

# зарядка для ума

Маргерит Холлоуэй

Специальные умственные и физические упражнения разовьют мозг самым неожиданным образом.

«Мозг был создан, чтобы меняться», – заявил Майкл Мерзеник (Michael M. Merzenich), входя в конференц-зал Медицинского центра Калифорнийского университета в Сан-Франциско.

За большими окнами виднелся холм, густо заросший эвкалиптами, ветви которых клонились под напором утреннего ветра. Мерзеник считает, что то же происходит и с мозгом: под воздействием жизненного опыта его деятельность трансформируется в одну или другую сторону. Теперь подобное высказывание не кажется столь радикальным, как в 80-х гг. Конечно, в нашем мозге происходят изменения – в конце концов, мы же способны учиться. Но Мерзеник считает, что способность мозга перестраиваться означает нечто большее.

Смена, допустим, поведения, умственной или физической нагрузок приводит к тому, что мозг тоже становится другим, что немедленно подтверждается на ЯМР-томографе. Кроме того, Мерзеник, как и другие специалисты по нервной пластичности, говорят отнюдь не о развивающемся мозге ребенка, который легко усваивает один язык за другим, а имеют в виду мозг взрослого человека. Они утверждают, что он может перестраиваться в те-

ние жизни без применения лекарств или оперативного вмешательства. Если работа одной его области нарушена, другая может заменить ее. Такие изменения функций были выявлены у пациентов, перенесших инсульт, потерявших речь или способность двигаться, у больных церебральным параличом, у людей с синдромом навязчивых состояний или с нарушенной способностью к чтению и т.д. Выполнение интенсивных умственных и физических упражнений помогло им преодолеть болезнь.

Мерзеник считает, что лечение с помощью упражнений поможет излечить шизофрению, болезнь Паркинсона, старческую потерю памяти, аутизм и множество других болезней. «Думаю, что благодаря процессам пластичности можно добиться коррекции, – размышляет Мерзеник, – уверен, что люди скоро поймут, что мозг необходимо тренировать и что для этого существуют специальные правила».

Многим, кто занимается медитацией, биологической обратной связью или проходит курс психотерапии, такая идея покажется очевидной: сосредоточенность на каком-либо объекте ведет к усилению или изменению определенных функций мозга. Однако

для специалистов подобная мысль представляется абсурдной. «В 70–80-х гг. ученые воспринимали мозг как жестко запаянный черный ящик, – замечает Томас Сьютула (Thomas P. Sutula), директор центра нейронаук Висконсинского университета в Мадисоне. – Возможно, мы стоим на пороге серьезного открытия».

Хотя исследователи уже поняли основы нервной пластичности, очень многое до сих пор остается неизвестным. Никто не может определить степень пластичности взрослого мозга в сравнении с детским. Неизвестно, как она работает на различных уровнях, начиная с электрических импульсов ▶



## ГОМУНКУЛУС

Кора разбита на различные области, включая сенсорную и моторную кору. Классическое изображение гомункулуса для каждой из этих областей показывает относительную площадь (или карту), которую мозг использует для обработки информации, поступающей от различных частей тела. Новейшие исследования показывают, что под влиянием опыта карты могут меняться.



и нейромедиаторов и далее к синапсам, сетям и специализированным областям мозга. И никто не знает, каковы могут быть последствия, если одна часть мозга берет на себя функцию другой.

### О синапсах и дележе территорий

«Словом «пластичность» в науке о нервной системе злоупотребляют больше всего», – утверждает Роджер Никол (Roger Nicoll). Этим термином стали описывать буквально любое изменение, происходящее в мозге, вплоть до образования новых нейронов, так называемого нейрогенеза, и даже до изменения карт больших областей моз-

га. А на самом деле понятие включает в себя пластичность синапса, той области, с помощью которой нейроны общаются друг с другом, обмениваясь химическими сигналами, или нейромедиаторами. Обучение ведет к укреплению связей между нейронами – за счет создания новых связей и усиления их способности к химическому взаимодействию. Эти изменения объединяют нейроны в цепочку, которая может в дальнейшем вызвать определенное движение, ощущение или мысль. Именно на уровне синапсов пластичность живет и там же умирает.

Вплоть до 60-х гг. считалось, что у взрослых образование новых синапсов невозможно и что как только

заканчивается развитие мозга, связи между нейронами становятся неизменными. Затем исследователи, в числе которых – Марк Розенцвейг (Mark R. Rosenzweig) из Калифорнийского университета в Беркли и Вильям Гриноу (William T. Greenough) из Иллинойского университета, сделали открытие, доказав, что внешняя среда и жизненный опыт влияют на мозг. Гриноу, например, показал, что как у юных, так и у взрослых крыс возникали новые синапсы, если перед животными ставили трудные задачи или помещали их в «усложненную среду», отличающуюся от естественной среды обитания, – например, в удобные клетки с разнообразными игрушками. Благодаря новым синапсам улучшалась память и двигательная координация крыс.

Проводятся исследования роли жизненного опыта и того, что стали называть обогащением среды (с помощью игрушек или задач). Стимуляция и упражнения ускоряют восстановление после травмы мозга у крыс, а недавние эксперименты показали, что если мышью с геном болезни Гентингтона

### ОБЗОР: ПЕРЕСТРАИВАЯ МОЗГ

- Вопреки общепринятому мнению, взрослый мозг способен меняться. Одна область может взять на себя функцию другой.
- Ученые используют пластичность мозга для лечения людей с нарушением способности к чтению, инсультом и другими заболеваниями.
- Исследователи надеются помочь людям восстановить мозг, преодолеть ухудшение памяти и различные психические заболевания, используя для этого физические упражнения и компьютерные игры.

## Считалось, что мозг представляет собой жестко запаянный черный ящик.

поместить в обогащенную среду, заболевание развивается медленнее. Гриноу и другие исследователи связывают эти достижения не только с образованием синапсов, но и с ростом новых кровеносных сосудов и клеток мозга, называемых астроцитами, которые нужны для удаления излишков некоторых веществ, например калия, и для поддержания состава среды, оптимальной для нейронов. Образование миелина – оболочки, покрывающей нервные клетки и способствующей их выживанию и эффективной работе, также усиливается в данных обстоятельствах.

Вслед за признанием синаптической пластичности ученые занялись изучением пластичности на уровне нейронной сети или области мозга. Еще в конце XIX – начале XX вв. ученые предположили, что мозг пластичен. Вильям Джеймс (William James), например, постулировал, что мозг постоянно формируется под влиянием жизненного опыта, а в 20-х гг. Карл Лешли (Karl Lashley) обнаружил, что моторная кора обезьян изменяется каждую неделю. Подобные работы не прерывались до 70-х гг., однако большинство ученых придерживалось мнения, что мозг у взрослого – неизменен. Считалось, что значительные изменения могут происходить только в раннем детстве.

В 80-х гг. Мерзеник выявил, что моторная кора взрослых обезьян может изменяться. (Кора – наружная часть мозга, где находятся области, отвечающие за речь и логическое мышление, состоит из зон для обработки соматосенсорной, моторной, слуховой и другой информации.) В одном из исследований ученые, удалив у обезьяны палец, наблюдали, что участок моторной коры, связанный с ним, начинал получать проекции от нейронов, передающих информацию от соседнего пальца. Это указывало на то, что область мозга, изначально предназна-

ченная для утерянной части, начинала получать и обрабатывать информацию от другой.

Открытие стало сенсацией для всего научного сообщества. «Никто не подозревал, что изменения можно обнаружить на таком макроскопическом уровне», – вспоминает Брайан Колб (Bryan Kolb), ведущий исследователь нервной пластичности в Летбриджском университете в Канаде.

За много лет до этого Эдвард Тауб (Edward Taub), ныне работающий в Алабамском университете, провел ряд экспериментов. Он перерезал некоторые нервы руки и исследовал последствия подобного вмешательства для мозга. Из-за судебного преследования со стороны борцов за права животных Тауб был вынужден временно прекратить эксперименты.

Спустя несколько лет изучавшие этих обезьян Тим Понс (Tim Pons) из Вандербилтского университета, Тауб и другие ученые обнаружили, что область мозга, исходно получавшая информацию от руки, ставшей бесполезной, стала получать сигналы от лица. Кроме того, было обнаружено, что обезьяны, у которых были перерезаны нервы в руке, могли двигать этой конечностью, если их вынуждали к этому ударом тока или же если другую руку привязывали. Взрослый мозг явно был рачительным хозяином: освободившееся место не должно пустовать.

### Музыкальные карты

На протяжении последних двух десятилетий экспериментов кортикальная пластичность стала признанным свойством взрослого мозга. Наблюдения

### ИЗМЕНЕНИЕ КАРТЫ РУКИ



В ставших теперь классическими экспериментах на обезьянах Майкл Мерзеник продемонстрировал пластичность кортикальных карт. Перерезая нерв, несущий информацию от части пальца или руки (закрашенные области слева) к определенному участку коры, он обнаружил, что этот участок начинал реагировать на области руки, которые ранее он не обслуживал (закрашенные области справа). Более того, эти области со временем расширились.

показывают, что у людей, потерявших конечность, место в мозге, ранее занимавшееся информацией от нее, захватывалось нейронами, обслуживающими культю или лицо. У скрипачей часть коры, управляющей постоянно работающими пальцами одной руки, оказывается больше, чем аналогичная область для другой. У тех, кто читает по системе Брайля, зрительная кора активируется в момент прикосновения к выпуклостям, составляющим шрифт.

На основе полученных данных Мерзеник и Тауб постарались выяснить, как, используя возможности пластичности, можно помочь инвалидам и пострадавшим от различных травм. «Нам было известно, что мозг детей и взрослых пластичен на протяжении всей жизни, – говорит Мерзеник. – Мы

задались вопросом: можно ли компенсировать изменения зрелого мозга?» Наиболее ощутимые результаты, показывающие, что мозг можно вылечить благодаря его собственной пластичности, были получены Таубом в 80-х гг. в результате исследования пациентов, получивших инсульт. Оказалось, что больные, чья двигательная функция нарушена из-за инсульта, так же как обезьяны с перерезанными нервами руки, могут снова научиться пользоваться парализованной частью тела. Привязывая здоровую и заставляя пациентов выполнять интенсивные упражнения пораженной рукой по семь часов в день на протяжении двух недель, Тоб, Томас Элберт (Thomas Elbert) из Констанцского университета и Герта Флор (Hertha Flor) из Университета Гумбольдта (оба расположены в Германии) добивались

того, что парализованная конечность обретала подвижность. Такое лечение называется *CI-терапией* (от *constraint-induced* – вызванная ограничением подвижности). «Считалось, что через год восстановление функции уже не происходит», – объясняет Тауб. Однако пациенты, получившие инсульт несколько лет назад, снова могли двигать руками.

Восстановление отражалось в изменении карт мозга. «*CI-терапия* заставляла работать расположенные рядом с пораженным участком области коры», – считает Тауб. Теперь *CI-терапию* применяют в различных учреждениях. Новое исследование Дэниела Эйра (Daniel B. Heir) из Иллинойского университета в Чикаго, например, показало, что структура коры пациентов с инсультом изменяется после терапии. На практике этот метод уже применяется, но многие специалисты ждут дальнейших исследований, прежде чем начать внедрять его повсеместно. Поэтому Национальный институт здравоохранения США профинансировал клиническое изучение *CI-терапии* одновременно в шести учреждениях. «Важно получить воспроизводимые результаты, – замечает Джордан Грэфман (Jordan Grafman) из Национального института неврологических заболеваний и инсульта, – и выяснить, может ли *CI-терапия* быть эффективной при одних типах заболеваний и бесполезной при других. А также через сколько времени после травмы ее следует проводить».

Тауб и его сотрудники начали применять *CI-терапию* для лечения детей с церебральным параличом. Они также успешно провели реабилитацию жертв инсульта, потерявших способность к нормальной речи. Больные с такой афазией повторяли определенные звуки в течение нескольких часов в день. «Ограничение» в данном случае не было связано с потерей возможности выполнять движения, как в случае двигательной терапии. По сути дела, это была просто тренировка произнесения слов и звуков.

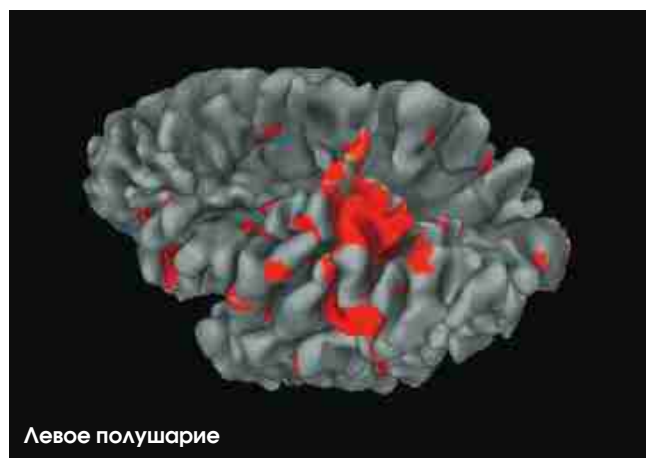
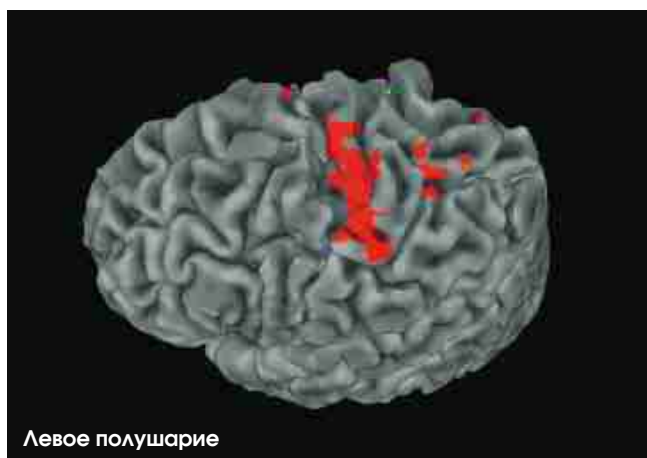
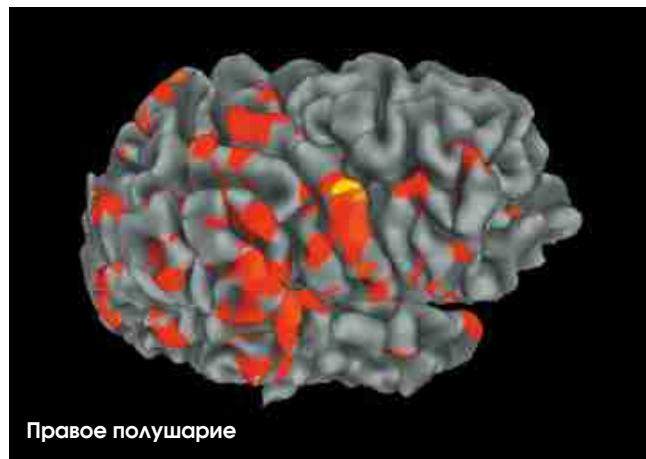
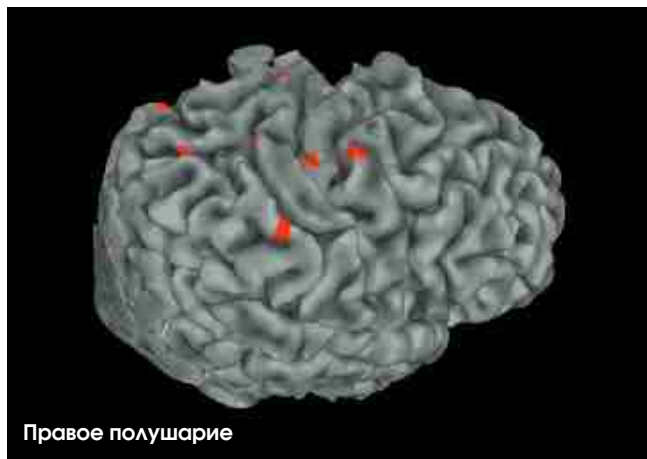
Тауб, Мерзеник и Нэнси Бил из Калифорнийского университета в Сан-



Терапия ограничения подвижности основана на том принципе, что можно обучить человека пользоваться иной областью мозга взамен поврежденной. Поскольку здоровая рука связана, пациент заставляет свой мозг заново научиться пользоваться рукой, пораженной после инсульта.

КОНТРОЛЬНЫЙ ИСПЫТУЕМЫЙ

БОЛЬНОЙ ИНСУЛЬТОМ



На этих фЯМР томограммах двух полушарий контрольного испытуемого (слева) и больного инсультом (справа) можно увидеть активные области мозга (показаны красным и желтым). Когда контрольный испытуемый раскрывает и сжимает правую руку, изображение левой моторной коры начинает светиться. После периода реабилитации больной инсультом с тяжелым поражением полушария для выполнения того же действия пользуется многочисленными областями коры как в правом, так и в левом полушариях. Мозг изменил свою структуру, чтобы сделать возможным выполнение данного движения.

Франциско применили сходную терапию, помогая музыкантам и рабочим восстановить возможность двигать пальцами по отдельности. Иногда, если люди пользуются одной и той же последовательностью движений, границы между областями коры начинают стираться. Зона, отвечающая за моторику одного пальца, сливается с остальными. В результате возникает фокальная дистония руки: вы пытаетесь поднять один палец, а еще один или несколько неизбежно следуют за ним. При помощи многократного выполнения заданий, различающихся

для каждого пальца, исследователи могли восстановить исходные границы на карте.

Мерзеник также обратил внимание на нарушения речи и дислексию у детей (как, впрочем, и у взрослых). В середине 90-х гг. он объединился с Полой Таллал (Paula Tallal) из Университета Рутгерса и создал компанию *Scientific*

*Learning*, производящую и продающую компьютерную программу *Fast ForWord*. Идея состояла в том, что благодаря замедлению определенных звуков – таких как «ба» и «да» – дети с проблемами восприятия речи могли быстро научиться слышать отдельные звуки, т.е. «б» отдельно от «а». В ходе сотен повторов (обучение происходило в виде игр, ▶

ОБ АВТОРЕ:

**Маргерит Холлоуэй** (Marguerite Holloway) – редактор журнала *Scientific American* и научный журналист, из г. Нью-Йорк.

которые могли продолжаться по 20 часов в неделю на протяжении месяцев) постепенно произнесение звуков ускорялось, и со временем ребята должны были научиться слышать и распознавать их с нормальной скоростью. Мерзеник, Таллал и ряд других ученых опубликовали статью в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, где говорилось о том, что у малышек, страдающих дислексией и обучавшихся с помощью *Fast ForWord*, не только улучшились навыки чтения, но и изменился

сам мозг, т.е. обработкой языка у них теперь занимались другие области.

Некоторые исследователи считают, что они смогут окончательно поверить в эффективность метода лишь после получения независимых оценок и воспроизведения результатов. Гвинивер Иден (Guinevere EEden) из Медицинского центра Джорджтаунского университета отмечает, что в экспериментах по улучшению навыков чтения не было контрольной группы. «Естественно, более результативным оказа-

лось второе тестирование, поскольку дети всегда проявляют себя лучше при повторной проверке, даже если их ничему не обучать», – размышляет Иден, добавляя, что компьютерные игры развивают внимание, поэтому прогресс мог быть связан именно с этим, а не с обработкой речи. Кроме того, у родителей появятся неоправданные надежды, и они потратят слишком много денег на покупку этой программы.

Мерзеник не согласен с оппонентами, заявляя, что не жалеет о создании



Программа обучения чтению, разработанная Майклом Мерзеником и Полой Таллал, направлена на то, чтобы заново сформировать связи в мозге детей с дислексией и другими проблемами. Компьютерная технология, названная *Fast ForWord*, до сих пор не изучена независимыми специалистами, однако сами исследователи говорят, что обнаружили у детей значительное улучшение.

## Исследования показали, что даже ежедневное чтение газет может сдерживать развитие болезни Альцгеймера.

*Scientific Learning*, и выражает сожаление, что программы недоступны достаточному количеству детей.

Главная проблема в области прикладной нервной пластичности – разрыв между нейронаукой и медицинской реабилитацией. «Существует множество интересных идей, как развивать способности людей, – замечает Грэфман (Grafman) из Национального института неврологических заболеваний и инсульта. – Но их применение в реабилитации всегда было болезненным и медленным».

### Пределы пластичности

Сейчас Мерзеник занимается изучением того, насколько обучение и игры могут облегчить состояние больного шизофренией, аутизмом и при старческой потере памяти. До сих пор никаких данных на эту тему не опубликовано.

Ученый убежден, что, сидя перед компьютером и выполняя определенные задания, можно спровоцировать выделение нейромедиаторов, отвечающих за память. «Запустив этот механизм, вы можете вызвать положительные изменения в мозге пожилых людей, так же как у детей, страдающих проблемами с обучением и памятью», – убежден Мерзеник. Тот же принцип подойдет для страдающих аутизмом и болезнью Паркинсона. «Мы все находимся под властью представления о том, что исправить работу больного мозга можно либо фармакологически, либо вмешательством в структуру пораженного мозга», – утверждает он. «Выполнение упражнений под руководством компьютера может быть эффективным, поскольку при этом мы действуем прицельно». Например, больные могут заниматься игрой, где они выигрывают деньги или преодолевают препятствия; вознаграждение за успех может запустить выделение, скажем, дофамина – нейромедиатора, связанного с ощуще-

нием удовольствия, – того самого, который постепенно пропадает при некоторых заболеваниях, включая болезнь Паркинсона.

Ученые ждут конкретных результатов, чтобы понять, где лежат границы пластичности, какова будет плата за нее – например, не может ли индукция пластичности помешать ее же развитию в будущем. И насколько совместимо применение фармакологических веществ с нашим пониманием нейропластичности.

Тем временем результаты совсем других исследований подтверждают главное убеждение Мерзеника, что целительная пластичность может быть вызвана поведением. Джеффри Шварц (Jeffrey Schwartz) из Калифорнийского университета в Ирвине сообщил об изменении карт мозга у людей с синдромом навязчивых состояний, прошедших поведенческое обучение. Больным, по всей видимости, удалось так перестроить мозг, что они избавились от определенных мыслей. Ученые из гериатрического исследовательского отдела Университета Лавала в Квебеке предположили, что упражнения могут предотвратить развитие болезни Альцгеймера. Исследование,

опубликованное в *Journal of the American Medical Association*, показало, что даже ежедневное чтение газет может сдерживать развитие болезни Альцгеймера. Крупномасштабное федеральное исследование пришло к тому же заключению.

Через восемь лет после падения с лошади актеру Кристоферу Риву (Christopher Reeve) удалось с помощью упражнений избавиться от параплегии (паралича обеих нижних конечностей и нижней части туловища) и дойти до такого состояния, что он мог шевелить пальцами рук и ног и отталкиваться ногами. Его выздоровление замечательно тем, что это первый зарегистрированный случай такого обширного восстановления связей от спинного к головному мозгу после столь длительного периода. На томограмме его мозг светится в самых неожиданных местах. «Нервная система способна практически на все», – заявляет лечащий врач Рива Джон Макдоналд (John W. McDonald) из медицинской школы Вашингтонского университета. «А что касается восстановления мозга, – говорит он, – просто мы еще не знаем, какие упражнения могут помочь при том или ином заболевании». ■

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ:

- Neural Plasticity: Merzenich, Taub and Greenough. Erin Clifford in *Harvard Brain*, Vol.16, pages 16–20; 1999. Доступно по адресу: <http://hcs.harvard.edu/~husn/BRAIN/vol6/pi6-20-Neuronalplasticity.pdf>
- Cortical Reorganization of Function after Brain Damage. Edited by Harvey S. Levin and Jordan Grafman. Oxford University Press, 2000.
- Neural Consequences of Environmental Enrichment. Henriette van Praag, Gerd Kempermann and Fred H.Gage in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol.1, No.3, pages 191–198; December 2000.
- Exercise, Experience and the Aging Brain. James D. Churchill, Roberto Galves, Stanley Colcombe, Rodney A. Swain, Arthur F. Kramer and William T. Greenough in *Neurobiology of Aging*, Vol.23, No.5, pages 941–955; September 2002.
- The Mind and the Brain: Neuroplasticity and the Power of Mental Force. Jeffrey M.Schwartz and Sharon Begley. Harper Collins, 2002.