

Крейг Кинсли и Келли Ламберт

МАТЕРИНСКИЙ МОЗГ

Беременность и материнство изменяют структуру головного мозга у самок млекопитающих, побуждая их окружать вниманием и заботой своих детенышей.

Матерями не рождаются, матерями становятся. Во время беременности и после рождения детенышей поведение самок практически всех млекопитающих (от крысы до человека) претерпевает глубокие изменения. Существо, чье поведение прежде было направлено в основном на удовлетворение собственных нужд, отныне всецело сосредотачивается на заботах о потомстве. Ученые издавна наблюдали за этим чудесным превращением, но его механизмы начали постигать только в последнее время. Проведенные исследования указывают на то, что во время вынашивания потомства, родов и лактации возникают сильные колебания уровня гормонов, способные вызывать реорганизацию головного мозга, увеличивая размеры нейронов в одних его областях и иницируя структурные изменения в других.

Одни отделы мозга участвуют в регуляции различных форм материнского поведения — сооружения гнезда, чистки шерсти детенышам и их защиты от хищников. Другие области контролируют память, способность к обучению и реакции животных на страх и стресс. Как показывают недавние эксперименты, крысы-матери лучше, чем их бездетные сверстницы, справляются

с такими тестами, как навигация в лабиринтах и поимка добычи. Таким образом, перестройка мозга, вызванная гормонами, не только побуждает самку заботиться о своих отпрысках, но и улучшает ее способности к добыванию корма, что повышает шансы детенышей на выживании. Улучшение когнитивных способностей у самок-матерей носит долгосрочный характер, сохраняясь у них до самой старости.

Биохимия материнского поведения

Первые доказательства того, что гормоны беременности вызывают у самок млекопитающих прилив материнских чувств, были получены более полувека назад. Так, в 1940-х гг. Фрэнк Бич (Frank A. Beach) из Йельского университета обнаружил, что женские половые гормоны эстроген и прогестерон регулируют агрессивное и половое поведение крыс, хомяков, кошек и собак. А некоторое время спустя Дэниел Лерман (Daniel S. Lehrman) и Джей Розенблат (Jay S. Rosenblatt) из Института поведения животных Университета Рутгерса пришли к выводу, что эти гормоны попросту необходимы для возникновения у самок крыс материнского инстинкта. В 1984 г. Роберт Бриджес (Robert S. Bridges) из Ветеринарной школы ▶

Тафтса Камингса сообщил, что у грызунов выработка эстрогена и прогестерона усиливается в определенные моменты беременности и возникновение материнского поведения зависит от взаимодействия этих гормонов и последующего снижения их уровня. Позднее Бриджес пришел к выводу, что пролактин (гормон, вызывающий лактацию) стимулирует возникновение родительских чувств у самок крыс, которым предварительно вводились прогестерон и эстроген.

Однако материнские инстинкты у самок млекопитающих могут провоцировать и другие вещества, влияющие на нервную систему. В 1980 г. Алан Гинцлер (Alan R. Gintzler) из Медицинского центра в деловой части Нью-Йорка при Нью-Йоркском университете сообщил, что у самок крыс на всем протяжении беременности (и особенно перед самими родами) увеличивается уровень эндорфинов — белков, вырабатываемых гипофизом и гипоталамусом и способных подавлять боль. Эндорфины не только готовят организм самки к родовым мукам, но и способствуют возникновению материнских чувств. Таким образом, согласно данным последних исследований, регуляция родительских эмоций требует согласованной работы многих гормональных и нейрохимических систем, причем мозг самок млекопитающих чрезвычайно восприимчив к изменениям, происходящим в организме во время беременности.

Ученым удалось идентифицировать и мозговые структуры, управляющие материнским поведением. Майкл Ньюмен (Michael Newman) и Мэрилин Ньюмен (Marilyn Newman) из Бостонского колледжа показали, что важнейшее участие в его возникновении принимает один из отделов гипоталамуса — медиальная преоптическая область (мПОО). Повреждение данной структуры или введение в нее морфина подавляет материнский инстинкт у самок крыс. Влияют на него и некоторые другие области мозга (рис. стр. 52), причем каждая из них содержит множество рецепторов гормонов и прочих нейрохимических соединений. Известный нейробиолог Пол Маклин (Paul MacLean) из Национального института психического здоровья предположил, что важнейшей частью системы родительского поведения служит нервный путь из таламуса (релейная структура головного мозга) в поясную область коры, ведающую эмоциями. Повреждение поясной коры у крыс-матерей приводит к исчезновению материнского инстинкта. В своей книге «Триединый мозг в эволюции» (*Triune Brain in Evolution, 1990*) Маклин предполагает, что развитие нервного пути во многом способствовало эволюционному превращению примитивного мозга рептилий в сложно устроенный мозг млекопитающих.

Интересно отметить, что хотя половые гормоны и порождают родительские чувства, зависимость от

них головного мозга со временем ослабевает: впоследствии уже сами детеныши вызывают у самки нежность. Хотя новорожденные животные — требовательные и весьма неприглядные на вид существа, ничто не сравнится с материнской преданностью им, даже столь сильные мотивации, как половой и пищевой инстинкт. По мнению Джоан Моррел (Joan I. Morrell) из Университета Рутгерса, вознаграждением для матери служит сам контакт с детенышами. Когда самкам предлагали на выбор кокаин или общение со своими малышами, они предпочитали крысят.

Исследователи считают, что в процессе лактации в организме самки может вырабатываться некоторое количество эндорфинов. Эти естественные опиаты и побуждают мать снова и снова тянуться к своему потомству. Кроме того, непосредственный контакт с детенышами способствует выработке гормона окситоцина, оказывающего на материнский организм аналогичное действие. Вполне вероятно, что мыши, крысы и прочие «примитивные» млекопитающие, которым скорее всего неведомы высокие человеческие чувства любви к детям, заботятся о своем потомстве просто потому, что им это доставляет удовольствие.

Что же можно сказать о мотивации материнского поведения у женщин? Джеффри Лорбербаум (Jeffrey P. Lorberbaum) из Медицинского университета Южной Каролины с помощью метода магнитно-резонансной томографии (МРТ) попытался понять, что происходит в мозге матери, услышавшей плач своего ребенка. Оказалось, что реакции человеческого организма в такой ситуации ничем не отличаются от тех, что происходят у грызунов: наибольшая активность в обоих случаях отмечалась в мПОО гипоталамуса и префронтальной и орбитофронтальной областях коры. Андреас Бартелз (Andreas Bartels) и Семир Зеки (Semir Zeki)

ОБЗОР: МАТЕРИНСКАЯ МУДРОСТЬ

- Гормоны, вырабатываемые организмом беременной самки, вызывают не только реорганизацию областей мозга, регулирующих материнское поведение, но и изменения в структурах, ведающих памятью и обучением.
- Данные процессы в головном мозге помогают понять, почему крысы-матери лучше, чем бездетные самки, справляются с такими заданиями, как навигация в лабиринтах и поимка добычи.
- Сегодня ученые пытаются выяснить, вызывает ли материнство аналогичное улучшение когнитивных способностей у женщин.

из Лондонского университетского колледжа выявили еще один любопытный факт: области головного мозга, отвечающие за систему вознаграждения, активировались даже тогда, когда женщины просто смотрели на своих малышек.

Когда крысам-матерям предлагали на выбор кокаин или общение со своими новорожденными детенышами, самки предпочитали крысят.

Такое сходство между реакциями головного мозга человека и животных наводит на мысль о том, что мозговая нервная сеть, ответственная за материнское поведение у тех и других, имеет одинаковую природу.

Беременность и мозг

Чтобы понять принципы работы нервной сети, исследователи изучили изменения, происходящие в головном мозге самок млекопитающих на разных стадиях репродуктивного цикла. В середине 1990-х гг. Лори Кейзер (Lori Keyser) из Ричмондского университета заметила, что тела нейронов в мПОО беременных крыс значительно увеличиваются в объеме. Более того, чем больше срок беременности, тем длиннее и многочисленнее становятся дендриты (короткие отростки нейронов, получающих нервные сигналы) клеток. Аналогичные изменения наблюдались и у самок грызунов, которым в дозах, соответствующих тем или иным стадиям беременности, вводились прогестерон и эстрадиол (самые мощные из естественных эстрогенов). Подобным изменениям нейронов обычно сопутствует усиление синтеза и активности белков. По сути дела, гормоны беременности готовят нейроны мПОО к предстоящему материнству: после родов эти клетки направляют внимание и мотивацию самок на детенышей, побуждая их заботиться о своих малышах, охранять и кормить их, т.е.

проявлять особые формы активности, которые в совокупности и называются материнским поведением.

Однако родительские обязанности помимо непосредственного ухода за потомством подразумевают и другие виды деятельности. Возможно, из-

менениям подвергаются еще какие-то структуры мозга у самок крыс. Например, чтобы прокормить малышей, мать в поисках пищи вынуждена регулярно покидать свое безопасное жилье, подвергая и себя, и свое потомство опасности стать добычей хищников. Однако если бы она не отлучалась, все семейство неизбежно погибло бы от голода. Какие когнитивные сдвиги могли бы снизить для самки риск? Мы предположили, что, во-первых, это совершенствование навыков поиска корма (например, улучшение способности к пространственной навигации), которое могло бы значительно сократить время, проводимое животным вне дома. Во-вторых, притушение чувства страха и тревоги, что позволило бы самке безбоязненно отлучаться из гнезда, быстрее отыскивать пищу и давать решительный отпор врагам.

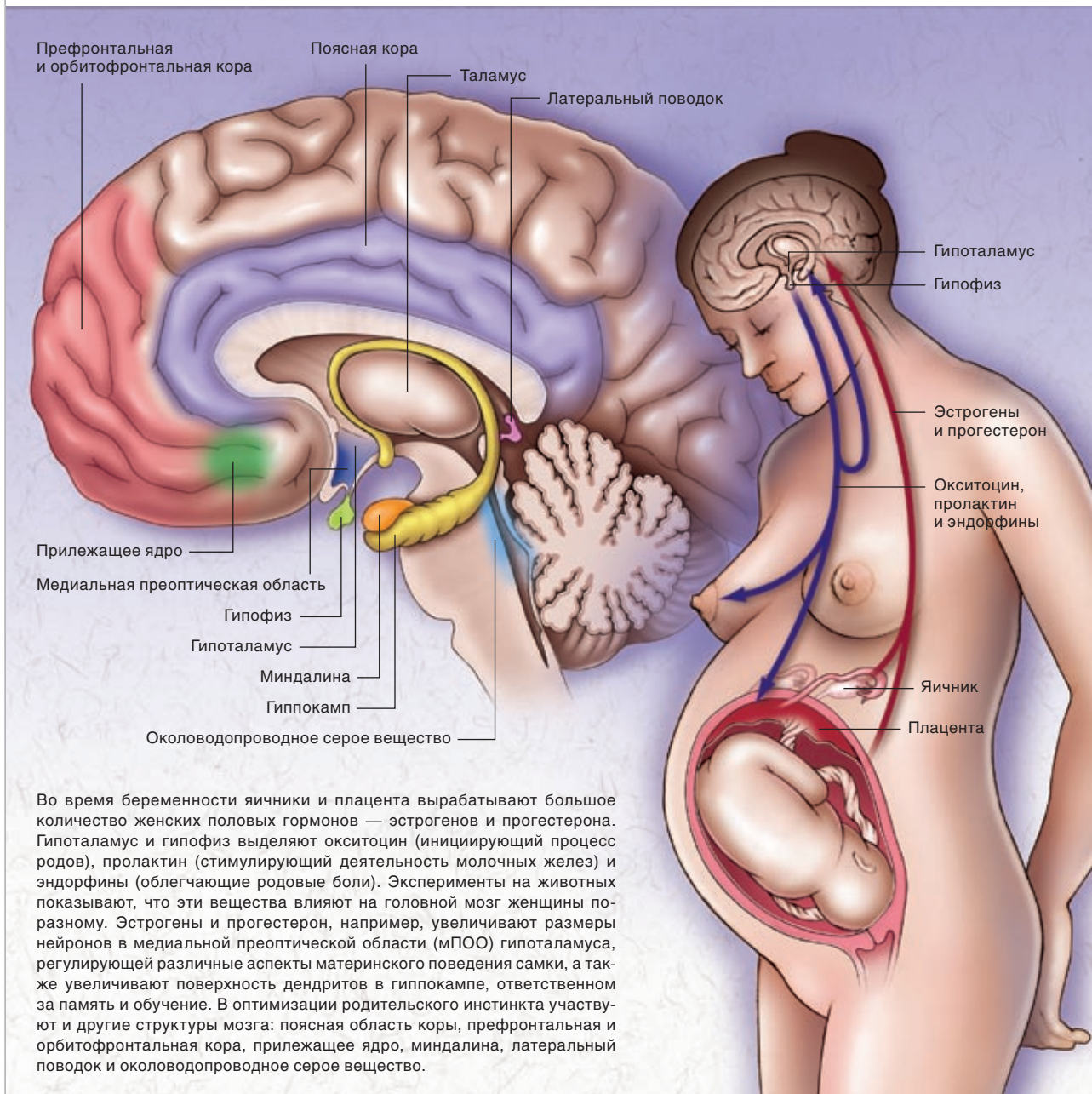
В 1999 г. мы смогли доказать, что репродуктивный опыт улучшает пространственное обучение и память у крыс, подтвердив тем самым правильность первого предположения. Молодые самки, уже имевшие потомство, намного лучше, чем их бездетные ровесницы, запоминали местоположение лакомства в лабиринтах двух разных конфигураций (рис. стр. 54). Повышение способности к поиску пищи отмечалось как у лактирующих крыс, так и у тех, кто в меньшей мере за две недели до тестирования прекращал кормить

детенышей молоком. Мы обнаружили также, что не имеющие потомства самки, которым отдали на «воспитание» чужих крысят, вели поиск пищи не менее эффективно, чем кормящие мамы. Результаты опытов позволяют предположить, что пространственную память животных способно улучшить одно только присутствие детенышей, возможно, благодаря активации мозговых процессов, изменяющих структуру нейронов или увеличивающих секрецию окситоцина.

Совершенствуются ли у крыс-матерей и другие охотничьи навыки? Недавно проведенные опыты продемонстрировали, что крысы-матери значительно быстрее других ловят добычу. Голодных рожавших и нерожавших самок помещали в загон длиной 1,5 м с опилками на полу, где прятался сверчок. Если бездетным самкам на поиск и поедание жертвы требовалось в среднем 270 секунд, то лактирующим животным хватало 50 секунд. Крысиные мамы быстрее справлялись даже в том случае, если не слышали пения сверчка или были не так голодны, как не знавшие материнства грызуны.

Правильность же второго предположения подтвердила Инга Нойманн (Inga Neumann) из Реденбургского университета (Германия), продемонстрировавшая, что в стрессовых ситуациях (например, оказавшись в воде) беременные и кормящие крысы испытывают меньше страха и тревоги (их оценка производится по уровню стрессовых гормонов в крови), чем нерожавшие самки. Сотрудник лаборатории К. Кинсли Дженнифер Уортелла (Jennifer Wartella) подтвердила данный вывод, изучив поведение крыс в 1,5-метровом загоне. Она заметила, что крысы-матери активнее исследуют территорию и реже останавливаются, чем те, что не имели потомства. Кроме того, у обремененных родительскими заботами грызунов было выявлено снижение уровня ▶

БЕРЕМЕННОСТЬ, ГОРМОНЫ И МОЗГ



нейронной активности в поле СА3 гиппокампа и базолатеральной миндалине (областях мозга, контролирующих стресс и эмоции). Таким образом, ослабление чувства страха и тревоги в сочетании с улучшением пространственной ориентации позволяет крысам-матерям бесстрашно покидать гнездо, вести эффективный поиск корма и быстро возвращаться к детенышам.

Важнейшую роль в возникновении подобных поведенческих сдвигов у беременных и лактирующих самок играют определенные изменения в гиппокампе (структуре мозга, регулирующей память, обучение и эмоции). Кэтрин Вулли (Catherine Woolley) и Брюс Макивен (Bruce McEwen) из Рокфеллеровского университета выявили периодические изменения поля СА1 гиппокампа у

самок крыс во время эстрального цикла (эквивалент женского менструального цикла). По мере того как в крови самок возрастает уровень эстрогена, плотность дендритных шипиков (крошечных выростов дендритов, обеспечивающих увеличение поверхности для восприятия нервных сигналов) в этой области гиппокампа значительно повышается. Если даже непродолжительное

изменение уровня гормона во время эстрального цикла вызывает столь глубокие структурные сдвиги, что же происходит с гиппокампом во время беременности, когда уровень эстрогена и прогестерона повышается надолго? Исследователи из лаборатории К. Кинсли изучили головной мозг крыс «на сносях», а также мозг самок, получавших гормоны беременности. Они обнаружили, что плотность дендритных шипиков в поле CA1 гиппокампа у этих животных была выше, чем у небеременных самок. Поскольку именно через дендритные шипики нейроны и получают нервные сигналы, не исключено, что значительное увеличение их плотности во время ожидания потомства напрямую связано с улучшением способностей крыс-матерей к пространственной навигации и охоте.

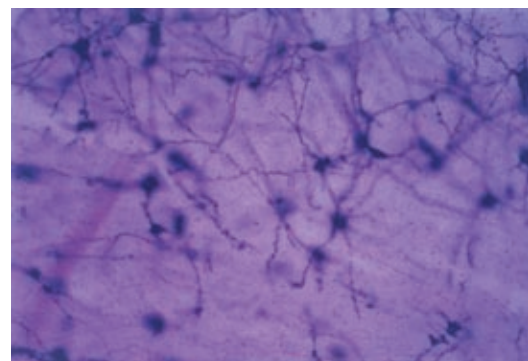
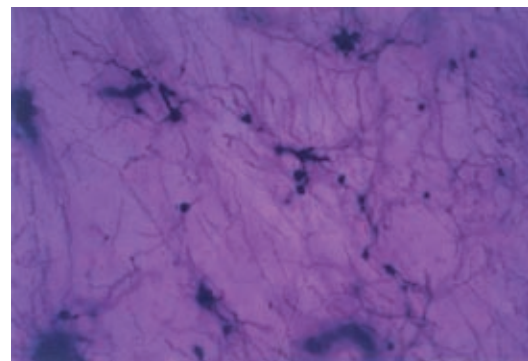
Сохраняются ли когнитивные навыки по окончании периода лактации? Джессика Гейтвуд (Jessica Gatewood) из лаборатории К. Кинсли обнаружила, что рожавшие крысы в возрасте двух лет (что по человеческим меркам соответствует седьмому десятку) учатся выполнять пространственные тесты значительно быстрее, чем их бездетные сверстницы, и дольше сохраняют в памяти приобретенный навык. Были изучены различные возрастные группы животных (6, 12, 18 и 24 месяца), и всякий раз оказывалось, что крысы, имевшие потомство, лучше запоминали местоположение лакомства в лабиринтах, чем остальные. Завершив поведенческие тесты, мы исследовали мозг «передовых» крыс и обнаружили, что в двух отделах гиппокампа (поле CA1 и зубчатой извилине) у них значительно меньше отложений предшественников амилоида (играющих важную роль в развитии старческой дегенерации нервной системы).

Недавно были проведены опыты с участием другой генетической линии крыс и с иными тестовыми условиями. Исследователи

Дженнифер Лав (Gennifer Love) и Мелисса Морган (Melissa Morgan) подтвердили, что старые рожавшие крысы (возрастом до 22 месяцев) отличаются более высокими способностями к пространственной навигации, чем их ровесницы, не приносившие потомства. Животным предлагалось пройти высокий крестообразный лабиринт с двумя открытыми участками, которые грызуны обычно избегают (рис. стр. 54). В большинстве случаев плодовые самки проводили значительно больше времени на «страшных» участках лабиринта, чем нерожавшие. Изучение головного мозга грызунов показало, что в поясной, лобной и теменной коре крыс-мамаш дегенерирующих нейронов значительно меньше, чем у остальных, притом что эти корковые области, как известно, имеют мощный сенсорный вход. Таким образом, полученные результаты наводят на мысль, что многократное заполнение головного мозга самки гормонами беременности в сочетании с обогащенной сенсорной средой гнезда способны ослаблять воздействие некоторых факторов старения на познавательные функции мозга.

Материнство и женский мозг

Оказывают ли беременность и материнство какое-либо влияние на когнитивные функции женщин? Как показывают результаты последних исследований, сенсорные регуляторные системы человеческого мозга могут подвергаться таким же изменениям, что и у животных. Элисон Флеминг (Alison Fleming) из Университета Торонто в Миссиссоуга обнаружила, что матери способны распознавать огромное множество запахов и звуков, производимых их детьми, что, возможно, связано с улучшением их сенсорных способностей. Флеминг установила, что женщины, у которых высок послеродовой уровень кортизола, более восприимчивы к запахам своих



Тела нейронов медиальной преоптической области (мПОО) гипоталамуса у нерожавших самок крыс (наверху) значительно мельче, чем у беременных (внизу). Гормоны беременности готовят нейроны мПОО к предстоящим трудностям материнства, увеличивая синтез белка в этих клетках и их активность.

малышей и их плачу, чем те, у кого этого гормона немного. Можно предположить, что кортизол, количество которого обычно повышается в стрессовых ситуациях и который способен негативно влиять на здоровье человека, оказывается полезен молодым мамам. Высокий уровень кортизола обостряет внимание, бдительность и восприимчивость женщин, укрепляя тем самым их взаимосвязь с ребенком.

Результаты некоторых исследований указывают и на другие возможные особенности материнского организма. Так, Томас Перлз (Thomas Perlz) из Бостонского университета обнаружил, что женщины, забеременевшие после 40, доживают до 100 лет в 4 раза чаще, чем те, что родили молодыми. Перлз объясняет это обстоятельство тем, что у женщин, которые смогли естественным образом забеременеть на пятом десятке, ►

МАТЬ ЗНАЕТ ЛУЧШЕ

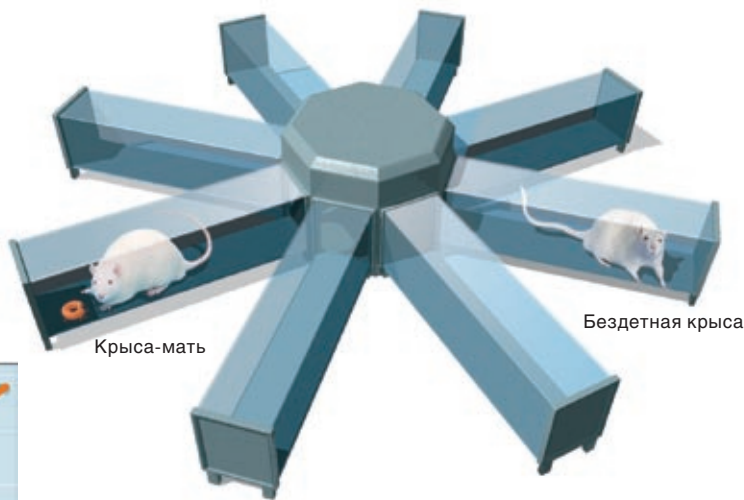
Как показывают последние исследования, репродуктивный опыт улучшает у крыс пространственное обучение и память и одновременно ослабляет страх и стресс. Полученные преимущества повышают способности самок к добыванию пищи, а значит, и шансы их детенышей на выживание.

ВОСЬМИКОНЕЧНЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ ЛАБИРИНТ

Ученые знакомили крыс с радиальным лабиринтом, где лакомство лежало сначала во всех восьми его выступах, затем — только в четырех, двух и, наконец, только в одном. Затем исследователи определяли, хорошо ли животные помнят, где именно находится пища. Крысы, имевшие две или больше беременностей, справлялись с заданием наиболее успешно. Нерожавшие самки достигали сравнимых успехов только на седьмой день.

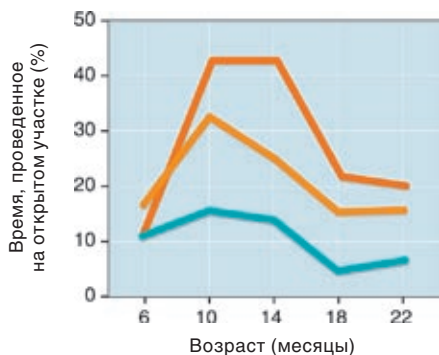


- Крысы-матери
- Бездетные самки крыс

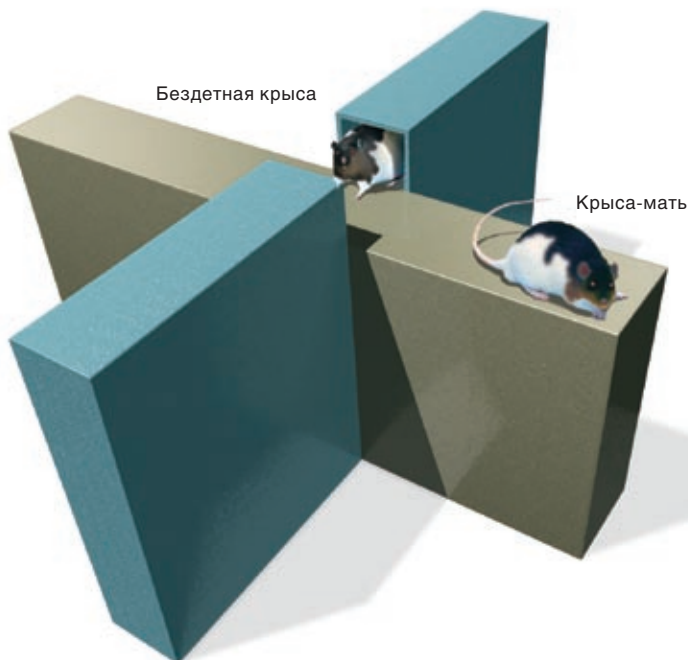


ПРИПОДНЯТЫЙ КРЕСТООБРАЗНЫЙ ЛАБИРИНТ ВЫСОТОЙ 1,2 М

Ученые засекали время, в течение которого крысы находились на открытых выступах (обычно грызуны стараются их избегать, предпочитая держаться на закрытых участках). Почти во всех возрастных группах крысы-матери вели себя куда смелее и оставались на страшных участках лабиринта значительно дольше, чем нерожавшие самки.



- Самки, имевшие одну беременность
- Самки, имевшие две беременности
- Бездетные самки



процессы старения протекают замедленно. А нам бы хотелось добавить, что беременность вполне может стимулировать функции головного мозга женщин в критический период их жизни, когда только-только начинается обусловленный менопаузой спад уровня половых гормонов. Возможно, благотворное влияние материнства на когнитивные функции каким-то образом помогает компенсировать утрату гормонов памяти, улучшая тем самым состояние нервной ткани и увеличивая продолжительность жизни.

Дает ли материнство женщинам какие-либо преимущества в конкурентной борьбе с другими людьми за ограниченные источники существования? К сожалению, исследований, посвященных сравнению способностей матерей и нерожавших женщин к обучению и пространственной ориентации, проведено слишком мало. В 1999 г. Гален Бакуолтер (J. Galen Buckwalter) из Университета Южной Каролины сообщил, что в нескольких тестах на вербальную память беременные женщины показали более низкие результаты, чем небеременные, но вскоре после родов их показатели выросли. В этих опытах, однако, участвовали всего 19 испытуемых, причем никакой предварительной оценки их общих умственных способностей не проводилось.

В последнее время исследователи все чаще стали обращать внимание на один навык, традиционно связываемый с материнством, — способность одновременно выполнять различные виды деятельности. Возможно, благодаря изменениям в головном мозге матери гораздо успешнее, чем бездетные женщины, совмещают столь разноплановые занятия, как уход за ребенком, работа, социальная активность и т.д. Ответа на данный вопрос ученые пока не знают, но им хорошо известно, что наш мозг необычайно пластичен: когда человек сталкивается с каким-либо серьез-

ным испытанием, в мозге происходят изменения. Арн Мэй (Arne May) из Регенсбургского университета выявил структурные перестройки головного мозга у молодых людей, пытавшихся научиться жонглировать тремя мячами. Когда испытуемые овладели этим навыком, области мозга, ответственные за восприятие и предсказание движений, стали у них обширнее, а после прекращения тренировок вновь сократились. Не исключено, что подобным же образом изменения, произошедшие в мозге беременных женщин, позволяют матерям мастерски «жонглировать» своими родительскими обязанностями.

Как показывают исследования, крысы-матери тоже отличаются высокими способностями к разносторонней деятельности. В ходе опытов было обнаружено, что они почти всегда одерживали верх над нерожавшими самками в конкурентных ситуациях, когда животным нужно было одновременно следить за зрительными сигналами, звуками, запахами и соперниками. В состязании по поиску лакомства крысы, имевшие две или большее число беременностей, в 60% случаев первыми находили еду. Самки, рожавшие только один раз, одерживали победу в 33% случаев, а нерожавшие крысы — только в 7% испытаний.

А как обстоят дела с отцовским мозгом? Дает ли им забота о детенышах какие-нибудь интеллектуальные преимущества? Некоторый свет на эти вопросы проливают исследования крошечных бразильских обезьян игрунок. Игрунки — моногамные животные, причем о детенышах заботятся оба родителя. Ученые из Приматологического центра *Monkey Jungle* в Майами (Флорида) изучали поведение игрунок-родителей, которые должны были научиться находить контейнер с наибольшим количеством пищи. Оказалось, что как матери, так и отцы показывали в тесте лучшие результаты, чем обезьяны, еще не успевшие обзаве-

стись потомством. Данное наблюдение подтверждает результаты более раннего исследования калифорнийских хомячков (их самцы также активно участвуют в воспитании малышей). Ученые установили, что хомячки-родители обоих полов лучше ориентировались в лабиринтах, чем бездетные животные.

Таким образом, репродуктивный опыт вызывает в головном мозге млекопитающих определенные сдвиги, изменяющие навыки, способности и поведение животных (особенно самок). Для материнской особи важнейшая задача в эволюционном плане — обеспечить эффективность своих «генетических инвестиций» в потомство. Материнское поведение эволюционировало, чтобы повысить шансы самок и их детенышей на выживание. Речь, конечно, не идет о том, что с любыми поведенческими тестами самки-матери должны справляться лучше, чем бездетные. По-видимому, максимальная эффективность проявляется лишь в ситуациях, непосредственно влияющих на выживание потомства. Но головной мозг самки должен заранее подготовиться к серьезному испытанию — родам и воспитанию детенышей, а потому материнство, похоже, дает самке множество поведенческих преимуществ. Иными словами, чем труднее жизнь, тем изобретательнее должен работать мозг. ■

ОБ АВТОРАХ:

Крейг Кинсли (Kraig H. Kinsley) и **Келли Ламберт** (Kelly G. Lambert) изучают влияние беременности и материнства на головной мозг самок млекопитающих уже более 10 лет. Кинсли — профессор нейробиологии психологического факультета и Нейробиологического центра Ричмондского университета. Ламберт — профессор поведенческой нейробиологии и психологии и декан психологического факультета Колледжа Рэндалфа в Мейконе.