

## Кратковременный дневной сон и консолидация памяти

© М.Г. ПОЛУЭКТОВ<sup>1</sup>, А.М. НАРБУТ<sup>1</sup>, В.Б. ДОРОХОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН», Москва, Россия

### Резюме

Серьезной проблемой современного производства является снижение производительности труда и безопасности профессиональной деятельности, связанное с развитием утомления, которое вызывается тремя основными факторами: дефицитом сна, временем суток (циркадианным ритмом) и характером работы. Наиболее эффективным способом восстановления работоспособности, снизившейся из-за утомления, является кратковременный дневной сон. Для акцентирования его положительного действия на когнитивные функции был введен термин «power nap». В обзоре рассматривается влияние кратковременного дневного сна различной длительности на процессы консолидации памяти. С точки зрения повышения эффективности деятельности работников умственного труда следует отметить, что сон продолжительностью до 30 мин в промежутке между 13 и 15 ч дня помогает улучшить показатели декларативной памяти и избежать развития инерции сна.

**Ключевые слова:** сон, кратковременный дневной сон, power nap, консолидация памяти, декларативная память, процедурная память, фаза быстрого сна.

### Информация об авторах:

Полуэктов М.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-6215-0918>

Нарбут А.М. — <https://orcid.org/0000-0003-2026-5199>; e-mail: narbut.anna.m@gmail.com\*

Дорохов В.Б. — <https://orcid.org/0000-0003-3533-9496>

\* — автор, ответственный за переписку

### Как цитировать:

Полуэктов М.Г., Нарбут А.М., Дорохов В.Б. Кратковременный дневной сон и консолидация памяти. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(8):127–132. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120081127>

## Daytime napping and its effects on memory consolidation

M.G. POLUEKTOV<sup>1</sup>, A.M. NARBUT<sup>1</sup>, V.B. DOROKHOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

### Abstract

An important problem of modern fabrication is the lowered labor productivity and occupational safety due to fatigue. In many cases, it is the result of sleep deprivation, circadian rhythm disruption or the type of the procedures. The effective way to restore fatigue-induced functionality is a short-term daytime sleep. The term «power nap» has been introduced to emphasize its positive effect on some cognitive functions. This review considers the effects of short-term daytime sleep of various duration on memory consolidation. Short-term daytime sleep for up to 30 minutes between 1 p.m and 3 p.m can be recommended to improve the effectiveness of the intellectual work. These measures are intended to improve declarative memory without subsequent sleep inertia.

**Keywords:** sleep, short-term daytime sleep, power nap, memory consolidation, declarative memory, procedural memory, rapid eye movement sleep.

### Information about the authors:

Poluektov M.G. — <https://orcid.org/0000-0001-6215-0918>

Narbut A.M. — <https://orcid.org/0000-0003-2026-5199>; e-mail: narbut.anna.m@gmail.com\*

Dorokhov V.B. — <https://orcid.org/0000-0003-3533-9496>

\* — corresponding author

### To cite this article:

Poluektov MG, Narbut AM, Dorokhov VB. Daytime napping and its effects on memory consolidation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020;120(8):127–132. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.17116/jnevro2020120081127>

### Исторический аспект

Серьезной проблемой современного производства является снижение производительности труда и безопасности профессиональной деятельности, связанное с недостатком сна, повышенной сонливостью и влиянием нарушений сна на здоровье людей. В работе J. Ricci и соавт. оценивался экономический ущерб, наносимый чувством усталости и переутомления у работников. Распространенность переутомления мешающего выполнению производственных функций составила 37,9%. Авторы подсчитали, что в результате работодатели теряют около \$100 млрд [1]. В других работах было показано, что уставшие доктора совершают больше ошибок, а студенты хуже справляются с тестовыми заданиями [2,3].

Полагают, что развитие утомления при выполнении профессиональной деятельности связано с тремя основными факторами: дефицитом сна, определяемым длительностью предшествующего бодрствования и сна; временем суток (циркадианным ритмом); характером работы (длительностью, интенсивностью и сложностью рабочего процесса) [4].

По современным представлениям наиболее эффективным способом восстановить работоспособность, снизившуюся из-за утомления, является кратковременный сон (*англ.*: *nap*) длительностью от 5 до 90 мин. Для определения позитивного эффекта кратковременного сна на когнитивные функции и работоспособность [5] американским психологом J. Maas был введен термин «power nap». В зависимости от длительности кратковременного сна отмечены такие его эффекты, как уменьшение уровня сонливости и улучшение различных когнитивных функций. Положительный эффект короткого сна (5—15 мин) на самочувствие и работоспособность наблюдается сразу после эпизода сна и продолжается в течение ограниченного периода времени (1—3 ч). После более продолжительного дневного сна (>30 мин) вначале может наблюдаться нарушение работоспособности, вызываемое так называемым эффектом инерции сна, после чего отмечается улучшение когнитивных функций в течение более длительного периода (до многих часов). Обзор исследований влияния короткого сна разной длительности на когнитивные функции приведен в работах N. Lovato и J. Hilditch и соавт. [6, 7]. Задача настоящего обзора — рассмотрение особенностей дневного сна по сравнению с ночным и влияния кратковременного дневного сна различной продолжительности на консолидацию памяти.

### Отличия структуры дневного сна от ночного сна. Влияние частоты эпизодов дневного сна

В работе N. Cellini и соавт. анализировались структура и вегетативный профиль дневного сна, его характеристики и сходство с ночным [8]. Оказалось, что структура и вегетативный профиль дневного сна преимущественно соответствуют ночному и также включают 3 стадии фазы медленного сна (ФМС) и фазу быстрого сна (ФБС), причем они идут в следующей последовательности: 1-я стадия ФМС → 2-я стадия ФМС → 3-я стадия ФМС → 2-я стадия ФМС → ФБС. Время появления той или иной стадии зависит от общей продолжительности дневного сна. Чем он дольше, тем больше оказывается представленность в нем глубоких стадий сна. Стандартный цикл сна взрослого человека составляет 90 мин и содержит все его стадии, последовательно сменяющие друг друга. По данным работы E. McDevitt и соавт., задачей которой была оценка структуры дневного сна, средняя продолжительность 1-й стадии ФМС составила 5 мин, 2-й стадии ФМС — 32 мин, 3-й

стадии ФМС — 26 мин и ФБС — 12 мин [9]. В исследовании N. Cellini и соавт. средняя продолжительность 1-й стадии ФМС оказалась 11 мин, 2-й стадии ФМС — 28 мин, 3-й стадии ФМС — 20 мин и ФБС — 6 мин [8]. В работе A. Putilov было показано, что для 20-минутного дневного сна характерно наличие только поверхностных фаз сна — 1-й и 2-й стадии ФМС [10]. Следовательно, можно предположить, что обычно 3-я стадия ФМС начинается на 30—40-й минуте дневного сна, поверхностные стадии, такие как 1-я и 2-я стадии ФМС, всегда попадают в период до 30—40 мин. Термин «power nap» применим для сна до 30 мин, сон большей продолжительности не входит в данное понятие. Следовательно, дневной сон в рамках концепции «power nap» содержит только неглубокие (1-ю и 2-ю) стадии медленного сна.

Другой важной характеристикой дневного сна, влияющей на когнитивные функции, кроме структуры и продолжительности является частота засыпаний. В исследовании E. McDevitt и соавт. [9] было установлено, что увеличение частоты дневного сна коррелирует с большей долей 1-й и уменьшением 3-й стадии ФМС в структуре сна, происходящего на дневное время. В этом эксперименте приняли участие 27 студентов с регулярным режимом сна и бодрствования. Среднее время их дневного сна составило 74 мин (в диапазоне от 38 до 90 мин). За сном участников эксперимента в естественных условиях следили с помощью актиграфии, за которой следовало полисомнографическое исследование. Студенты были разделены на три группы: не спавшие днем в течение недели до эксперимента, спавшие 1—2 раза, спавшие 3—4 раза. Было обнаружено, что частота эпизодов дневного сна влияла на его структуру. В группе с высокой частотой дневного сна преобладал поверхностный сон с 1-й и 2-й стадиями ФМС, а испытуемые, для которых дневной сон не был характерен, быстрее переходили в 3-ю стадию ФМС и ФБС. В группе людей, не спавших днем до эксперимента, на 20% была выше продолжительность 3-й стадии ФМС в течение дневного сна по сравнению с теми, кто спал в течение дня регулярно (3—4 раза), 1-й и 2-й стадии в среднем оказались меньше на 13% [9]. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих работ (F. Evans и соавт. и C. Milner и соавт.) и подтверждают предположения их авторов, что частота дневного сна влияет на его архитектуру. Если дневной сон является регулярным (3—4 раза в неделю), то он состоит только из 1-й и 2-й стадий ФМС, если перерыв на дневной сон не характерен, в том случае, когда человек спит только 1—2 раза в неделю, то во время дневного сна более поздние его стадии, такие как 3-я стадия ФМС и ФБС, наступают раньше и продолжаются дольше [11, 12].

### Влияет ли дневной сон на качество ночного сна?

Проведенные исследования показывают, что кратковременный дневной сон в основном не влияет на продолжительность и качество ночного сна. Так, в работе S. Campbell и соавт. было показано, что дневной сон мало повлиял на последующее качество или продолжительность ночного сна [13]. В исследовании E. McDevitt и соавт. установлено, что факт наличия и частота дневного сна совсем не влияли на ночной сон [9]. Однако в других исследованиях было показано, что при позднем (после 16:00—17:00) и продолжительном (120 мин) дневном сне может снижаться процент 3-й стадии ФМС в ночном сне [14, 15]. Этот эффект был обнаружен в ранних исследованиях, которые датированы 1970 и 1990 гг., поэтому встает вопрос об их методологической точности.

### Роль сна в консолидации памяти

В настоящее время важную роль сна для обучения объясняют две основные теории стабилизации и закрепления памятных следов (консолидации памяти). Согласно теории активной консолидации памяти, во время сна нейрональные сети коры головного мозга, участвовавшие в кодировании новой информации, реактивируются и реорганизируются для интеграции в долговременную память с участием гиппокампа. Гиппокамп-зависимая память тесно связана с ФМС и веретенами сна. Популярная сейчас теория синаптического гомеостаза, наоборот, предполагает наличие обратных процессов: общее снижение синаптической активности на сне. Но при этом репрезентации важных следов памяти подвергаются минимальному ослаблению, а остальные синаптические контакты возвращаются к исходному уровню. Это позволяет улучшить соотношение сигнал/шум в нейронных ансамблях и подготовить головной мозг к работе с новой информацией [16–18].

В 1976 г. американский психолог J. Anderson предложил делить память по типу обрабатываемой информации на процедурную и декларативную [19]. Процедурная память отвечает за сохранение информации о выполненных действиях. Она является неосознаваемой и долговременной, представлена моторными навыками, находящимися ниже уровня сознательного контроля и внимания. Декларативная память подразумевает осознанное запоминание эпизодов, мест событий и лиц. Чаще всего она основана на ассоциации одновременно действующих раздражителей [20]. В работе J. Antony и соавт. и исследованиях других авторов было показано, что наличие сигма-ритма на ЭЭГ (веретена сна) в ФМС способствует переработке вновь сформированных воспоминаний. Было показано, что число веретен сна увеличилось после интенсивного решения декларативных задач, а степень увеличения его интенсивности коррелировала с эффективностью памяти [21, 22]. Есть основания предполагать, что во время дельта-активности в 3-й стадии ФМС происходят процессы, участвующие в консолидации памяти. Предполагается, что взаимодействие между гиппокампальной и неокортикальной сетями, происходящее на данной стадии, способствует долговременному хранению информации [23].

Считается, что ФБС способствует закреплению преимущественно процедурной памяти. Эта стадия сна также важна для консолидации полученной информации и формирования эмоциональной памяти, отчасти это связывают с наличием тета-ритма [24].

В работе S. Askermann и соавт. было высказано предположение, что ФБС, вероятно, вносит большой вклад в формирование процедурной памяти и эмоционального компонента декларативной, но, с другой стороны, авторы не считают правильным полностью разделять зоны ответственности за конкретные формы памяти между ФМС и ФБС [25]. Исследователи предполагают, что ФМС и ФБС являются звеньями одной цепи перевода кратковременной памяти в долговременную, причем на стадии ФБС происходит завершение процесса переработки информации.

### Влияние дневного сна на запоминание при достаточном ночном сне

Проведен ряд исследований, оценивающих влияние кратковременного дневного сна на когнитивные функции при достаточном (не менее 7 ч в сутки) сне. Основной характеристикой ультракороткого сна (до 10 мин) является наличие в основном 1-й и частично 2-й стадий ФМС.

В эксперименте O. Lahl и соавт. проверялась эффективность 6-минутного сна в формировании декларативной памяти (эпизоды сна продолжительностью 6 мин, 8 испытуемых) [26]. Несмотря на достаточно короткий промежуток дневного сна, показатели запоминания улучшились, что согласуется с данными другого эксперимента, проводящего сравнительный анализ влияния 5-, 10-, 20- и 30-минутного дневного сна на память. В работе A. Brooks и соавт. было показано, что 5- и 10-минутный сон был не так эффективен для запоминания, как 20- и 30-минутный, но все же имел положительное влияние на декларативную память [27].

Основной характеристикой дневного сна короткой продолжительности (до 30 мин) является наличие продолжительной 2-й стадии ФМС, следующей за 1-й стадией [28–30]. В одном из первых исследований, посвященных анализу влияния дневного сна на обучение, проведенном S. Mednick и соавт. в 2003 г., испытуемые выполняли зрительное задание, выделяя горизонтальную или вертикальную ориентацию диагональным полосам на фоне горизонтальных полос на экране компьютера. Эффективность выполнения задачи ухудшалась в ходе 4 повторных ежедневных тестирований. Предоставление испытуемым 30-минутного дневного сна после второй сессии предотвратило дальнейшее ухудшение выполнения тестов, а дневной сон длительностью 1 ч вернул эффективность выполнения теста во время 3-го и 4-го сеанса обратно к утреннему уровню, т.е. они запоминали расположение полос быстрее и правильнее [28].

В исследовании Q. Chen и соавт. (длительность дневного сна 30 мин, 8 испытуемых) отмечено преобладание 2-й стадии ФМС и его положительное влияние на декларативную память [29]. Результаты этой работы сопоставимы с данными предыдущих исследований, свидетельствующих о том, что короткий дневной сон снижает уровень сонливости и улучшает запоминание слов [30]. Однако по результатам эксперимента S. Landry и соавт. 30-минутный сон, содержащий только 1-ю и 2-ю стадии ФМС, не облегчил процесс обучения двигательным навыкам (процедурная память). В этом эксперименте приняли участие 44 человека, сон фрагментировали звуковыми тональными стимулами [31]. В отношении влияния кратковременного дневного сна на декларативную память существует и противоположная точка зрения: в недавней работе M. Tucker и соавт., опубликованной в 2020 г., не было найдено существенных различий в улучшении запоминания при сравнении эффектов активного бодрствования, бодрствования с закрытыми глазами и сна в течение 30 мин [32].

Основной характеристикой сна средней продолжительности (до 60 мин) является появление 3-й стадии ФМС и ФБС [33–37]. В исследовании N. Cellini и соавт. у испытуемых после такого дневного сна концентрация и внимание значительно улучшались [33]. В работе J. Maier и соавт. также не было зарегистрировано улучшения моторных навыков во сне, не содержащем ФБС [34]. В исследовании S. Algey и соавт. были сформированы три экспериментальные группы: с 10-минутным сном, содержащим только 1-ю и 2-ю стадии ФМС, с 60-минутным сном, содержащим 3-ю стадию ФМС и частично ФБС, и с отсутствием дневного сна. Перед сном испытуемые проводили по 45 мин за изучением аудио- и видео-файлов. Обе группы с дневным сном различной продолжительности при проверке усвоения полученной информации спустя 90 мин после тренировки показали более высокие результаты, чем группа без дневного сна (декларативная память). Тем не менее улучшение производительности, наблюдавшееся в группе 10-минутного сна, оказалось временным

Таблица. Влияние продолжительности дневного сна на консолидацию разных типов памяти

Table. The impact of different daytime sleep durations on types of memory

Продолжительность сна	Основные эффекты
Ультракороткий сон (до 10 мин)	1. Присутствие в основном 1-й стадии ФМС и частично 2-й стадии. 2. Положительное влияние на декларативную память [26, 27].
Короткий сон (до 30 мин)	1. Присутствие 1-й стадии ФМС и преимущественно 2-й стадии. 2. Положительное влияние на декларативную память, отсутствие влияния на процедурную [28—30]. 3. При сне ровно 30 мин может возникать инерция сна [7, 27].
Сон средней длительности (до 60 мин)	1. Присутствие преимущественно 2-й стадии ФМС и возникновение эпизодов 3-й стадии и ФБС. 2. Эффект улучшения декларативной и процедурной памяти достигается за счет присутствия 3-й стадии ФМС и ФБС. 3. Высока вероятность пробуждения в 3-й стадии ФМС и формирования инерции сна [33—37].
Сон большой длительности (от 90 мин)	1. Присутствие большого числа эпизодов 3-й стадии ФМС и ФБС. 2. Положительное влияние на декларативную и процедурную память, но высока вероятность возникновения инерции сна [38—41].

и не отмечалось уже к концу дня. После недельного перерыва полученная информация сохранялась преимущественно в группе с 60-минутным сном. По мнению авторов, данный эксперимент подтверждает важность 3-й стадии ФМС для окончательной консолидации декларативной памяти; 2-я стадия ФМС также способна улучшать производительность за счет стимуляции декларативной памяти, но консолидация в достаточной степени не происходит [35]. Результаты этого исследования согласуются с более поздними работами — Н. Piosczyk и соавт. (там продолжительность дневного сна составила  $42,1 \pm 8,9$  мин), где улучшение запоминания пар слов (декларативная память) положительно коррелировало с выраженностью веретен сна во 2-й стадии ФМС [36].

В работе S. Sugawara и соавт. проведено сравнение эффективности нормального ночного сна и его сочетания с кратковременным дневным сном (60 мин) при обучении моторным навыкам. После обучения экспериментальная группа спала в течение 60 мин, затем проверяли моторный навык. Контрольная группа проводила ночь дома и утром проходила такое же моторное тестирование. В обеих группах наблюдали улучшение скорости выполнения теста, однако точность значительно улучшалась только после ночного сна. Результаты этого эксперимента еще раз подтверждают важность ФБС для консолидации и формирования полноценной процедурной памяти, поскольку в структуре 60-минутного дневного сна эта фаза представлена минимально. В этой же работе, однако, авторами было отмечено, что на улучшение скорости воспроизведения повлияло и увеличение представленности 2-й стадии ФМС [37].

Основной характеристикой сна большой продолжительности (90 мин и более) является значительное число эпизодов 3-й стадии ФМС и ФБС [38—40]. I. Verweij, и соавт. оценили влияние 90-минутного сна на закрепление двигательных навыков (процедурная память). Контрольная и экспериментальная группы включали 42 добровольца, которые обучались последовательной серии действий до периода 90-минутного сна или бодрствования. Группа дневного сна показала также более высокие результаты, чем группа бодрствования, но так как во время эксперимента ФБС достигли только 6 из 21 испытуемого, то исследователи предположили, что 2-я и 3-я стадии ФМС также оказывают частичное влияние на формирование процедурной памяти [39]. В другой работе (E. McDevitt и соавт.), с продолжительностью дневного сна не более 90 мин, было показано улучшение декларативной памяти в группе с наличием дневного сна и также связь с выраженностью веретен сна во 2-й стадии ФМС [40].

Особенностью сна продолжительностью более 30 мин является наличие 3-й стадии ФМС. При этом после пробуждения из этой самой глубокой стадии сна часто отмечается феномен инерции сна, что выражается в ощущении сонливости, а при выполнении когнитивных тестов, которые проводились после такого пробуждения, испытуемые показывали худшие результаты, чем при пробуждении из поверхностных стадий сна длительностью до 30 мин [41]. В работе J. Groeger и соавт. было показано, что после 90-минутного сна возможности запоминания в течение 5 и 25 мин были достоверно снижены из-за инерции сна [41]. По данным исследований A. Brooks и соавт. и H. Mulrine и соавт., однако, долгосрочные преимущества дневного сна перевешивают нарушения, связанные с возникновением инерции сна [27, 42].

Вместе с тем в ряде работ отмечается возможность возникновения инерции сна при пробуждении даже из сна продолжительностью 30 мин. Так, в статье A. Brooks и соавт. было показано, что 30-минутный сон вызывал нарушение работоспособности сразу после сна, что указывает на инерцию сна, за которой следовало заметное улучшение работоспособности, продолжавшееся до 155 мин после сна [27]. Сходные данные были получены J. Hilditch и соавт. [7].

Можно сделать вывод, что при достаточном времени ночного сна дневной сон любой продолжительности будет оказывать положительное влияние на память. Если он будет превышать 30 мин, то возможно последующее непродолжительное (до 30 мин) ухудшение работоспособности из-за инерции сна. Для процедурной памяти решающую роль играет именно ФБС, достижение которой возможно только при продолжительном дневном сне. В отношении декларативной памяти положительный эффект может быть получен даже при коротком периоде сна — продолжительностью от 6 мин. Достижение 3-й стадии ФМС при продолжительном дневном сне с 30—40-й минуты в перспективе более выгодно, так как сопровождается наибольшим улучшением показателей долговременной памяти (см. таблицу).

#### Влияние одноразового дневного сна на когнитивные функции при недостаточном ночном сне

Число работ, в которых исследовали влияние дневного сна при сокращении ночного (сон менее 7 ч), невелико, поэтому не поддается систематизации. В исследовании J. Cousins и соавт. было показано, что дневной сон продолжительностью 90 мин способен компенсировать эффекты хронической депривации сна на процедурную память у под-

ростков. В эксперименте приняли участие 4 группы испытуемых с различной продолжительностью сна: 5 ч ночного сна, 6,5 ч (5 ч ночного +1,5 ч дневного сна) и 9 ч ночного сна. Авторы обнаружили снижение показателей выполнения теста в 5- и 6,5-часовых группах по сравнению 9-часовой контрольной группой. При этом показатели участников по графику раздельного сна ( $5 \pm 1,5$  ч) достоверно не отличались от показателей контрольной группы с 9-часовым ночным сном [43]. Эти данные согласуются с результатами J. Saletin и соавт. [44].

Однако в другом исследовании (J. Lo и соавт.) было показано, что у подростков наличие дневного сна не способно полностью компенсировать хроническую депривацию ночного сна. Участники в группе без дневного сна продемонстрировали прогрессирующее снижение показателей устойчивого внимания, которые не вернулись к исходному уровню даже после двух ночей нормального сна. У участников с дневным сном производительность выполнения теста также снижалась, но с меньшей скоростью [45]. Сходные данные были получены в исследовании J. Ong и соавт. [46].

Возможности применения дневного сна в качестве компенсации недостатка ночного ограничиваются эффектом «углубления» дневного сна с последующим развитием инерции сна после пробуждения. H. Van Dongen и соавт. и E. Werth и соавт. показали, что в таком дневном сне наблюдается увеличение доли 3-й стадии ФМС и ФБС по сравнению с дневным сном при нормальной продолжительности ночного сна [47, 48]. Это повышает вероятность возникновения инерции сна, которая, как было показано ранее, на определенное время ухудшает эффективность некоторых форм когнитивной деятельности [49].

#### Влияние времени суток на эффективность дневного сна

По-видимому, оптимальным временем для короткого дневного сна является период с 13:00 до 15:00, так как

большинство исследований, отметивших положительное влияние дневного сна на показатели запоминания, упоминавшиеся выше, проводились именно в этот промежуток времени [23–47].

## Заключение

В большинстве проведенных исследований было показано, что кратковременный дневной сон действительно оказывает положительное влияние на консолидацию памяти. Причем для улучшения декларативной памяти, которая определенным образом связана с веретенами сна во 2-й стадии ФМС, продолжительность дневного сна не так существенна, хотя наилучшие показатели наблюдались при достижении самой глубокой, 3-й, стадии сна при длительном дневном сне. Для процедурной памяти, в большей степени зависящей от ФБС, продолжительность дневного сна имеет критическое значение, поскольку только при длительных (более 60 мин) периодах дневного сна возможно достижение этой фазы. При недостаточно длительном ночном сне наличие короткого дневного сна позволяет компенсировать негативные эффекты депривации сна на когнитивные функции, но не в полной мере. Наиболее подходящим временем суток для положительных эффектов дневного сна является период с 13:00 до 15:00. Дневной сон продолжительностью более 30 мин может приводить к развитию феномена инерции сна, что следует учитывать, применяя стратегию «power nap» у представителей профессий, требующих быстрого реагирования (диспетчеры, водители и т.д.).

*Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №19-29-06071.*

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Ricci JA, Chee EC, Lorandeanu AL, Berger J. Fatigue in the US workforce: Prevalence and implications for lost productive work time. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2007;49(1):1-10. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000249782.60321.2a>
- Ulmer C, Wolman DM, Johns MM. Resident duty hours: Enhancing sleep, supervision, and safety. *National Academies Press*. 2009. <https://doi.org/10.17226/12508>
- Taras H, Potts-Datema W. Sleep and student performance at school. *Journal of School Health*. 2005;75(7):248-254. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2005.00033.x>
- Дорохов В.Б. Сомнология и безопасность профессиональной деятельности. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2013; 63(1):33-47. Dorokhov VB. Somnology and occupational safety. *Zhurnal vysshei nervnoi Deiatel'nosti imeni I.P. Pavlova*. 2013;63(1):33-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0044467713010048>
- Maas JB, Wherry ML, Axelrod DJ, Hogan BR, Bloomin J. *Power sleep: The revolutionary program that prepares your mind for peak performance*. New York: Villard; 1998.
- Lovato N, Lack L. The effects of napping on cognitive functioning. *Prog Brain Res*. 2010;185:155-166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53702-7.00009-9>
- Hilditch CJ, Jillian D, Banks S. A review of short naps and sleep inertia: Do naps of 30 min or less really avoid sleep inertia and slow wave sleep? *Sleep Sci*. 2017;32:176-190. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.12.016>
- Cellini N, Torre J, Stegagno L, Sarlo M. Cardiac autonomic activity during daytime nap in young adults. *J Sleep Res*. 2018;27(2):159-164. <https://doi.org/10.1111/jsr.12539>
- McDevitt EA, Alaynick WA, Mednick SC. The effect of nap frequency on daytime sleep architecture. *Physiol Behav*. 2012;107:40-44. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.05.021>
- Putilov AA. Rapid Changes in Scores on Principal Components of the EEG Spectrum Do Not Occur in the Course of «Drowsy» Sleep of Varying Length. *Clin EEG Neurosci*. 2015;46(2):147-152. <https://doi.org/10.1177/1550059413519079>
- Evans FJ, Cook MR, Cohen HD, Orne EC, Orne MT. Appetitive and replacement naps: EEG and behavior. *Science*. 1977;197:687-689. <https://doi.org/10.1126/science.17922>
- Milner CE, Fogel SM, Cote KA. Habitual napping moderates motor performance improvements following a short daytime nap. *Biol Psychol*. 2006;73:141-156. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.01.015>
- Campbell SS, Murphy PJ, Stauble TN. Effects of a nap on nighttime sleep and waking function in older subjects. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(1):48-53. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53009.x>
- Karacan I, Williams RL, Finley WW, Hirsch CJ. The effects of naps on nocturnal sleep: influence on the need for stage-1 REM and stage 4 sleep. *Biol Psychiatry*. 1970;2(4):391-399. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4320228>

15. Knowles JB, Coulter M, Wahnou S, Reitz W, MacLean AW. Variation in process S: effects on sleep continuity and architecture. *Sleep*. 1990;13(2): 97-107.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/13.2.97>
16. Born J, Rasch B, Gais S. Sleep to Remember. *Neurosci*. 2006;12(5):410-424.  
<https://doi.org/10.1177/1073858406292647>
17. Sutherland GR, McNaughton B. Memory trace reactivation in hippocampal and neocortical neuronal ensembles. *Curr Opin Neurobiol*. 2000;10(2): 180-186.  
[https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00079-9](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00079-9)
18. Tononi G, Cirelli C. Sleep and synaptic down-selection. *Eur J Neurosci*. 2020;51(1):413-421.  
<https://doi.org/10.1111/ejn.14335>
19. Anderson JR. *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates. 1976. OCLC 2331424.
20. Quam C, Wang A, Maddox WT, Golisch K, Lotto A. Procedural-Memory, Working-Memory, and Declarative-Memory Skills Are Each Associated With Dimensional Integration in Sound-Category Learning. *Front. Psychol*. 2018;9:1828.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01828>
21. Antony JW, Schönauer M, Staresina BP, Cairney SA. Sleep Spindles and Memory Reprocessing. *Trends in Neurosciences*. 2018;1:1-3.  
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.09.012>
22. McDevitt EA, Krishnan GP, Bazhenov M, Mednick SC. The Role of Sleep Spindles in Sleep-Dependent Memory Consolidation. *Cognitive Neuroscience of Memory Consolidation*. 2017:209-226.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-45066-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45066-7_13)
23. Klinzing JG, Niethard N, Born J. Mechanisms of systems memory consolidation during sleep. *Nat Neurosci*. 2019;22:1598-1610.  
<https://doi.org/10.1038/s41593-019-0467-3>
24. Hutchison IC, Rathore S. The role of REM sleep theta activity in emotional memory. *Front Psychol*. 2015;6:1439.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01439>
25. Ackermann S, Rasch B. Differential Effects of Non-REM and REM Sleep on Memory Consolidation? *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2014;14:430.  
<https://doi.org/10.1007/s11910-013-0430-8>
26. Lahl O, Wispel C, Willigens B, Pietrowsky R. An ultra short episode of sleep is sufficient to promote declarative memory performance. *J Sleep Res*. 2008;17:3-10.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2008.00622.x>
27. Brooks A, Lack L. A brief afternoon nap following nocturnal sleep restriction: which nap duration is most recuperative? *Sleep*. 2006;29(6):831-840.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/29.6.831>
28. Mednick S, Nakayama K, Stickgold R. Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. *Nat Neurosci*. 2003;6:697-698.  
<https://doi.org/10.1038/nn1078>
29. Chen Q, Ru T, Yang M, Yan P, Li J, Yao Y, Li X, Zhou G. Effects of Afternoon Nap Deprivation on Adult Habitual Nappers' Inhibition Functions. *Biomed Res Int*. 2018;5702646.  
<https://doi.org/10.1155/2018/5702646>
30. Kaida K, Takeda Y, Tsuzuki K. The relationship between flow, sleepiness and cognitive performance: the effects of short afternoon nap and bright light exposure. *Ind Health*. 2012;50(3):189-196.  
<https://doi.org/10.2486/indhealth.MS1323>
31. Landry S, Anderson C, Conduit R. The effects of sleep, wake activity and time-on-task on offline motor sequence learning. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2016;127:56-63.  
<https://doi.org/10.1016/j.nlm.2015.11.009>
32. Tucker MA, Humiston GB, Sumner T, Wamsley E. Comparing the Effects of Sleep and Rest on Memory Consolidation. *Nat Sci Sleep*. 2020;12:79-91.  
<https://doi.org/10.2147/NSS.S223917>
33. Cellini N, Goodbourn PT, McDevitt EA, Martini P, Holcombe AO, Mednick SC. Sleep after practice reduces the attentional blink. *Attention, Perception, Psychophys*. 2015;77:1945-1954.  
<https://doi.org/10.3758/s13414-015-0912-7>
34. Maier JG, Piosczyk H, Holz J, Landmann N, Deschler C, Frase L, Kuhn M, Klöppel S, Spiegelhalter K, Sterr A, Riemann D, Feige B, Voderholzer U, Nissen C. Brief periods of NREM sleep do not promote early offline gains but subsequent on-task performance in motor skill learning. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2017;145:18-27.  
<https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.08.006>
35. Alger SE, Lau H, Fishbein. Slow wave sleep during a daytime nap is necessary for protection from subsequent interference and long-term retention. *Neurobiol Learn Mem*. 2012;98(2):188-196.  
<https://doi.org/10.1016/j.nlm.2012.06.003>
36. Piosczyk H, Holz J, Feige B, Spiegelhalter K, Weber F, Landmann N, Kuhn M, Frase L, Riemann D, Voderholzer U, Nissen C. The effect of sleep-specific brain activity versus reduced stimulus interference on declarative memory consolidation. *J Sleep Res*. 2013;22:406-413.  
<https://doi.org/10.1111/jsr.12033>
37. Sugawara SK, Koike T, Kawamichi H, Makita K, Hamano YH, Takahashi HK, Nakagawa E, Sadato N. Qualitative differences in offline improvement of procedural memory by daytime napping and overnight sleep: An fMRI study. *Neuroscience Research*. 2018;132:37-45.  
<https://doi.org/10.1016/j.neures.2017.09.006>
38. Van Schalkwijk FJ, Sauter C, Hoedmoser K, et al. The effect of daytime napping and full-night sleep on the consolidation of declarative and procedural information. *J Sleep Res*. 2019;28(1):e12649.  
<https://doi.org/10.1111/jsr.12649>
39. Verweij IM, Onuki Y, Van Someren EJW, Van der Werf YD. Sleep to the beat: A nap favours consolidation of timing. *Behavioral Neuroscience*. 2016;130(3):298-304.  
<https://doi.org/10.1037/bne0000146>
40. McDevitt EA, Sattari N, Duggan KA, Cellini N, Whitehurst LN, Perera C, Reihanabad N, Granados S, Hernandez L, Mednick SC. The impact of frequent napping and nap practice on sleep-dependent memory in humans. *Sci Rep*. 2018;8:15053.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-33209-0>
41. Groeger JA, Lo JC, Burns CG, Dijk DJ. Effects of sleep inertia after daytime naps vary with executive load and time of day. *Behav Neurosci*. 2011;125(2):252-260.  
<https://doi.org/10.1037/a0022692>
42. Mulrine HM, Signal TL, van den Berg MJ, Gander PH. Post-sleep inertia benefits of longer naps in simulated nightwork and extended operations. *Chronobiol Int*. 2012;29(9):1249-1257.  
<https://doi.org/10.3109/07420528.2012.719957>
43. Cousins JN, Rijn E, Ong JL, Chee MWL. A split sleep schedule rescues short-term topographical memory after multiple nights of sleep restriction. *SLEEP*. 2019;42(4):zsz018.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsz018>
44. Saletin JM, Hilditch CJ, Dement WC, Carskadon MA. Short Daytime Naps Briefly Attenuate Objectively Measured Sleepiness Under Chronic Sleep Restriction. *Sleep*. 2017;40(9):zsz118.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsz118>
45. Lo JC, Lee SM, Teo LM, Lim J, Gooley JJ, Chee MW. Neurobehavioral Impact of Successive Cycles of Sleep Restriction With and Without Naps in Adolescents. *Sleep*. 2017;40(2):zsw042.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsw042>
46. Ong JL, Lo JC, Gooley JJ, Chee MWL. EEG Changes Accompanying Successive Cycles of Sleep Restriction With and Without Naps in Adolescents. *Sleep*. 2017;40(4):zsz030.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsz030>
47. Van Dongen HP, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*. 2003;26(2):117-126.  
<https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117>
48. Werth E, Dijk DJ, Achermann P, Borbely AA. Dynamics of the sleep EEG after an early evening nap: experimental data and simulations. *Am J Physiol*. 1996;271:501-510.  
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.1996.271.3.R501>
49. Miccoli L, Versace F, Koterle S, Cavallero C. Comparing sleep-loss sleepiness and sleep inertia: lapses make the difference. *Chronobiol Int*. 2008;25(5):725-744.  
<https://doi.org/10.1080/07420520802397228>

Поступила 17.04.2020

Received 17.04.2020

Принята к печати 18.04.2020

Accepted 18.04.2020