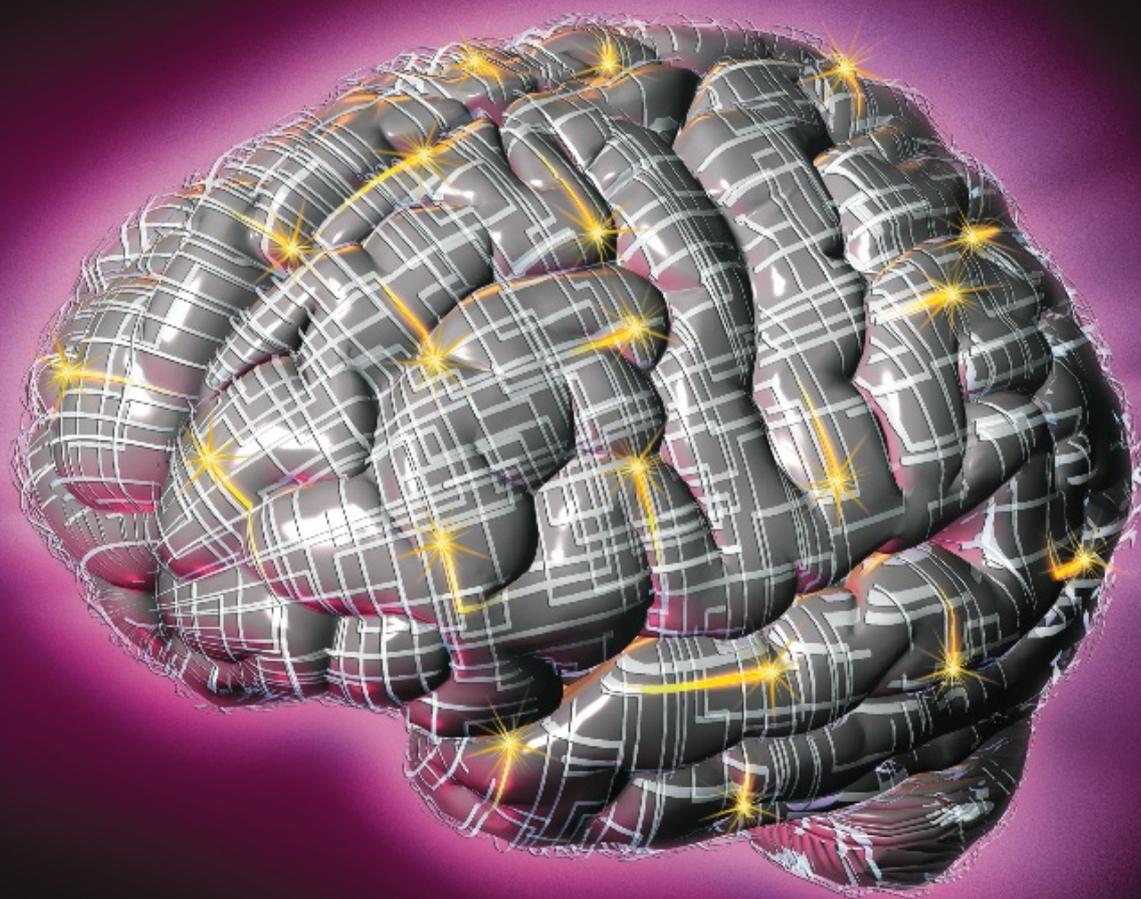


**e20 M032,**



Ларри Кэхилл

# ЕЕ МОЗГ



Строение и активность головного мозга у мужчин и женщин различны. Изучение этих особенностей может привести к разработке новых подходов к лечению депрессии и шизофрении.

**Х**мурым январским днем 2005 г. ректор Гарвардского университета Лоренс Саммерз (Lawrence Summers) заявил, что одна из причин слабой представленности женщин в науке может корениться во врожденных особенностях их головного мозга. Это замечание с новой силой разожгло дискуссию, начавшуюся более века назад. С тех пор как ученые обнару-

только теоретический интерес, но и помогают, например, объяснить, почему мужчины чаще женщин интересуются самолетами и футболом, а также означают, что для лечения больных обоих полов, страдающих такими нарушениями, как депрессия, наркомания, шизофрения и посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), возможно, требуются неодинаковые терапевтические подходы.

## Некоторые половые различия в организации головного мозга формируются задолго до того, как ребенок сделает свой первый вдох.

жили, что размеры головного мозга у женщин несколько меньше, чем у мужчин, они попытались использовать этот факт для обоснования умственного превосходства представителей сильного пола.

Вплоть до сегодняшнего дня никому еще не удавалось показать, что анатомические различия лишают женщин возможности достигать выдающихся успехов в математике, физике или технических дисциплинах (см. стр. 27). Более того, было установлено, что головной мозг мужчин и женщин имеет много общего. Однако за последние десятилетия исследователи выявили и ряд существенных различий структурной, биохимической и функциональной организации мозга у представителей разных полов. Они представляют не

### Мужской и женский мозг

Еще недавно нейробиологи полагали, что половые различия в строении головного мозга ограничиваются структурами, ответственными за половое поведение и спаривание. В 1966 г. в журнале *Scientific American* появилась статья «Половые различия головного мозга», в которой Сеймур Левин (Seymour Levine) из Стэнфордского университета анализировал роль половых гормонов в развитии реакций, характерных для полового поведения самцов и самок крыс. В статье речь шла только о гипоталамусе, небольшой структуре в основании головного мозга, регулирующей выработку гормонов и контролирующей пищевое, половое и некоторые другие основные формы поведе-

ния. Под влиянием взглядов Левина сформировалось целое поколение нейробиологов, уверовавших в то, что половые различия в строении мозга относятся главным образом к гипоталамусу и сказываются на выработке половых гормонов и поведением.

Современные ученые от этого представления отказались. Получены многочисленные данные, свидетельствующие о влиянии полового фактора на самые разнообразные аспекты познания и поведения: память, эмоции, зрительное и слуховое восприятие, узнавание и стресс. Прорыв в этой области знаний произошел 5–10 лет назад, когда с помощью бескровных методов визуализации – позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и функциональной магнито-резонансной томографии (МРТ) – стало возможным изучать мозг живого человека.

Исследования позволили выявить половые различия в строении целого ряда структур, расположенных в разных частях мозга. Так, например, Джилл Голдстейн (Jill M. Goldstein) из Гарвардской медицинской школы использовала МРТ для определения размеров многих корковых и подкорковых областей. Помимо прочего она обнаружила, что некоторые зоны лобной коры, ответственные за высшие когнитивные функции, а также участки лимбической коры, участвующие в развитии эмоциональных реакций, у женщин крупнее, чем у мужчин. Зато у последних лучше развиты части теменной коры, участвующие в восприятии пространства, и миндалина – структура, чувствительная к информации, пробуждающей эмоции и вызывающей сердцебиение и выброс адреналина в кровь. Различия в размерах этих структур, а также других отделов головного мозга весьма относительно.

Другие исследователи попытались выявить анатомические различия между мужским и женским

### ОБЗОР: МУЖСКОЙ И ЖЕНСКИЙ МОЗГ

Нейробиологи обнаруживают все новые различия в анатомии, биохимии и функционировании головного мозга мужчин и женщин.

Различия выявлены в самых разных частях мозга – в структурах, ответственных за память, эмоции, зрение, слух, навигацию и восприятие речи.

Ученые пытаются выявить связь между половыми различиями в организации мозга и особенностями познавательной деятельности и поведения мужчин и женщин. Их открытия приведут к разработке новых подходов к лечению мужчин и женщин, страдающих такими неврологическими нарушениями, как шизофрения, депрессия, наркомания и посттравматическое стрессовое расстройство.

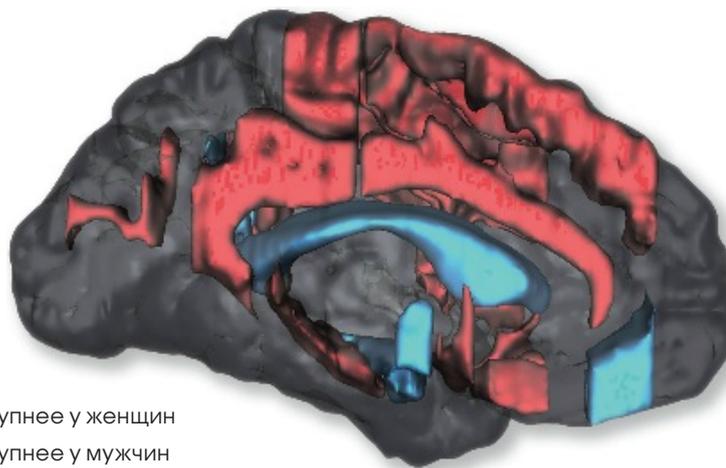
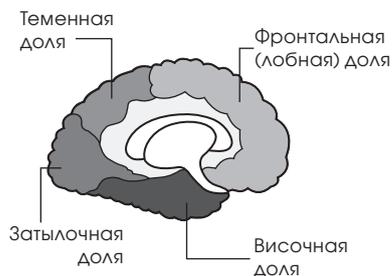
головным мозгом на клеточном уровне. Например, Сандра Уителсон (Sandra Witelson) из Университета Макмастера показала, что для женского мозга характерна более высокая плотность нейронов в зонах височной коры, связанных с переработкой и пониманием речевой информации. Подсчитав число нейронов в посмертных образцах мозговой ткани, исследовательница обнаружила, что в двух из шести слоев коры плотность нейронов на единицу объема ткани у женщин выше, чем у мужчин.

Все описанные анатомические различия в значительной степени обусловлены разным уровнем активности половых гормонов, воздействующих на мозг человека во время его внутриутробного развития. Эти стероиды определяют формирование нервных связей в мозге развивающегося плода и влияют на строение и нейронную плотность его различных образований. Любопытно, что у животных наибольшее количество рецепторов половых гормонов в мозге отмечается в тех областях, которые, по данным Голдстейн, наиболее различаются размерами у мужчин и женщин. Такая корреляция между размерами мозговых структур у взрослых особей и активностью половых стероидов у плода заставляет предположить, что некоторые половые различия познавательной функции не служат следствием культурных влияний или гормональных сдвигов во время полового созревания организма, а носят сугубо врожденный характер.

### Врожденные склонности

Предположение о том, что некоторые половые различия в организации головного мозга формируются задолго до того, как ребенок сделает свой первый в жизни вдох, подтверждаются и рядом поведенческих исследований. Психологам давно известно, что маленькие мальчики и девочки предпочитают

Анатомические различия выявляются во всех корковых долях головного мозга мужчин и женщин. Исследователи из Гарвардской медицинской школы показали, что объем одних корковых областей относительно общего объема мозга больше у женщин, а других – у мужчин (внизу). Отражаются ли половые различия на познавательных способностях, пока не ясно.



- Крупнее у женщин
- Крупнее у мужчин

ют совершенно разные игрушки. Первые тяготеют к мячам и машинкам, вторые, как правило, выбирают кукол. Но вопрос о том, чем определяются такие склонности (культурой или врожденной биологией головного мозга), долгое время оставался без ответа.

Разобраться в ситуации попыталась Мелисса Хайнс (Melissa Hines) из Лондонского городского университета и Джериэнн Александер (Gerianne M. Alexander) из Сельскохозяйственного и политехнического университета Техаса, изучавшие обезьян. Группе зеленых мартышек ученые предлагали широкий выбор игрушек: тряпичные куклы, тележки, книжки с картинками и т.д. Они обнаружили, что самцы больше играют с «мужскими» игрушками, а самки – с предметами, которым обычно отдают предпочтение девочки. За игрой с такими бесполовыми предметами, как книжки с картинками, животные обоих полов проводили одинаковое время.

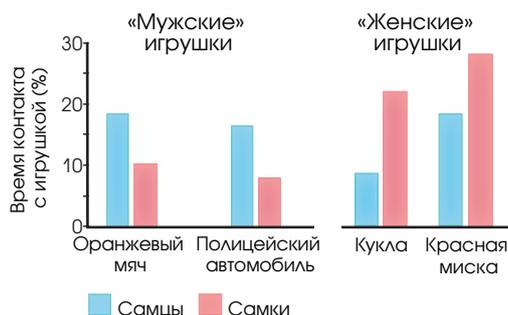
Можно предположить, что предпочтения детей разного пола при выборе игрушек отчасти определяются врожденными биологическими различиями. Предпочтения, как и половые различия анатомической организации головного мозга, по-видимому, сформировались в процессе эволюции под влиянием естественного отбора. В рассмотренном случае особи мужского пола (как мальчики, так и самцы мартышек) предпочитали предметы, которые легко перемещать в пространстве и можно использовать для шумных подвижных игр. Резонно предположить, что такие качества связаны с формами поведения, полезными для охоты и обеспечения ▶

### ОБ АВТОРЕ:

**Ларри Кэхилл** (Larry Cahill) работает на факультете нейробиологии и поведения Калифорнийского университета в Ирвине. Изучает процессы памяти и обучения у песчанок.

## ВРОЖДЕННЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ?

Зеленые мартышки предпочитали те же игрушки, что и маленькие девочки и мальчики: самцы проводили больше времени за игрой с машинками, а самки – с куклами (диаграмма внизу). Возможно, предпочтения, обнаруживаемые при выборе игрушек детьми, могут иметь биологическую природу.



безопасности партнера. Возможно, игрушки, предпочитаемые самками обезьян и девочками, помогают им овладевать навыками, которые впоследствии пригодятся им при уходе за детенышами.

Несколько иной подход для выяснения природы поведенческих половых различий использовал в своем исследовании Саймон Барон-Коэн (Simon Baron-Cohen) из Кембриджского университета. Он показал, что годовалые девочки проводят больше времени, наблюдая за своими матерями, чем мальчики того же возраста. А когда малышам предлагали фильмы, девочки отдавали предпочтение кадрам, где демонстрировались человеческие лица, а мальчики – изображения автомобилей.

### В условиях стресса

Половые различия биохимии и строения головного мозга влияют на то, как мужчины и женщины реагируют на окружение или вспоминают стрессовые события. Вновь обратимся к миндалине. Голдстейн установила, что у мужчин она крупнее, чем у женщин. У самцов крыс нейроны образуют в этой области мозга более многочисленные связи,

чем у самок. Можно было бы предположить, что эти анатомические особенности будут определять и неодинаковый характер реакций на стресс у самцов и самок.

Для проверки данного предположения Катарина Браун (Katharina Braun) из Университета Отто фон Герике в г. Магдебург (Германия) разлучила недавно родившихся детенышей дегу с матерями. Для этих небольших южноамериканских грызунов, похожих на крыс и живущих в природе многочисленными колониями, даже кратковременная изоляция от сородичей может обернуться стрессом. Затем ученые измерили концентрацию серотониновых рецепторов в различных областях головного мозга молодых зверьков. Серотонин – нейротрансмиттер, играющий ключевую роль в эмоциональном поведении животных и человека. (Терапевтическое действие препарата прозак, например, основано на его способности усиливать активность серотонина.)

В период изоляции детеныши дегу могли слышать голосовые сигналы матери. Было показано, что такая слуховая информация повышала концентрацию серотониновых рецепторов в миндалине самок и сни-

жала их концентрацию у самцов. Хотя полученные данные трудно экстраполировать на поведение человека, можно предположить, что если сходные процессы происходят и у детей, тревога, связанная с разлукой с матерью, по-разному влияет на эмоциональное состояние мальчиков и девочек. Если мы хотим понять, почему, например, тревожные расстройства намного чаще встречаются у девочек, чем мальчиков, необходимость в проведении подобных экспериментов становится очевидной.

Еще одной структурой, чье строение и реакции на стресс различаются у представителей разных полов, является гиппокамп (область мозга, участвующая в хранении следов памяти и в пространственном картировании окружающего мира). С помощью методов нейровизуализации было показано, что у женщин гиппокамп крупнее, чем у мужчин. Такое анатомическое различие может быть связано с особенностями навигации. Результаты многочисленных исследований указывают на то, что мужчины определяют маршруты передвижения главным образом за счет оценки расстояний и ориентации в пространстве, а женщины – с помощью наземных ориентиров. Любопытно, что сходные половые различия выявлены и у крыс. Самцы отыскивают выход из лабиринта, используя дирекционную и позиционную информацию, а самки – благодаря доступным ориентирам.

Даже нейроны гиппокампа у самцов и самок крыс ведут себя по-разному. Так, Джэнис Джураска (Janice M. Juraska) из Университета штата Иллинойс показала, что помещение грызунов в так называемую обогащенную среду (клетки с игрушками и несколькими сородичами для общения) оказывало неодинаковое влияние на структуру гиппокампальных нейронов самцов и самок. У последних такой опыт вызывал образование дополнительных ве-

точек на дендритном древе нейронов – разветвленной сети отростков, получающих сигналы от других нервных клеток. Возможно, такое изменение отражает увеличение числа нейронных контактов, что, в свою очередь, связано с формированием следов памяти. У самцов же обогащенная среда либо не влияла на состояние дендритного древа, либо даже слегка уменьшала его ветвистость.

Однако в условиях острого стресса самцы крыс обучаются лучше, чем самки. Трейси Шорз (Tracey J. Shors) из Университета Рутгерса обнаружила, что воздействие на хвост животных серии электрошоковых стимулов улучшало выполнение экспериментального задания самцами крыс и увеличивало у них плотность дендритных связей. Самки в условиях стресса хуже справлялись с заданием, а плотность их дендритных связей уменьшалась.

Хотя под влиянием острого стресса функции гиппокампа у самок ухудшаются, в условиях хронического стресса эта структура, похоже, обнаруживает у них гораздо большую пластичность, чем у самцов. Черил Конрад (Cheryl D. Conrad) из Университета штата Аризона ограничивал подвижность крыс, помещая их на 6 часов в тесную клетку. Затем ученый определял уязвимость гиппокампальных нейронов животных к действию нейротоксина (это стандартная процедура, предназначенная для оценки влияния стресса на нервные клетки). Было обнаружено, что хроническое обездвижение увеличивало восприимчивость гиппокампальных нейронов к токсину у самцов и не влияло на чувствительность к нему нервных клеток самок. Результаты исследования указывают на то, что ткани головного мозга самок обладают большей устойчивостью к воздействию хронического стресса, чем самцов. До сих пор не ясно, какие факторы защищают гиппокампальные нейроны от пагубного

влияния хронического стресса, но некоторые исследователи полагают, что не последнюю роль в этих процессах играют половые гормоны.

### Общая картина

Изучая нейрофизиологические механизмы восприятия и воспоминания стрессовых событий, я выявил различия в процессах образования следов памяти на волнующие инциденты у мужчин и женщин (как известно, у животных эти процессы связаны с активацией миндалины).

В одном из первых экспериментов мы демонстрировали добровольцам серию фильмов, содержащих сцены насилия, и с помощью ПЭТ оценивали активность их головного мозга. Через несколько недель мы спросили их о том, что им удалось запомнить.

Было обнаружено, что число фильмов, содержание которых могли вспомнить испытуемые, коррелировало с уровнем активности миндалины во время их просмотра. Позже я заметил нечто странное: в некоторых ▶

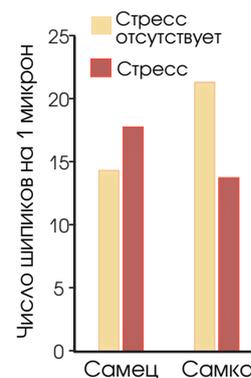
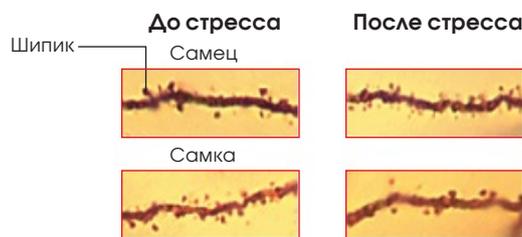
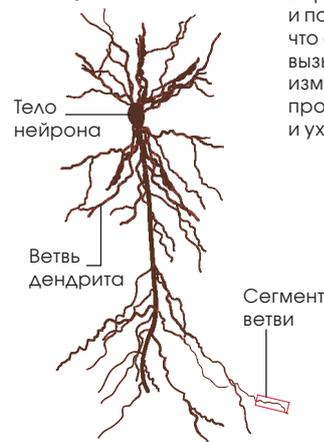
## ГИППОКАМП И СТРЕСС

У самцов и самок крыс гиппокамп по-разному реагирует и на острый, и на хронический стресс.

### Острый стресс

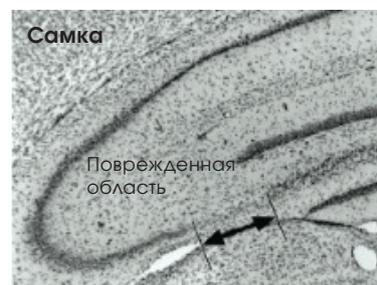
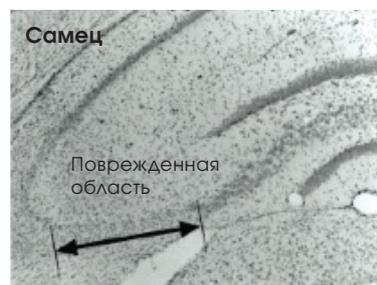
Как показала Трейси Шорз, кратковременный стресс вызвал увеличение плотности дендритных шипиков (участков дендрита, получающих возбуждающие сигналы от других нейронов) в гиппокампальных нейронах у самцов и ее снижение у самок. Поскольку гиппокамп участвует в процессах обучения и памяти, предполагается, что острый стресс вызывает анатомические изменения, облегчающие процесс обучения у самцов и ухудшающие его у самок.

#### Нейрон гиппокампа



### Хронический стресс

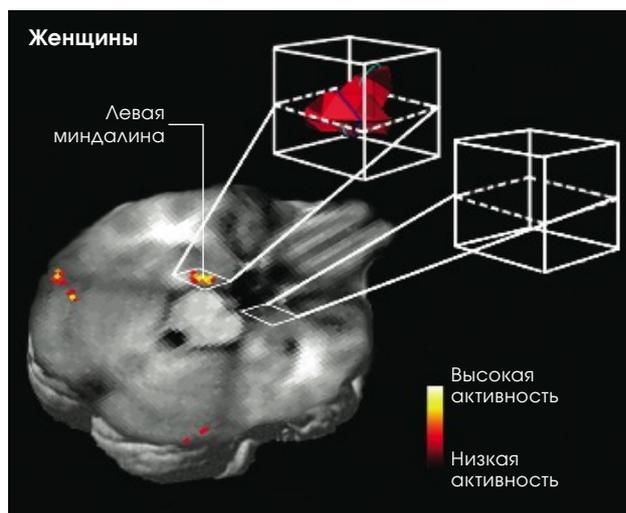
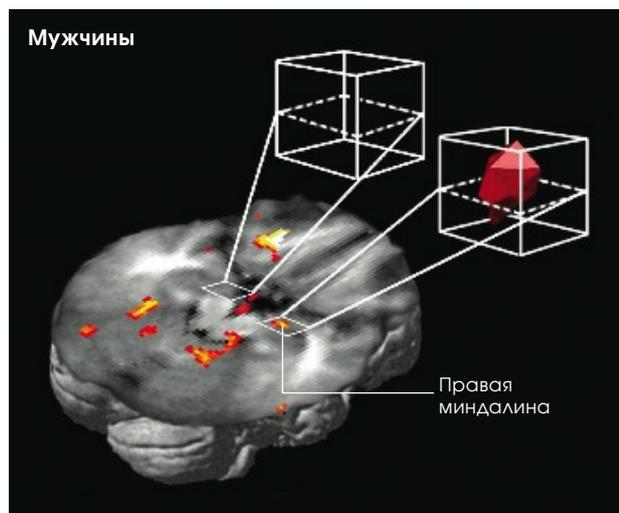
Напротив, длительный стресс повышает уязвимость гиппокампа самцов к неблагоприятным внешним взаимодействиям. Когда крысам, находящимся в состоянии такого стресса, вводили нейротоксин, наиболее серьезные повреждения отмечались в гиппокампе самцов (микрофотографии внизу).



## МИНДАЛИНА И ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ

Когда мужчинам и женщинам предъявляли слайды негативного содержания, активность миндалины (структуры мозга, ответственной за память на эмоциональные события) была различной. Во время просмотра у мужчин

активизировалась правая миндалина, а у женщин – левая. Исследователи показали, что половые различия в активности миндалины связаны с особенностями запоминания эмоционального события.



исследованиях отмечалось повышение активности миндалины только в правом полушарии мозга, а в других – только в левом. Через некоторое время я догадался, что в опытах, где наблюдалась активация правой миндалины, участвовали исключительно испытуемые мужского пола, а в тех, где активировалась левая миндалина, – только женщины. Эти различия в процессах формирования памяти на волнующие события позднее были продемонстрированы еще в трех исследованиях.

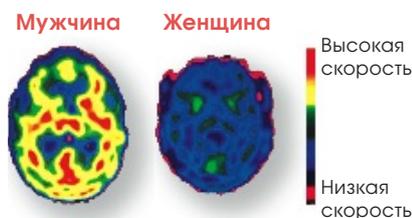
Но почему возникают такие различия? Мы обратились к одной из теорий столетней давности, соглас-

но которой правое полушарие мозга занимается переработкой информации, связанной с существенными аспектами ситуации, а левое – с ее более мелкими деталями. Если теория верна, рассуждали мы, то препараты, подавляющие активность миндалины, должны ухудшать способность к воспоминанию сути волнующих событий у мужчин и их подробностей – у женщин.

Одним из таких препаратов служит бета-блокатор пропранолол. Он угнетает активность адреналина и норадреналина, подавляя тем самым активность миндалины и ухудшая воспоминание волнующих событий прошлого. Мы дали препарат испытуемым мужского и женского пола, а затем продемонстрировали им короткий видеofilm о маленьком мальчике, попавшем в беду во время прогулки с матерью. Последующий опрос показал, что пропранолол ослабил способность мужчин вспомнить суть истории, т.е. что мальчик попал под колеса автомобиля. У женщин прием лекарства ухудшил память на незначительные детали фильма. Например, они не могли рассказать, что в руках у мальчика был футбольный мяч.

В последующих исследованиях мы обнаружили, что полушарные различия в реакциях мужчин и женщин на волнующую информацию проявляются почти мгновенно. Испытуемые, которым показывали фотографии неприятного содержания, реагировали на них всего через 300 мсек короткой вспышкой электрической активности мозга. У мужчин она была сильнее выражена в правом полушарии мозга, а у женщин – в левом. Таким образом, половые полушарные различия процессов переработки мозгом информации проявляются уже через 300 мсек после ее восприятия, т.е. задолго до того, как испытуемые начинают сознательно интерпретировать увиденное.

Выявленные закономерности могут иметь отношение к лечению ПТСР. Как ранее показал Густав Шеллинг (Gustav Schelling) из Университета Людвиг Максимилиана (Германия), пропранолол и подобные ему препараты ослабляют память на травматические ситуации. Приняв во внимание результаты наших исследований, ученый обнаружил, что



ПЭТ-сканы свидетельствуют о том, что серотонин вырабатывается в головном мозге мужчин быстрее, чем у женщин. Поскольку он влияет на настроение, женщины страдают депрессией чаще, чем мужчины.

бета-блокаторы снижают память на травматические события у женщин, но не у мужчин.

### Пол и психические расстройства

ПТСР – не единственное психическое нарушение, по-разному проявляющееся у женщин и мужчин. В исследовании, проведенном методом ПЭТ Мирко Диксичем (Mirko Diksic) из Университета Макджилла, было обнаружено, что у мужчин выработка серотонина в среднем на 52% выше, чем у женщин. Возможно, здесь и кроется причина более высокой подверженности женщин депрессии (ведь это расстройство лечат препаратами, повышающими концентрацию серотонина).

Сходная картина наблюдается и при наркомании. В этом случае главным действующим лицом является дофамин – нейротрансмиттер, отвечающий за возникновение чувства удовольствия после приема наркотика. Ученые обнаружили, что у самок крыс эстроген усиливает высвобождение дофамина в мозговых областях, участвующих в регуляции поведения, связанного с поиском наркотических веществ. Кроме того, было установлено, что этот гормон вызывает долгосрочные эффекты, заставляя самок крыс продолжать поиски кокаина даже спустя несколько недель после его последнего приема. Различия в восприимчивости к психическим стимуляторам (например, кокаину и амфетамину) позволяют объяснить более быстрое развитие у женщин наркотической зависимости.

Некоторые аномалии мозга, ответственные за развитие шизофрении, у мужчин и женщин имеют разную природу. Рубен и Ракель Гур (Ruben and Raquel Gur) из Пенсильванского университета изучают половые различия строения и функций мозга уже много лет. В одной из своих работ они измеряли размеры орбитофронтальной коры (области мозга, участвующей в регуляции эмоций)

В начале этого года ректор Гарвардского университета Лоренс Саммерз заявил, что более успешная деятельность мужчин на поприще науки, чем женщин, может быть связана с особенностями устройства головного мозга. Однако никаких убедительных свидетельств о связи между анатомией мозга и умственными способностями людей до сих пор не получено. Стандартные тесты по оценке общего уровня интеллекта испытуемые обоего пола выполняют примерно одинаково: в одних более высоких показателей добиваются женщины, в других – мужчины. И хотя нейробиологи уже выявили множество половых различий в строении и активности головного мозга, говорить о том, что они могут влиять на успехи в науке, не приходится.



Лоренс Саммерз в окружении репортеров (Гарвард, февраль 2005 г.).

Не исключено, однако, что головной мозг мужчин и женщин проявляет свою интеллектуальную силу немного по-разному. Так, например, Ричард Хайер (Richard Haier) попытался изучить корреляцию между объемом серого и белого вещества в различных отделах головного мозга и выполнением испытуемыми разного пола тестов по оценке уровня интеллекта. Серое вещество, как известно, состоит из тел нервных клеток и отвечает за переработку информации в головном мозге, а белое – образовано главным образом аксонами, по которым нейроны передают сигналы. Ученые

обнаружили связь между объемом серого и белого вещества и результатами выполнения тестов у испытуемых обоих полов, но структуры мозга, в отношении которых была выявлена эта корреляция, у мужчин и женщин были разными.

Другим исследователям воспроизвести эти результаты пока не удалось. Но если даже это и произойдет, перед учеными по-прежнему будет стоять извечный вопрос: а не отражают ли различия всего-навсего особенности женского и мужского подхода к решению проблем?

и сравнивали их с размерами миндалины (которая ведает возникновением эмоциональных реакций). Ученые обнаружили, что у женщин соотношение размеров орбитофронтальной коры и миндалины значительно выше, чем у мужчин.

Затем исследователи показали, что у больных шизофренией такое соотношение нарушено. У женщин, страдающих шизофренией, оно значительно ниже, чем у их здоровых сверстниц, а у больных мужчин – выше, чем у здоровых испытуемых того же пола и возраста. Удовлетворительного объяснения этим фактам пока нет. Ясно одно: женщины и мужчины болеют шизофренией по-разному, и ее лечение, возможно, должно проводиться с учетом пола пациентов.

### Пол и мозг

В докладе Национальной академии наук США (2001 г.), посвященном половым различиям в состоя-

нии здоровья граждан, говорится: «Половая принадлежность – одна из важнейших характеристик человека, которую необходимо учитывать при планировании и анализе исследований в биомедицине и других областях науки, связанных со здоровьем».

Идентификация всех половых различий строения и функций мозга, а также понимание их влияния на познавательные способности и психическое здоровье людей – дело далекого будущего. Но уже сегодня нейробиологам ясно, что различия затрагивают не только гиппокамп и половое поведение. Исследователям не всегда удается найти лучший подход к изучению влияния пола на мозг, поведение и реакции человека на лекарственные препараты. Но с каждым годом традиционное представление о том, что мужчины и женщины устроены почти одинаково, находит среди ученых все меньше сторонников.