

ЗАЧЕМ НУЖЕН СОН?

Джером Сигел

Вопрос о природе и функциях сна до сих пор не разрешен, но сделанные недавно открытия позволили ученым выдвинуть ряд обоснованных гипотез.



Людей издавна интересует, что такое сон и зачем он нужен. Ответ на второй вопрос, казалось бы, очевиден: сон придает человеку силы, энергию и бодрость. Но такое объяснение уводит нас от решения проблемы. Это все равно что сказать: мы едим для того, чтобы не чувствовать голода, а дышим – чтобы не испытывать удушья. Однако всем хорошо известно, что главное предназначение еды – снабжение организма питательными веществами, а дыхание необходимо для осуществления газообмена. Дать столь же простое объяснение функциям сна ученые пока не могут. Его систематическое изучение началось менее века назад. За это время удалось проникнуть к некоторым тайнам его природы и сделать ряд обоснованных предположений о функциях этого загадочного состояния, занимающего у каждого из нас треть жизни.

Что такое сон?

Дать научное определение сна – дело сложное. Однако все мы без труда распознаем спящего человека: он неподвижен и слабо реагирует на окружающую обстановку. (Дельфины и многие другие морские млекопитающие могут спать на плаву, а стрижи – во время полета.)

В 1953 г. Натаниэл Клейтман (Nathaniel Kleitman) и Юджин Азерински (Eugene Aserinsky) из Чикагского университета опровергли широко распространенное мнение о том, что сон обусловлен простым прекращением активности большинства структур головного мозга. Ученые обнаружили, что периоды спокойного, или медленного, сна (МС) чередуются у человека с эпизодами быстрого, или парадоксального, сна (БС), сопровождающегося интенсивными движениями прикрытых веками глаз. Исследователи предположили, что в это время в мозгу спящего человека протекают бурные физиологические процессы. Смена фаз быстрого и медленного сна в виде регулярных циклов была обнаружена у всех изученных наземных млекопитающих.

В последующие годы ученые добились наибольших успехов в понимании природы сна, изучая активность

нейронов с помощью тончайших микроэлектродов, имплантированных в различные области головного мозга. Исследования показали, что у лабораторных животных большинство клеток мозга максимально активно во время бодрствования, а во время сна их деятельность принимает весьма причудливый характер. Хотя в обеих фазах сна животные полностью неподвижны и как бы не реагируют на внешний мир, однако головной мозг не «отключается».

В фазе МС различные отделы мозга ведут себя неодинаково. Так, если большинство нейронов мозгового ствола (этот отдел головного мозга переходит в спинной мозг) ослабляют или полностью прекращают свою активность, то большинство нервных клеток коры и других областей переднего мозга лишь незначительно снижают уровень импульсации. При этом необычайно сильно изменяется паттерн (характер) активности этих нейронов. Когда животное бодрствует, корковые нейроны функционируют независимо друг от друга. Во время же МС соседние нейроны начинают импульсировать синхронно, генерируя низкочастотные ритмические разряды. Дыхательный и сердечный ритмы в этой фазе сна замедляются и становятся регулярными, а сновидения возникают крайне редко.

Очень небольшая популяция нейронов в основании переднего мозга обнаруживает максимальную активность только в фазе МС (у человека эта популяция насчитывает всего 100 тысяч клеток). Предполагается, что эти нейроны ответственны за инициацию сна. Ученым пока в точности не известно, какие сигналы вызывают активацию клеток, но уровень импульсации некоторых из них, без сомнения, может увеличиваться с повышением температуры тела, чем можно объяснить возникновение сонливости после горячей ванны или долгого пребывания на пляже.

Напротив, поведение головного мозга в фазе БС напоминает его активность во время бодрствования. Большинство

нейронов как переднего мозга, так и мозгового ствола поддерживают высокий уровень импульсации, непрерывно посылая другим нервным клеткам сигналы такой же высокой (или даже более высокой) частоты, что и во время бодрствования. Не менее высоким остается в фазе БС и общее потребление мозгом энергии. Сильные всплески нейронной активности сопровождаются подергиванием конечностей и быстрыми движениями глаз. Особенно высокую активность во время БС обнаруживает группа специализированных нейронов в стволе мозга, которые отвечают за развитие фазы БС.

Самые яркие и живые сновидения возникают у человека во время БС. Они сопровождаются активацией двигательных систем мозга, в остальное время функционирующих только в период бодрствования. К счастью, большинство движений в фазе БС подавляется под влиянием двух взаимодополняющих биохимических процессов с участием нейротрансмиттеров (медиаторов) – химических веществ, опосредующих передачу сигналов от одной нервной клетки другой в области синапса (зоны контакта между двумя нейронами). С одной стороны, мозг прекращает выработку нейротрансмиттеров, которые могли бы активизировать мотонейроны (клетки, контролирующие мышечные сокращения), а с другой – начинает высвобождать нейротрансмиттеры, подавляющие активность мотонейронов (на активность мотонейронов, контролирующих сокращения глазодвигательных мышц, эти нейротрансмиттеры не влияют).

БС сильно воздействует и на функционирование мозговых систем, контролирующих деятельность внутренних органов. Так, в фазе БС сердечный и дыхательный ритмы становятся нерегулярными – как и во время бодрствования. Дают «сбой» и механизмы терморегуляции: температура тела спящего млекопитающего падает и медленно приближается к температуре окружающей среды. ▶

Быстрый сон и по сей день остается для ученых тайной за семью печатями.

Функции сна

Оценка физиологических и поведенческих изменений, развивающихся у человека и животных в результате длительного отсутствия сна, помогает при изучении функций этого состояния. Более десяти лет назад было установлено, что крысы, полностью лишенные сна, погибают. У них отмечается значительная потеря в весе (даже несмотря на усиленное питание), увеличение частоты сердечных сокращений и повышение расхода энергии. Смерть наступает через 10–20 дней – быстрее, чем у выпавшихся, но полностью лишенных пищи грызунов.

Ученые пока не знают, что вызывает гибель животных – само отсутствие сна или же связанные с ним поражения мозга. Исследования на людях показали, что даже незначительное сокращение ночного сна вызывает резкое усиление сонливости. А управлять автомобилем или заниматься иной деятельностью, требующей постоянного внимания и бдительности, в полусонном состоянии так же опасно, как и после приема алкоголя. Между тем попытки увеличить продолжительность сна с помощью снотворных средств не только не приносят пользы, но и способствуют сокращению продолжительности жизни.

Изучаются и особенности естест-

венного сна у животных. Различная потребность во сне у разных видов млекопитающих проливает свет на некоторые функции этого состояния. Так, опоссумы спят по 18 часов в сутки, а слонам достаточно и 3–4 часов. Можно было бы предположить, что близкородственные виды, обладающие большим генетическим, физиологическим и поведенческим сходством, должны иметь и аналогичные особенности поведения, связанного со сном. Однако изучение диких и лабораторных животных показывает, что продолжительность сна не зависит от таксономического положения организмов: некоторые приматы спят столько же, сколько и многие грызуны, а некоторые грызуны – столько же, сколько и хищные звери и т.д. От чего же в таком случае зависит время, требующееся им для сна?

Как ни удивительно, главный фактор, определяющий этот показатель, – размер тела: крупные животные спят меньше, чем мелкие. У слонов, жирафов и приматов (в том числе и людей) потребность во сне невелика. Крысы, полевки, кошки и прочие мелкие зверьки проводят в этом состоянии большую часть жизни. Причина кроется в том, что им свойственна более высокая скорость обмена веществ и более высокая температура тела

и мозга, чем крупным животным. В результате обменных биохимических реакций образуются свободные радикалы – частицы, обладающие чрезвычайно высокой реакционной способностью и вызывающие повреждение и даже гибель клеток. Таким образом, высокая интенсивность метаболизма связана с увеличением частоты повреждений клеток и находящихся в них молекул нуклеиновых кислот, белков и жиров.

Многие ткани способны восполнять ущерб, причиняемый свободными радикалами, заменяя поврежденные клетки новыми, которые возникают в результате клеточного деления. Но в большинстве структур головного мозга новые нейроны после появления животного на свет почти не образуются (гиппокамп, принимающий участие в процессах памяти и обучения, – счастливое исключение). Снижение скорости обмена веществ и температуры мозга в фазе МС дает организму прекрасную возможность устранить повреждения, причиненные свободными радикалами во время бодрствования. Так, например, вместо старых ферментов, чья структура была нарушена свободными радикалами, в тканях мозга могут синтезироваться новые молекулы с нормальной структурой.

В 2002 г. ученые из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе показали, что повреждение нейронов головного мозга крыс (в виде разрушения клеточной мембраны) – прямое следствие отсутствия сна. Это открытие подтверждает предположение о способности МС защищать мозг от вредного воздействия метаболических факторов.

Но в случае БС эта гипотеза не работает. В фазе сна, когда большинство нейронов мозга функционирует не менее активно, чем во время бодрствования, репаративные (восстанови-

ОБЗОР: СОН: ФАКТЫ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

- Хотя научные споры о природе и функциях сна не прекращаются и поныне, сделанные недавно открытия позволили ученым выдвинуть ряд обоснованных гипотез.
- Одна из них состоит в том, что благодаря ослаблению нейронной активности в фазе медленного сна многие клетки головного мозга могут восстанавливаться от повреждений.
- Не исключено также, что приостановка выработки моноаминов в фазе быстрого сна способствует возобновлению чувствительности клеточных рецепторов к этим нейротрансмиттерам.
- Интенсивная нейронная активность во время БС в ранней жизни животных обеспечивает правильное формирование головного мозга.

СОН, СНОВИДЕНИЯ, БОДРСТВОВАНИЕ

Головной мозг функционирует во время быстрого и медленного сна неодинаково. На рисунках отражены некоторые различия, а также предполагаемые функции двух типов сна.

БЫСТРЫЙ СОН

Находящиеся в мозговом стволе нейроны – инициаторы БС обнаруживают высокую активность



Возникают яркие, живые сновидения

В фазе БС некоторые клеточные рецепторы не функционируют; это необходимое условие их правильной работы во время бодрствования

МЕДЛЕННЫЙ СОН

Находящиеся в переднем мозге нейроны – инициаторы сна обнаруживают высокую активность



Во время МС происходит восстановление клеточных мембран, поврежденных свободными радикалами

БОДРСТВОВАНИЕ

Нейроны – инициаторы сна молчат



Во время бодрствования, когда нейроны обнаруживают высокую активность, свободные радикалы повреждают клеточные мембраны

тельные) процессы протекать не могут. Однако самого пристального внимания заслуживает особая группа нейронов, которая во время БС ведет себя противоположно. Как уже отмечалось, в фазе БС мозг прекращает выработку некоторых нейротрансмиттеров. К их числу принадлежат норадреналин, серотонин и гистамин, которых ученые относят к классу соединений, называ-

емых моноаминами. Нейроны мозга, продуцирующие моноамины, обнаруживают максимальную активность во время бодрствования, но во время БС эти клетки полностью прекращают генерировать нервные импульсы.

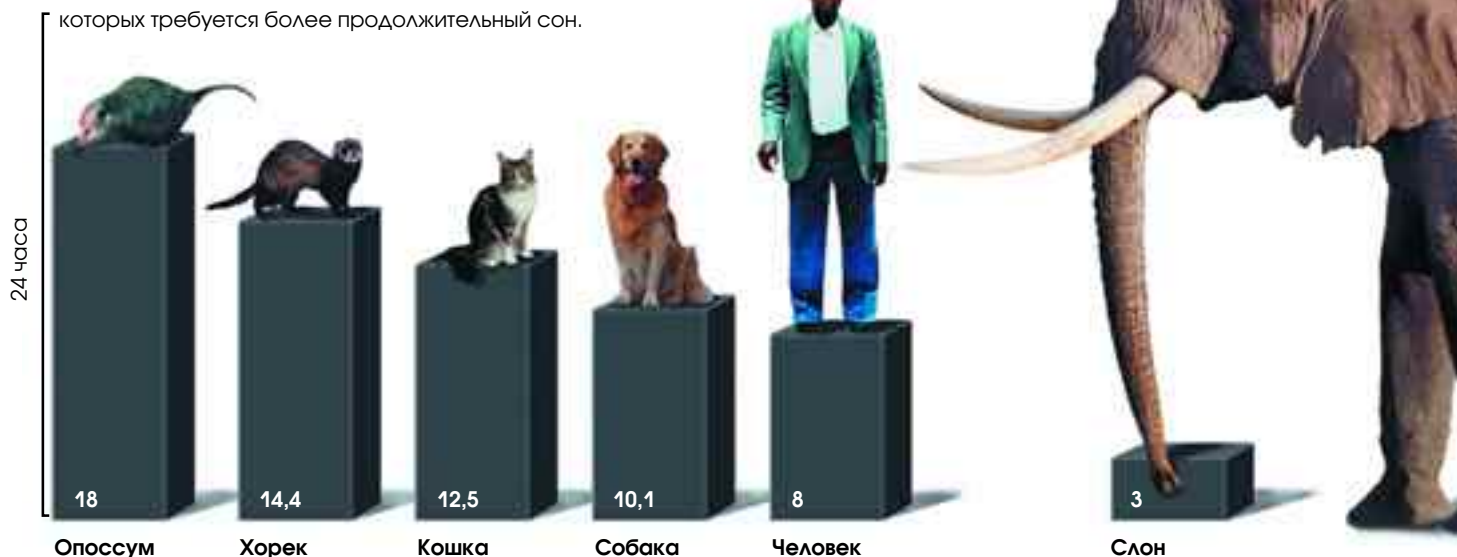
В 1988 г. мы с Майклом Рогавски (Michael Rogawski) из Национального института здравоохранения предположили, что прекращение выброса ней-

ротрансмиттеров – необходимое условие нормального функционирования этих нейронов и их рецепторов (молекул на поверхности клеток, взаимодействующих с нейротрансмиттерами и опосредующих передачу сигналов внутрь этих клеток). Как показывают результаты ряда исследований, длительное высвобождение моноаминов способно привести к десенситизации ▶

КТО СКОЛЬКО СПИТ?

Главный фактор, определяющий потребность животных в сне, – размеры тела. Чем крупнее животное, тем меньше ему нужно спать. Данные исследований показывают, что сон дает возможность клеткам головного мозга восстановиться от повреждений.

Высокая скорость метаболизма у мелких животных сопряжена с повышенной частотой клеточных повреждений, для возобновления которых требуется более продолжительный сон.



рецепторов этих нейротрансмиттеров, а приостановка выброса моноаминов во время БС дает системе рецепторов некоторую передышку и возможность восстановить чувствительность к нейротрансмиттерам.

Моноамины играют важную роль и в изменении межнейронных связей в ответ на воздействие новых стимулов. Таким образом, благодаря выключению их продукции во время БС головной мозг способен предотвращать изменение межнейронных соединений, которое могло бы произойти под влиянием интенсивной импульсации других нейронов в данной фазе сна.

Прочие возможности

Какие еще функции может выполнять БС? Фредерик Снайдер (Frederick Snyder) и Томас Уэр (Thomas Wehr) из Национального института здравоохранения предположили, что отмечающееся во время БС усиление активности нейронов, не принимающих участие в выработке моноаминов, помогает мле-

копитающим лучше, чем, скажем, рептилиям, приспособляться к неблагоприятным условиям окружающей среды. Всем хорошо известно, как вяло ведут себя пресмыкающиеся при низких температурах, расшевелить их может лишь внешний источник тепла. Но хотя у млекопитающих в фазе БС механизмы терморегуляции работают плохо, высокая нейронная активность способна повысить интенсивность мозгового метаболизма и помочь животному быстро отреагировать на неблагоприятную ситуацию после внезапного пробуждения. В пользу этой гипотезы свидетельствует и тот факт, что люди, проснувшиеся во время БС, чувствуют себя бодрее и собраннее, чем разбуженные в фазе МС.

Представление о том, что недостаток БС приводит к развитию психических расстройств, сегодня полностью опровергнуто (хотя исследования показывают, что хроническое недосыпание способно вызвать раздражительность). Было установлено, что нехватка БС ос-

лабляет симптомы клинической депрессии. Хотя природа этого феномена пока не ясна, можно предположить, что дефицит БС имитирует действие антидепрессантов, относящихся к классу избирательных ингибиторов обратного всасывания серотонина, к которому принадлежат такие известные препараты, как прозак, паксил и др. Поскольку обычного снижения уровня моноаминов в фазе БС не происходит, увеличивается синаптическая концентрация нейротрансмиттеров, запасы которых у людей, страдающих депрессией, истощены.

Некоторые исследователи полагают, что БС играет важную роль в процессах консолидации памяти. Однако многие факты опровергают такое предположение. Так, было показано, что у пациентов с нарушениями БС вследствие повреждения мозга или приема некоторых лекарств память не только не хуже, но иногда лучше, чем у здоровых людей. Хотя недосыпание и ослабляло внимание испытыва-

NINA FINKEL (chart); W. PERRY CONWAY Corbis (opossum); RENEE LYNN Photo Researchers, Inc. (elephant)



должительность БС начинает постепенно сокращаться, а в зрелом возрасте стабилизируется. Любопытные факты наблюдаются при сравнении различных видов животных: продолжительность БС больше у тех млекопитающих, чьи детеныши появляются на свет плохо развитыми.

В 1999 г. мы с Джеком Петтигрю (Jack Pettigrew) из Квинслендского университета (Австралия) изучали утконоса. К нашему удивлению, один из самых древних и необычных зверей на свете оказался чемпионом по продолжительности БС среди всех млекопитающих: 8 часов в сутки! Детеныши утконоса вылупляются из яиц слепыми и совершенно беспомощными, у них полностью отсутствует терморегуляция, и они в течение многих недель питаются материнским молоком. Напротив, дельфиненок сразу же после рождения способен регулировать температуру своего тела, плыть следом за матерью и спастись от хищников. Хотя у взрос-

формировании нейронных связей, ответственных за инстинктивное поведение животных. Перед появлением животного на свет (и в ранней жизни зверей, рождающихся с плохо развитыми сенсорными системами) БС может выступать в качестве суррогата внешней сенсорной стимуляции, которая способствует формированию и созреванию нейронных сетей у животных, появляющихся на свет с хорошо развитыми сенсорными функциями. Эту гипотезу подкрепляет ряд исследований, проведенных учеными из Центра по изучению расстройств сна при Медицинском центре Миссисипского университета, которые обнаружили, что лишение новорожденных котят БС может привести к аномальному развитию зрительной системы.

Современные исследователи убеждены в том, что изучение мозговых структур, контролирующих быстрый и медленный сон, в недалеком будущем приведет нас к более глубокому

В начале жизни продолжительность быстрого сна максимальна, затем она постепенно сокращается.

мых и ухудшалось выполнение ими различных заданий, отсутствие БС после некоторого периода активного усвоения новой информации ничуть не отражалось на ее удержании в памяти. Нелишне вспомнить дельфинов, у которых БС почти полностью отсутствует. Однако своей смысленностью и способностью к обучению они превосходят большинство млекопитающих.

Продолжительность БС у человека (90–120 минут в сутки) вполне сравнима с продолжительностью БС у других млекопитающих. Также она одинакова и у людей с высоким IQ и с посредственными умственными способностями. Однако она меняется на протяжении жизни. У всех изученных животных этот показатель максимален в самом начале жизни, затем про-

доль дельфинов, как уже отмечалось, БС почти полностью отсутствует.

Любопытное объяснение большой продолжительности БС в начальном периоде жизни предложил один из первых исследователей сна Мишель Жуве (Michel Jouvet). По его мнению, интенсивная нейронная активность и высокий расход энергии в фазе БС играют важную роль в правильном

и всестороннему пониманию природы сна и его функций. Дальнейшее изучение механизмов и эволюции этого таинственного состояния поможет понять, какие именно молекулярные и клеточные структуры нашего тела получают во время сна передышку и возможность восстановиться от повреждений и почему во сне эти процессы протекают наиболее эффективно. ■

ОБ АВТОРЕ:

Джером Сигел (Jerome M. Siegel) – профессор психиатрии в Институте мозга Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и руководитель программы нейробиологических исследований в Сепульведском центре медицинской помощи ветеранам. Джером Сигел – экс-президент Общества по изучению сна и председатель Ассоциации обществ профессиональных исследователей сна. В последнее время продолжительность его ночного сна сократилась до 6 часов: каждое утро он должен отвозить в школу свою маленькую дочь.