали возобновлению исследований относительно локализации функций в головном мозге. Ученые поставили под сомнение выдвинутую 50 годами ранее теорию Мари-Жан-Пьера Флуранса о том, что, несмотря на прямую связь некоторых функций с корой головного мозга, все они равномерно распределены по его поверхности.

У Флуранса же была собственная цель — экспертиза карты локализации функций в коре головного мозга, составленной френологом Францом Йозефом Галлем без внимания к внутренним областям мозга. В результате проведенного эксперимента, который состоял в поочередном удалении областей головного мозга животных и наблюдении за последствиями, Флуранс не обнаружил специфических связей между определенными участками головного мозга и функциями. Его исследование подверглось критике со стороны ученых, которые обвиняли Флуранса в том, что при удалении мозговой ткани слоями он мог повредить сразу несколько специализированных областей. Однако эксперименты Флуранса положили начало уничтожению френологии как науки и вместе с ней теории локализации. Это была ранняя вспышка

все вновь возобновляющейся дискуссии, от чего же зависят способности мозга: от определенных областей или же от органа в целом.

Также Флуранс в своих экспериментах предвосхитил недавнее открытие в нейробиологии. Хотя он знал, что пораженные области головного мозга не подлежат регенерации, некоторые животные восстанавливались после его операций. Сейчас мы можем наблюдать это как раннее свидетельство впечатляющей пластичности мозга: при повреждении одной из его частей ее функции принимает на себя другая часть. Эта способность особенно важна для пациентов, перенесших инсульт.



◀ *Мари-Жан-Пьер Флуранс.*



## ФРЕНОЛОГИЯ

Франц Йозеф Галль был величайшим анатомом, занимавшимся мозгом, со времен Томаса Уиллиса. Но вошел в историю немецкий ученый не из-за превосходных открытий, а благодаря идее о возможности установления характера человека по внешнему виду его черепа. В конце XVIII века он разработал великолепную схему, в основу которой легли две концепции: 1) за конкретными областями мозга закреплены определенные психологические черты; 2) сопоставить размеры этих областей мозга можно по выступающим шишкам головы.

При помощи огромного количества инструментов для измерения черепных костей, а также оценок характера в вызывающем стиле Галля он составил карту с 27 особенностями, определяющими личность: милосердие, радость, добросердечность, жажда поживиться, родительская любовь и др. Также он выделял области, которые определяют склонность человека к поэзии, музыке, арифметике, механике и религии.

Схема представленной модели черепа со скрупулезно нанесенными на нее областями с современной точки зрения выглядит довольно странно. В это сложно поверить, но еще совсем недавно, в XIX веке, находились приверженцы данной теории, невзирая на доказательства, свидетельствующие о непричастности деятельности головного мозга к неровностям и впадинам на черепе.

► Франц Йозеф Галль.



▲ Иллюстрации из книги Л.-А. Вота «Практический считыватель характера», 1902. В книге демонстрировались взаимосвязи между формой головы, чертами лица и характером человека.



# ПОТЕРЯННЫЙ И ВОЗВРАЩЕННЫЙ МИР

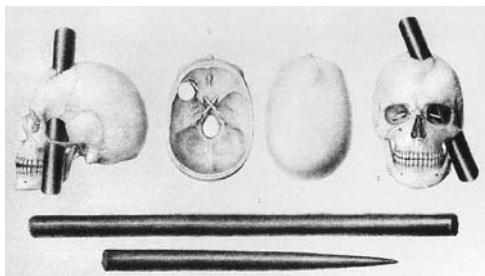


▲ *Финеас Гейдж.*

Хоть вклад в науку — это лишь жалкое вознаграждение, несоизмеримое по своей величине с потерей части головного мозга, тем не менее полученные на войне травмы и увечья все же позволили некоторым несчастным обогатить нейробиологию новыми знаниями.

Так, поистине выдающимся стал случай, который произошел в 1848 году в Соединенных Штатах Америки с железнодорожным служителем Финеасом Гейджем: мужчина чудом выжил после сквозного проникновения в его череп металлического стержня для уплотнения скважины взрывчаткой. В результате несчастного случая в личных качествах Гейджа произошли ощутимые изменения: некогда спокойный работник превратился в импульсивного хама. В ходе стихийного «эксперимента» случай с изменившимся характером Гейджа послужил свидетельством того, что мозговое вещество, удаленное из лобной коры, отвечает за нравственное поведение. Позднее историки восстановили хронологию последних лет его жизни — выяснилось, что спустя некоторое время Гейдж продолжил работать. Такое восстановление самочувствия Финеаса вписывается в современные представления о пластичности головного мозга.

► *На данной литографии (1850) показана травма головы Финеаса Гейджа, которая способствовала важным достижениям в понимании функционирования человеческого мозга.*



Войны XX века не стали исключением и также преподнесли науке множество ценных экземпляров. По окончании Второй мировой войны известный советский психолог и один из основателей отечественной нейропсихологии Александр Романович Лурия занялся активным изучением пациентов, получивших на войне черепно-мозговые травмы различной тяжести. Случай офицера Красной армии Льва Засецкого наглядно продемонстрировал возможности человеческого мозга и пределы его пластичности: офицер получил пулевое ранение в голову с обширным односторонним повреждением мозга и длительное время провел в коме.



▲ Александр Лурия.

Изменения характера, подобные случаю Финеаса Гейдж, обошли его стороной, однако, придя в сознание, Засецкий обнаружил, что он утратил способность читать, писать и распознавать правую часть объектов, включая собственное тело.

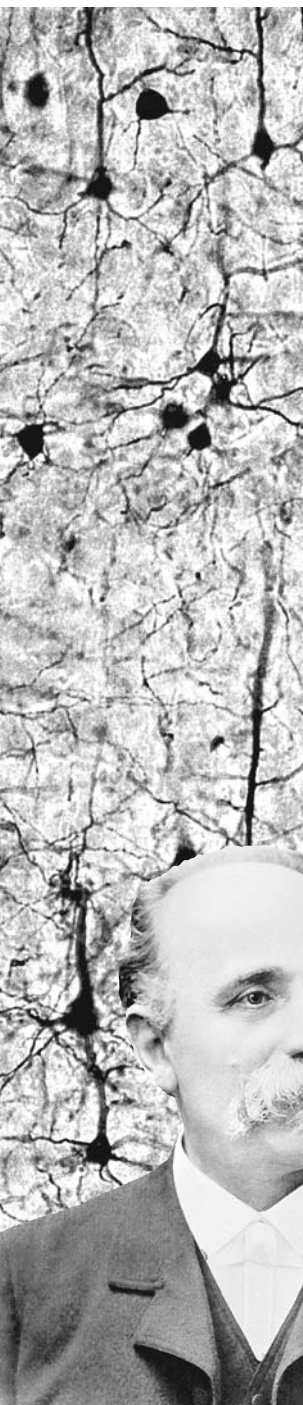
Александр Лурия наблюдал за здоровьем офицера на протяжении 25 лет, накопленные за это время материалы легли в основу его книги «Потерянный и возвращенный мир (история одного ранения)». В книге говорится о том, что Засецкому постепенно удалось частично обрести утраченные способности; он даже смог самостоятельно вести собственный дневник, объем которого составил 3000 страниц. Книга А. Р. Лурии содержит выдержки из этого дневника с комментариями автора и описывает непреодолимую тягу вновь прочувствовать этот мир, которая двигала пациентом. После ранения Засецкий прожил еще целых 50 лет — до 1993 года; к сожалению, он так и не сумел в полном объеме восстановить речь и зрение. Он оставил пронзительный список вопросов, на которые не было ответов: «Отчего же тогда я болею, отчего не работает моя память, отчего не возвращается зрение, отчего вечно шумит, болит голова, отчего я недослышу, непонимаю речи людской сразу? Тяжелое это дело — понимать снова мир, потерянный мною из-за ранения и болезни, уже из отдельных мельчайших кусочков собрать его в одно целое».

# ОТКРЫТИЕ НЕЙРОНОВ

Некоторое время ассистентом Томаса Уиллиса был Роберт Гук, который в дальнейшем приобрел известность как популяризатор наблюдений с использованием микроскопа: его труд по микроскопии несколько лет спустя широко обсуждался в научном мире. Поэтому существует вероятность, что после вскрытия Томас Уиллис изучал мозг при помощи именно этого оптического увеличительного инструмента. Однако несмотря на это Уиллис многое не смог увидеть: даже микроскопу оказалось не под силу представить детальное изображение столь искусного переплетения нейронов, других клеток и кровеносных сосудов.

В течение последующих 200 лет картина не становилась яснее, пока не укрепила позиции клеточная теория, утверждавшая, что живые организмы состоят из клеток. В 1873 году итальянский врач Камилло Гольджи изобрел и представил широкой обществу новый метод окрашивания клеток, который позволил продемонстрировать строение нейрона со всеми его тонкими ветвистыми связями. Что особенно важно, при использовании данного метода окрашивалась лишь небольшая часть нейронов в тонком срезе тканей мозга, что позволило определить основную структуру их строения.

◀ *Камилло Гольджи и разработанный им метод окрашивания.*



Испанец Сантьяго Рамон-и-Кахаль стал широко применять метод Гольджи и вплотную занялся изучением структуры нервной ткани. Он утверждал, что обнаружил более 1 млн нейронов — ничтожную долю от общего объема, однако намного превышающую то число, которое прежде удавалось обнаружить при помощи микроскопа другим исследователям.

Гольджи утверждал, что клеточная теория не применима в отношении головного мозга, и полагал, что все обнаруженные им структуры образуют гигантскую непрерывную сеть; Кахаль же, напротив, был убежден, что каждый нейрон является независимой клеткой. Следя за ходом отдельных волокон, ученый подметил, что хотя многие из них довольно плотно прилегают друг к другу, тем не менее они не сливаются, а чуть соприкасаются, образуя в месте контакта утолщение.

Однако у Кахалья не было доказательств правомерности данной теории, поэтому спор между двумя учеными не был урегулирован вплоть до следующего столетия, когда электронные микроскопы позволили получить сильно увеличенное изображение объекта. Несмотря на противоположные точки зрения на структуру нервной системы, Гольджи и Кахаль поделили между собой Нобелевскую премию по физиологии и медицине (1906). Научной проницательности Кахалья не уступали и его творческие способности: ученый вошел в историю не только как создатель учения о нейронах, но и как автор великого множества прекрасных изображений нервных структур в коре головного мозга, которые и по сей день заслуживают тщательного изучения.

► *Сантьяго Рамон-и-Кахаль и зарисовка структуры головного мозга под микроскопом, выполненная его рукой.*



# МОЗГОВЫЕ ВОЛНЫ

Герой готического романа Мэри Шелли доктор Франкенштейн применил так называемую искру жизни, тем самым оживив созданного им монстра. Эта сцена напоминает нам о том, что электричество стало рассматриваться как биологически мощное явление вскоре после того, как подверглось тщательному научному изучению. Сокращения мышц натолкнули ученых на мысль, что нервы являются проводниками генерируемых головным мозгом электрических сигналов.

В 1870-х годах немецкие физиологи предприняли попытку подать электричество напрямую в мозг. Проведенный эксперимент показал, что небольшой электрод, прикрепленный к открытой части головного мозга собаки, вызывает у нее произвольные телодвижения. Систематически изложенные исследования шотландца Дэвида Ферье послужили хорошим подспорьем для развития теории о локализации функций в коре головного мозга. Помимо моторной коры он обнаружил зоны, связанные со зрением и слухом. Это открытие стало еще одним ударом для сторонников френологии, поскольку ни одна из обнаруженных зон не соответствовала их незамысловатым картам строения головного мозга.

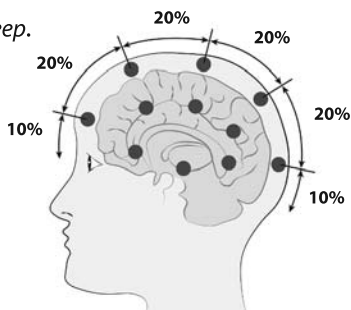
Более точное электрическое зондирование до сих пор остается эффективным инструментом исследования головного мозга, известным как *электроэнцефалограмма (ЭЭГ)* — чувствительный метод исследования, который позволяет зарегистрировать внутреннюю электрическую активность нейронной сети.



▲ В киноленте Джеймса Уэйла «Франкенштейн» (1932) наглядно продемонстрирован процесс воздействия электрического тока.



◀ Ханс Бергер.



▲ Сегодня ЭЭГ производится при помощи системы электродов.

## ХАНС БЕРГЕР И ПЕРВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА

Всем известно, что терпение и труд все перетрут. Уже в 19 лет Ханс Бергер с головой погрузился в измерение так называемой физической энергии, после того как в 1892 году во время военной подготовки ему чудом удалось избежать смерти от пушечного залпа. Неожиданно тем же вечером Ханс получил срочную телеграмму от своей сестры, которая так своевременно решила поинтересоваться его здоровьем, что заставило его поверить в существование телепатии.

В поисках ее источника энергии он измерял мозговое кровообращение, а в 1902 году в лаборатории города Йена предпринял первые попытки зарегистрировать электрическую активность головного мозга. Примитивное оборудование того времени не могло зафиксировать электрические сигналы, но Ханс не сдавался. В 1924 году ученый опробовал в деле новый аппарат с двумя большими электродами — листами фольги, прикрепленными на лоб и затылочную часть головы, усилителем с вакуумной трубкой и гальванометром — и наконец обнаружил электрический след на неповрежденном черепе своего сына Клауса.

Ему потребовалось еще пять лет на доработку полученных результатов, и в 1929 году он опубликовал свою первую научную работу под названием «Электроэнцефалография». Немецкая пресса охарактеризовала труд ученого как «зеркало головного мозга», однако широкое признание в научных кругах его открытие получило лишь после подтверждения в 1934 году в Великобритании.

# ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ

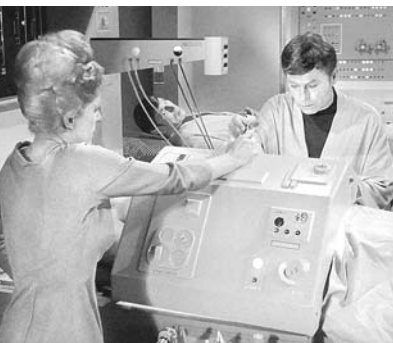


Извлечение электрических сигналов посредством ЭЭГ способствовало возникновению нового подхода к нейробиологическим исследованиям — получения информации без непосредственного вмешательства в мозг, т. е. с помощью *неинвазивных* методов. Для этого требовалось совершить серьезный научно-технический прорыв, который послужил катализатором развития современной науки о мозге.

▲ *Череп, визуализированный посредством КТ и МРТ.*

Первым таким катализатором стал метод *компьютерной томографии (КТ)* — улучшенный способ диагностики с использованием рентгеновского излучения. В наши дни этот метод широко применяется в медицине. Во время процедуры томограф выполняет серию послойных рентгеновских снимков, которые затем обрабатываются компьютером для моделирования подробного изображения. КТ больше подходит для выявления опухолей, чем для исследования мягких тканей, поэтому он нечасто фигурирует в научных исследованиях в области нейробиологии. При диагностике кровеносных сосудов с помощью КТ для повышения контрастности вводят специальные химические реактивы, но в таком случае метод исследования уже нельзя назвать полностью неинвазивным.

Еще более полезен в исследованиях метод *магнитно-резонансной томографии (МРТ)*. Аппарат МРТ, в который человек помещается головой вперед, напоминает один из сверхтехнологичных прибо-



◀ *Будь у нас в арсенале технологии на уровне «Звездного пути», процесс сканирования мозга был бы проще и лучше.*



ров из сериала «Звездный путь» (англ. *Star Trek*). Перед проведением подобного сканирования предварительно необходимо убедиться, что внутри и на теле пациента отсутствуют какие-либо металлические предметы, которые могли бы вступить в реакцию с генерируемым внутри аппарата магнитным полем высокой напряженности (например, кардиостимулятор или металлический тазобедренный сустав). МРТ делает возможным получение невероятно информативных изображений мягких тканей, в том числе головного и спинного мозга.

Наряду с МРТ в нейробиологическом арсенале припасены и другие методы исследования. Так, метод ЭЭГ продолжает усложняться и совершенствоваться, появилась *магнитоэнцефалография (МЭГ)* — технология, которая также позволяет регистрировать электрическую активность головного мозга. Немало информации можно почерпнуть из результатов стимуляции коры головного мозга при помощи магнитных импульсов (*транскраниальная магнитная стимуляция*).

Высококачественные и высокотехнологичные методы позволяют добыть данные о химической активности головного мозга, но, как и в случае с исследованием рентгеновскими лучами, здесь также требуется инъекция химических реагентов. *Позитронно-эмиссионная томография* позволяет отследить пути передвижения введенных радиоактивных изотопов, имеющих сходство с интересующими исследователей химическими соединениями (обычно *нейротрансмиттерами*).

Создание новых методов и технологий помогает нейробиологам накапливать информацию о состояниях и структурах головного мозга, что всего несколько десятилетий назад было практически невозможно.

▼ Во время компьютерной обработки определенные участки мозга на изображении окрашиваются разные цвета в зависимости от степени активности.

