

Сон: забыть, чтобы лучше помнить

Во время сна в мозге происходит ослабление связей между нервными клетками. Этот процесс позволяет забыть неважные воспоминания, что облегчает дальнейший процесс обучения. Кроме того, таким образом мозг экономит энергию.

Каждую ночь, когда сон лишает нас зрения, слуха и возможности двигаться, наш мозг продолжает активно работать. Нейроны возбуждаются почти так же часто, как в состоянии бодрствования, а потребление энергии достигает высоких отметок. Но для чего нужна такая бурная деятельность во время отдыха?

По всей видимости, она играет важнейшую роль. Первый аргумент в пользу такого утверждения заключается в вездесущности сна. Все животные так или иначе погружаются в сон, хотя в этот момент они и становятся уязвимее для хищников. Птицы, пчелы, игуаны, тараканы — все они спят. Не могут постоянно бодрствовать даже дрозофилы, как мы доказали это вместе с другими учеными десять лет назад. Эволюция повлекла за собой удивительные методы адаптации, которые позволяют животным спать. Так, у дельфинов и некоторых других морских млекопитающих, которым необходимо всплывать на поверхность, чтобы дышать, спит только одно полушарие мозга, тогда как другое продолжает бодрствовать.

Но в чем же состоит эта самая функция сна, которая делает его столь необходимым для всех? Когда мы бодрствуем, информация записывается в нашем мозге в виде изменений нейронных связей. Более 20 лет назад мы предположили, что когда мы спим, миллиарды измененных за день нейронных связей ослабляются (в зависимости от важности закодированных воспоминаний) и возвращаются в изначальное состояние. Таким образом, сон позволяет записывать новые воспоминания на протяжении жизни таким образом, чтобы избежать перенасыщения связей в мозге, которое бы привело к уничтожению новых воспоминаний.

Спорная гипотеза

Наша гипотеза идет вразрез с мнением многих нейробиологов. Некоторые полагают, что длительное запоминание обеспечивается укреплением во время сна синапсов (места контактов нейронов), которые относятся к недавно приобретенным воспоминаниям. Мы же считаем, что речь идет об ослаблении синапсов, которые связаны с бесполезными воспоминаниями. Мысль о том, что сон чрезвычайно важен для памяти, возникла почти столетие назад. С тех пор был проведен целый ряд экспериментов, которые подтвердили, что новые воспоминания прочнее закрепляются в памяти после ночи сна, чем после аналогичного периода бодрствования. Это касается как декларативной памяти (относится к словам), так и перцептивной и процедурной памяти (сюда входят различные навыки и умения, например, игра на музыкальном инструменте).

Нейробиологи начали искать способ понять то, как мозг обрабатывает новые воспоминания во время сна. За последние 20 лет исследования грызунов и людей выявили сходства в определенных схемах нейронной активности во время сна и бодрствования. Так, например, когда крыса пытается запомнить путь через лабиринт, нейроны участка мозга под названием гиппокамп возбуждаются в особой последовательности. Далее во сне эти последовательности повторяются слишком часто, чтобы их можно было рассматривать как случайный плод мозговой деятельности. Другими словами, мозг вновь проигрывает сцены, которые были пережиты во время бодрствования.

Многие ученые предположили, что сон закрепляет воспоминания с помощью усиления синапсов, которые активизировались во время записи информации при бодрствовании. Их мысль заключается в том, что при активизации связанных таким образом нейронов синапсы все лучше и лучше проводят сигнал. Такое избирательное укрепление связей (долговременная синаптическая пластичность) служит механизмом запоминания нашего мозга. Воспоминание кодируется в нейронных связях с помощью усиленных связей, которые становятся еще прочнее во время сна.

Укрепление связей во сне не доказано

Во время бодрствования мозг также проигрывает воспоминания, и укрепление синапсов в этом процессе является установленным фактом. Тем не менее, укрепление таких связей во сне так и не было подтверждено. Нас же это вовсе не удивляет, потому что, по нашему мнению, мозговая активность во время сна ведет к ослаблению, а не укреплению нейронных связей.

Множество причин указывают на то, что подобное ослабление представляет собой залог правильной работы мозга. Во-первых, чем сильнее синапсы, тем больше они требуют энергии, а ее резервы всегда ограничены. У человека на мозг приходится около 20% всех энергозатрат организма, что делает его самым «прожорливым» органом на единицу массы. По меньшей мере, две трети этого энергопотребления уходит на обеспечение активности синапсов.

Кроме того, формирование и укрепление синапсов очень требовательны к клеткам, которым нужно вырабатывать сразу несколько составляющих, такие как митохондрии (клеточные «электростанции»), синаптические пузырьки (переносят сигнальные молекулы) и различные виды белков и жиров, которые необходимы для обеспечения связи через синапсы.

В силу ограниченности имеющихся ресурсов мозг не в состоянии укреплять синапсы день и ночь в течение всей жизни. Мы сомневаемся не в роли усиления связей как таковых, а в том, что этот процесс продолжается и во время сна. Ослабление же синапсов может позволить сэкономить энергию и снизить нагрузку на клетки. Мы назвали эту гипотезу синаптическим гомеостазом: он заключается в восстановлении базового состояния нейронов во время сна, что возвращает мозгу способность к обучению и адаптации во время последующих фаз бодрствования. Ценой такой нейронной перекалибровки становится временное отключение от внешнего мира.

Сортировка воспоминаний

Теперь нужно разобраться с тем, какой вклад вносит сон в обучение и запоминание. Как ослабленные синапсы способствуют лучшей записи навыков и событий? В течение дня практически все, что мы видим, оставляет нейронный след в мозге, и на важные события, такие как встреча или запомненный музыкальный фрагмент, приходится лишь крошечная часть этой нейронной кодировки. Для улучшения запоминания спящий мозг проводит отбор между фоновым шумом (не представляющая интереса информация) и сигналом (значимые события).

Мы полагаем, что во время сна спонтанная активация множества нейронных связей касается как сформировавшихся за день воспоминаний, так и более давней памяти. Происходит это в самых разных сочетаниях (сны во многом отражают это нейронное смешение). Такой процесс позволяет мозгу определить, какие из новых элементов сочетаются с хранящимися воспоминаниями (их важность уже подтверждена), и ослабить синапсы, которые плохо вписываются в общую схему памяти.

Этот просчет воображаемых сценариев был бы нарушен осознанием окружающей действительности или нашими действиями, в связи с чем для его нормальной работы требуется, чтобы мы спали. Кроме того, восстановление синаптического гомеостаза не должно идти во время бодрствования, потому что события дня доминировали бы в этом процессе и поставили бы на первое место самые новые, но вовсе не обязательно самые важные события. Отключение спящего мозга от окружающего мира освобождает его от тирании настоящего и создает идеальные условия для интеграции и укрепления воспоминаний.

Теория о том, что сон ослабляет, а не укрепляет синапсы, подтверждается результатами электроэнцефалограмм. Речь идет о записи электрических сигналов на поверхности черепа (они отражают активность коры головного мозга) с помощью закрепленных на коже электродов. Полученный в результате график называется электроэнцефалограммой. Полученные несколько десятилетий назад замеры мозговой деятельности спящих людей позволили выявить две главных фазы сна: быстрый сон (иначе БДГ-фаза, от сочетания «быстрое движение глаз») и медленный сон. Быстрый сон был открыт французским нейробиологом Мишелем Жуве (Michel Jouvet) в 1959 году. Две этих фазы сна чередуются в течение ночи и подразумевают особые типы мозговой активности.

Так, на электроэнцефалограмме БДГ-фазы сна центральное место отводится быстрым колебаниям (во многом напоминают показатели в состоянии бодрствования), тогда как медленный сон отличается куда более мягкими колебаниями со средней частотой цикл в секунду. Десять лет назад Мирча Стериаде (Mircea Steriade) из квебекского Университета Лавала выяснил, что волны медленного сна являются результатом скоординированной деятельности групп нейронов, которые синхронно возбуждаются и угасают.

Далее было доказано, что у млекопитающих и птиц амплитуда таких волн обычно велика после долгого периода бодрствования и уменьшается на протяжении ночи. Гипотеза об ослаблении синапсов во время сна может объяснить этот факт. Дело в том, что прочные синапсы повышают синхронизацию нейронов и тем самым создают волны большей амплитуды. Именно это и происходит в начале ночи, потому что синапсы укрепились за предшествующий период бодрствования. Их ослабление в свою очередь ведет к снижению синхронизации и амплитуды медленных волн. Компьютерные симуляции опытов на животных и людях, по всей видимости, подтверждают такую теорию.

Доказательства ослабления синапсов

Прямые доказательства ослабления синапсов (вплоть до их полной нейтрализации) во сне были получены во время экспериментов с животными. Так, например, у дрозофилы количество и размер синапсов постепенно увеличиваются на протяжении дня (особенно если насекомое находится в стимулирующей среде), тогда как во время сна протекает обратный процесс. Если дрозофилы проводят день во взаимодействии друг с другом, то количество дендритных шипиков (крошечные нейронные выросты, которые образуют синапсы) в их мозге заметно выше вечером, чем утром. За ночь число шипиков возвращается к исходному, но только в том случае, если мухам удастся поспать. Похожее явление было отмечено и в головном мозгу молодых мышей: количество дендритных шипиков увеличивается во время бодрствования и сокращается во сне. У взрослых грызунов меняется уже не число дендритных шипиков, а содержание синаптических молекул под названием AMPA-рецепторы, которые определяют силу синапсов: чем больше таких молекул, тем прочнее связь. Число AMPA-рецепторов в синапсе повышается после бодрствования и уменьшается после сна.

Силу синапсов можно измерить напрямую путем стимуляции нервных тканей коры мозга с помощью электрода. Нейроны отвечают на нее электрическим разрядом, сила которого пропорциональна прочности синапса. Мы доказали на крысах, что интенсивность разряда повышается после нескольких часов бодрствования и падает после сна. Марчелло Массими (Marcello Massimini) из Миланского университета и Рето Хубер (Reto Huber) из Цюрихского университета провели похожий опыт с людьми. Вместо электрического зонда они использовали транскраниальную магнитную стимуляцию (приложенный на череп магнитный импульс) для возбуждения нейронов. Далее они записали силу реакции коры головного мозга с помощью электроэнцефалограммы. Интенсивность реакции нейронов увеличивалась в зависимости от продолжительности периода бодрствования, но возвращалась в норму после сна.

Знакомый язык облегчает запоминание слов

Во время сна спонтанная активность коры головного мозга ослабляет или даже разрушает синапсы. Это процесс обеспечивает сохранение наиболее «приспособленных» нейронных связей. Речь идет о тех из них, которые регулярно возбуждались во время бодрствования (например, в процессе обучения) или несут в себе информацию с высокой степенью интеграции с более давними воспоминаниями: новое слово запоминается гораздо лучше, если принадлежит к известному человеку языку. В то же время не закрепившиеся за день (набранные наугад гитарные ноты) или не несущие связанной с другими воспоминаниями информации (например, новое слово из незнакомого языка) синапсы заметно слабее других.

Благодаря такому отбору не представляющие интереса события не оставляют устойчивый след в нейронных связях, тогда как важные воспоминания сохраняются. Кроме того, ослабление подготавливает синапсы к новому циклу укрепления во время предстоящего бодрствования. Многие исследования показали, что процесс запоминания идет гораздо лучше после ночи сна, чем после долгого периода бодрствования. Студенты, запомните это!

Вместе с другими нейробиологами мы попытались установить, какие механизмы ведут к ослаблению синапсов с «фоновым шумом» и сохранению тех, что содержат «сигнал». Хотя точных результатов у нас еще нет, кое-что выяснить уже удалось. У млекопитающих волны медленного сна могут играть важную роль. Так, во время изучения тканей мозга крыс было установлено, что нервные клетки хуже передают сигнал после цикла стимуляции, который имитирует волны медленного сна.

Химические изменения в спящем мозге также могут вести к ослаблению синапсов. Нейроны плавают в супе химических веществ нейромедиаторов, которые влияют на способность синапсов к передаче сигнала: ацетилхолин, норадреналин, дофамин, серотонин, гистамин, орексин... Во время бодрствования содержание этих веществ повышено, что способствует укреплению определенных синапсов путем биохимических реакций при активации нейронных связей. Тем не менее, во сне и в первую очередь в его медленной фазе их становится меньше, что ведет скорее к ослаблению, а не усилению синапсов. Точно также, белок под названием нейротрофический фактор мозга или BDNF (Brain-derived neurotrophic factor), который способствует

укреплению синапсов и запоминанию информации, может оказывать обратное воздействие на нейроны при слабой концентрации. То есть, во время сна.

В любом случае, в ряде опытов нам удалось доказать, что общая сила синаптических связей увеличивается в период бодрствования и уменьшается во сне. Это подтверждает гипотезу синаптического гомеостаза.

Мы провели более подробную проверку этой гипотезы, изучив некоторые из ее побочных последствий. Так, например, она подразумевает, что чем больше связей в определенной области мозга изменяются при бодрствовании, тем сильнее эта область нуждается во сне. Это возросшая потребность должна проявляться в увеличении амплитуды волн и продолжительности фазы медленного сна. Для проверки данной гипотезы мы предложили участникам опыта попасть в цель на экране компьютера с помощью курсора. Такая деятельность активизирует правую часть теменной доли головного мозга. Впоследствии, зарегистрированные в данном участке коры мозговые волны медленного сна обладали большей амплитудой, чем за день до опыта.

Крыса спит на ходу

Многие другие опыты подтвердили тот факт, что обучение и синаптическая активность в целом влекут за собой увеличение потребности в сне. Недавно нам удалось установить, что длительное или интенсивное использование некоторых нейронных связей может привести к «засыпанию» групп нейронов при том, что оставшаяся часть мозга (и всего организма) продолжает бодрствовать. Так, когда крыса бодрствует дольше, чем обычно, некоторые нейроны проходят через непродолжительный период угасания точно таким же образом, как и во время медленного сна. Однако все это время глаза крысы открыты, она бегает и занимается своими обычными делами.

Это явление называется локальным сном и сегодня изучается несколькими группами ученых. Нам удалось показать, что в мозге лишенного сна человека наблюдаются такие местные угасания нейронов, и что они встречаются тем чаще, чем активнее был процесс обучения. Судя по всему, при слишком долгом бодрствовании или чрезмерно сильной нагрузке на некоторые нервные связи небольшие участки мозга позволяют себе немного вздремнуть. Локальный сон может привести к ошибкам в суждении или изменениям в поведении усталых людей.

Таким образом, гипотеза синаптического гомеостаза подчеркивает огромную значимость сна в детстве и подростковом возрасте. Многие исследования показали, что это период активного обучения, который влечет за собой масштабное переустройство синаптической системы. Синапсы формируются, укрепляются и ослабляются гораздо активнее, чем во взрослом возрасте.

Ослабление связей во время сна играет важнейшую роль в сокращении энергозатрат на переустройство синапсов и выживании наиболее приспособленных нейронных соединений. Нехватка сна в эти решающие для развития человека годы может повлечь за собой пагубные последствия. Она может проявиться в рассеянности и периодических ошибочных суждениях или даже оказать устойчивое воздействие на нейронные связи в мозге.

В будущем мы намереваемся более подробно изучить влияние нехватки сна на организацию нейронных связей и другие следствия нашей гипотезы. В частности, нам хотелось бы рассмотреть воздействие сна на глубокие области мозга, такие как таламус, мозжечок, гипоталамус и мозговой ствол, а также роль быстрого сна в синаптическом гомеостазе. Возможно, мы сможем подтвердить, что сон — это расплата за пластичность мозга при бодрствовании.

Джулио Тонони и Кьяра Чирелли, профессора психиатрии из Висконсинского университета в Мадисоне

Источник: "Pour la Science", Франция

Автор: Джулио Тонони, Кьяра Чирелли © inoСМИ.Ru НАУКА И ТЕХНИКА, МИР 👁 3480 26.11.2013, 11:14
👍 563

URL: <https://babr24.com/?ADE=120969> Bytes: 16808 / 16740 Версия для печати

 [Порекомендовать текст](#)

Поделиться в соцсетях:

Также читайте эксклюзивную информацию в соцсетях:

- [Телеграм](#)
- [ВКонтакте](#)

Связаться с редакцией Бабра:
newsbabr@gmail.com

Автор текста: **Джулио
Тонони, Кьяра Чирелли.**

НАПИСАТЬ ГЛАВРЕДУ:

Телеграм: [@babr24_link_bot](#)
Эл.почта: newsbabr@gmail.com

ЗАКАЗАТЬ РАССЛЕДОВАНИЕ:

эл.почта: bratska.net.net@gmail.com

КОНТАКТЫ

Бурятия и Монголия: Станислав Цырь
Телеграм: [@bur24_link_bot](#)
эл.почта: bur.babr@gmail.com

Иркутск: Анастасия Суворова
Телеграм: [@irk24_link_bot](#)
эл.почта: irkbabr24@gmail.com

Красноярск: Ирина Манская
Телеграм: [@kras24_link_bot](#)
эл.почта: krasyar.babr@gmail.com

Новосибирск: Алина Обская
Телеграм: [@nsk24_link_bot](#)
эл.почта: nsk.babr@gmail.com

Томск: Николай Ушайкин
Телеграм: [@tomsk24_link_bot](#)
эл.почта: tomsk.babr@gmail.com

[Прислать свою новость](#)

ЗАКАЗАТЬ РАЗМЕЩЕНИЕ:

Рекламная группа "Экватор"
Телеграм: [@babrobot_bot](#)
эл.почта: equatoria@gmail.com

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО:

эл.почта: babrmarket@gmail.com

[Подробнее о размещении](#)

[Отказ от ответственности](#)

[Правила перепечаток](#)

[Соглашение о франчайзинге](#)

[Что такое Бабр24](#)

[Вакансии](#)

[Статистика сайта](#)

[Архив](#)

[Календарь](#)

[Зеркала сайта](#)