

Влияние нейроэстетичных образов на архитектуру сна и консолидацию памяти

Научный руководитель – Черноризов Александр Михайлович

Кузнецова Юлия Сергеевна

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет психологии, Москва, Россия
E-mail: usy8991@gmail.com

Сон играет критическую роль в консолидации памяти, обеспечивая закрепление следов эксплицитной и имплицитной памяти, их реорганизацию и интеграцию в долговременное хранилище [2, 8]. Согласно теории синаптического гомеостаза, NREM-сон осуществляет глобальное ослабление синапсов, повышая отношение сигнал/шум для значимых следов [11]. Особое значение в этих процессах придается сонным веретенам – электрофизиологическим событиям NREM-сна, которые рассматриваются как маркеры успешной консолидации и гиппокампадно-кортикального взаимодействия [3]. REM-сон, в свою очередь, связан с реорганизацией следов памяти, их эмоциональной модуляцией и адаптацией к новому опыту [5, 9].

Однако эффективность консолидации во сне зависит не только от внутренних механизмов сна, но и от того, в каком функциональном состоянии мозг подходит к его началу. Согласно теории синаптического тегирования и захвата (STC), события, происходящие после обучения (пост-стимулы), могут ретроактивно усиливать предшествующие воспоминания за счет захвата пластических белков ранее помеченными синапсами [4]. Активация синапсов в момент обучения оставляет молекулярный «тег», а последующее событие, индуцирующее синтез пластических белков (PRPs), обеспечивает захват этих белков помеченными синапсами, что ведёт к долговременной потенциации. В качестве такого пост-стимула могут выступать нейроэстетически гармоничные образы, например фракталы с размерностью $D \approx 1,3-1,5$, которые активируют орбитофронтальную кору (OFC) – ключевую структуру системы вознаграждения [6, 7], а также сеть пассивного режима мозга (DMN), связанную с автобиографической памятью и внутренней обработкой информации [1, 12], снижают стресс [10]. Эти эффекты создают оптимальный фон для последующей консолидации памяти во сне. Однако до настоящего времени не проводилось системных исследований, проверяющих гипотезу о модулирующем влиянии эстетических стимулов, предъявленных после обучения перед сном, на архитектуру сна и отсроченное воспроизведение.

Цель исследования – изучить влияние нейроэстетичных образов (фракталов с размерностью $D=1,5$) на консолидацию памяти (воспоминаний нейтральной валентности) и установить нейрофизиологические корреляты этого влияния, связанные со сном.

Задачи исследования:

1. Исследовать влияние нейроэстетичных образов на успешность отсроченного припоминания после сна.
2. Изучить взаимосвязь между типом пост-стимула и объективными параметрами архитектуры сна.

Общая гипотеза: просмотр нейроэстетичных образов (фракталов $D=1,5$) после запоминания перед сном модулирует характеристики последующего сна (снижает латентность, увеличивает плотность веретен) и улучшает консолидацию памяти (отсроченное воспроизведение).

Дизайн исследования: 2×2 смешанный план с межгрупповыми факторами: «состояние» (сон / бодрствование) и «тип пост-стимула» (нейроэстетичные фракталы / контроль). Всего 4 группы по 20–25 участников (всего 100 замеров). Каждый участник проходит все условия в рамках внутригруппового дизайна.

Методы:

- Стимульный материал: 60 пар нейтральных слов (отобраны из базы ENRuN по параметрам валентности 3,75–4,35, arousal \leq 2,6).
- Нейроэстетические образы: 5-минутное видео с фрактальной анимацией $D=1,5$ (чёрно-белое, контролируемые яркость и контраст). Контроль – просмотр серого экрана.
- Полисомнография (ПСГ) для регистрации архитектуры сна.
- Психометрические методики: Каролинская шкала сонливости, шкала сонливости Эпворта, Питтсбургский индекс качества сна, САН.

Процедура исследования: участники заучивают слова, затем выполняют тест немедленного воспроизведения. После этого в экспериментальных условиях предъявляется пост-стимул (фрактал или серый экран). Затем участник либо спит 1,5 часа (с ПСГ), либо бодрствует (контроль). После пробуждения / окончания бодрствования проводится тест отсроченного воспроизведения и узнавания.

Ожидаемые результаты: предполагается, что группа «фракталы + сон» покажет наилучшее отсроченное воспроизведение, а плотность сонных веретен будет положительно коррелировать с улучшением памяти. В группах бодрствования эффект пост-стимулов ожидается слабым или отсутствующим, что подтвердит специфическую роль сна в закреплении эстетически модулированных следов.

Таким образом, впервые будет системно исследовано влияние нейроэстетических образов как модулятора консолидации памяти во сне с использованием ПСГ и контролируемого дизайна. Полученные результаты могут лечь в основу разработки цифровых интервенций (мобильных приложений) для улучшения памяти и коррекции нарушений сна в современных условиях информационной перегрузки.

Источники и литература

- 1) Belfi A.M., Vessel E.A., Briemann A., Isik A.I., Chatterjee A., Leder H., ... & Starr G.G. Dynamics of aesthetic experience are reflected in the default-mode network // *NeuroImage*. 2019. Vol. 188. P. 584–597.
- 2) Diekelmann S., Born J. The memory function of sleep // *Nature reviews neuroscience*. 2010. Vol. 11, № 2. P. 114–126.
- 3) Fogel S.M., Smith C.T. The function of the sleep spindle: a physiological index of intelligence and a mechanism for sleep-dependent memory consolidation // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2011. Vol. 35, № 5. P. 1154–1165.
- 4) Frey U., Morris R.G. Synaptic tagging and long-term potentiation // *Nature*. 1997. Vol. 385, № 6616. P. 533–536.
- 5) Hutchison I.C., Rathore S. The role of REM sleep theta activity in emotional memory // *Frontiers in psychology*. 2015. Vol. 6. P. 1439.
- 6) Ishizu T., Zeki S. Toward a brain-based theory of beauty // *PloS one*. 2011. Vol. 6, № 7. P. e21852.
- 7) Kawabata H., Zeki S. Neural correlates of beauty // *Journal of neurophysiology*. 2004. Vol. 91, № 4. P. 1699–1705.
- 8) Klinzing J.G., Niethard N., Born J. Mechanisms of systems memory consolidation during sleep // *Nature neuroscience*. 2019. Vol. 22, № 10. P. 1598–1610.

- 9) Li W., Ma L., Yang G., Gan W.B. REM sleep selectively prunes and maintains new synapses in development and learning // Nature neuroscience. 2017. Vol. 20, № 3. P. 427–437.
- 10) Taylor R.P. Reduction of physiological stress using fractal art and architecture // Leonardo. 2006. Vol. 39, № 3. P. 245–251.
- 11) Tononi G., Cirelli C. Sleep function and synaptic homeostasis // Sleep medicine reviews. 2006. Vol. 10, № 1. P. 49–62.
- 12) Vessel E.A., Starr G.G., Rubin N. The brain on art: intense aesthetic experience activates the default mode network // Frontiers in human neuroscience. 2012. Vol. 6. P. 66.