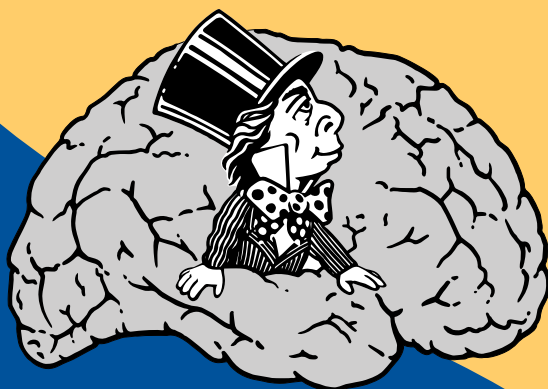


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2019

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППиП. 2019 г. – 656 стр.

ISBN 978-5-4465-2346-7

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-2346-7

©Авторы статей, 2019

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЗНАНИЯ В ПАРАДИГМЕ СОН – БОДРСТВОВАНИЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА АКТИВАЦИИ СОЗНАНИЯ ПРИ ПРОБУЖДЕНИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ И НАЖАТИЯ НА КНОПКУ**

С. С. Груздева\*, Н. Е. Петренко, Е. А. Черемушкин, В. Б. Дорохов  
[svetlanagruzdeva25@gmail.com](mailto:svetlanagruzdeva25@gmail.com)  
ФГБУН Институт высшей нервной деятельности  
и нейрофизиологии РАН, Москва

**Аннотация.** Основная цель исследования – выбрать более точный физиологический параметр для исследований динамических процессов мозга, предшествующих возобновлению осознаваемой когнитивной деятельности после сна. Это важно для исследования нейрональных коррелятов сознания на развиваемой нами модели перехода от сна к бодрствованию. Для этого было проведено сравнение момента пробуждения от сна при восстановлении выполнения психомоторного теста по показателям миограммы мышц пальца и показателям механограммы нажатия на кнопку. В течение одного короткого эксперимента с помощью психомоторного теста можно исследовать несколько последовательных эпизодов: исчезновения сознательной деятельности при засыпании, дальнейшего развития кратковременных эпизодов «микросна» и ее возобновления при самопроизвольном пробуждении. Сравнение времени возобновления выполнения теста по двум показателям обнаружило, что у 15 из 20 испытуемых возникновение ЭМГ опережало на 50 – 2500 мс возникновение нажатий на кнопку по показателям механограммы.

**Ключевые слова:** уровни сознания, дневной сон, спонтанное пробуждение, психомоторный тест, ЭЭГ, ЭМГ, нажатия на кнопку

### **Тематика исследования**

В последние годы на стыке когнитивных нейронаук сформулирован подход к исследованию сознания как к поиску нейрональных коррелятов сознания (НКС). В основе этого подхода лежит постулат о наличии причинной связи между активностью сознания и активностью мозга: для каждого события в сознании есть соответствующее событие в мозге (Koch et al., 2016). Нами разработана экспериментальная модель для исследования сознания (Дорохов, 2003, Dorokhov et al., 2018) в рамках парадигмы двух состояний: сон и бодрствование – и соответственно – отсутствия и наличия сознания (Gemignani et al., 2015; Tagliazucchi, van Someren, 2017; Windt et al., 2016). Необходимым условием функционирования сознания является наличие определенного уровня деполяризации корковых нейронов, который характерен для бодрствования. А отсутствие сознания в медленноволновой стадии сна, по су-

ществующим представлениям, определяется бистабильным состоянием корковых нейронов с перемежающейся гиперполяризацией и деполяризацией мембраны нейронов, что нарушает синхронное взаимодействие корковых областей мозга, необходимое для функционирования сознания. Момент пробуждения ото сна рассматривается как модель для исследования активации последовательных уровней сознания (Gemignani et al., 2015; Tagliazucchi, van Someren, 2017; Windt et al., 2016).

Разработанный нами психомоторный тест (Дорохов, 2003; Dorokhov et al., 2018) основан на монотонной деятельности (счет и нажатия на кнопку), которая быстро вызывает снижение уровня бодрствования и позволяет в течение одного часа наблюдать несколько чередующихся эпизодов «микросна», пробуждения и бодрствования. В момент спонтанного пробуждения ото сна происходят процессы активации нейрональных сетей мозга, которые обеспечивают уровень деполяризации корковых нейронов, необходимый для достижения определенного уровня сознания, при котором возможно выполнение психомоторного теста. Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) дает возможность с точностью до десятков миллисекунд определить момент пробуждения ото сна, а регистрация электромиограммы (ЭМГ) мышц пальцев, участвующих в нажатии на кнопку, дает точный момент прихода эфферентной команды, запускающей выполнение психомоторного теста. Нажатие на кнопку дает оценку характеру протекания когнитивных процессов и, самое главное, позволяет определить момент, когда эфферентная команда реализована на поведенческом уровне. В наших исследованиях мы использовали кнопку, чувствительную к силе нажатия, что важно в экспериментах с засыпанием со сниженным уровнем мышечного тонуса. Наше исследование показало, что в качестве реперной точки для анализа различных когнитивных процессов, предшествующих возобновлению выполнения теста, следует брать момент резкого возрастания амплитуды ЭМГ-сигнала, так как интервал между ЭМГ-сигналом и последующим нажатием на кнопку сильно варьируется.

Целью настоящего исследования была количественная оценка интервала между ЭМГ-сигналом и нажатием на кнопку при пробуждении ото сна.

## Методика

**Испытуемые:** 20 человек (возраст от 19 до 22 лет, все студенты, правши). Исследование соответствовало этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Испытуемые были ознакомлены с процедурой исследования и дали согласие на участие в нем. Для оценки уровня дневной сонливости использовали опросник KSS (Каролинская шкала сонливости).

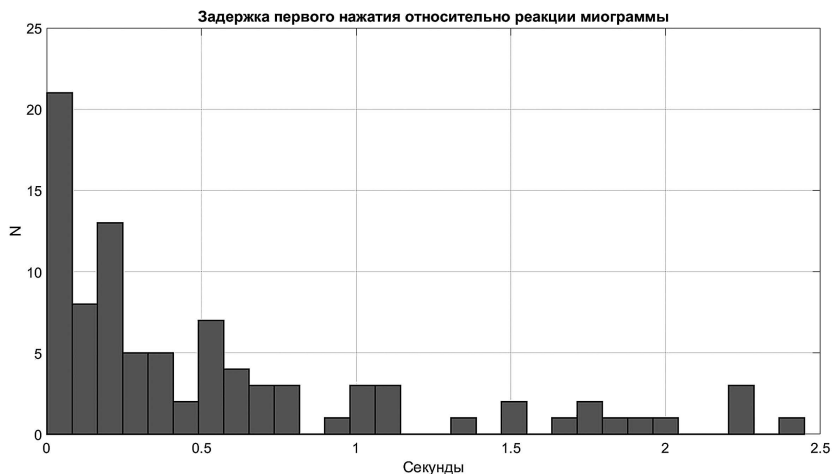
**Процедура исследования.** Время эксперимента: с 13.00 до 16.00. Продолжительность — от 55 минут до 1 часа. Обследуемые в положении лежа находились в затемненном звукоизолированном помещении с кушеткой, при постоянной температуре.

Использовали вариант непрерывно-дискретного психомоторного теста (Дорохов, 2003). Обследуемые считали «про себя» от 1 до 10, одновременно при каждом отсчете они должны были нажимать на кнопку большим пальцем правой руки, зафиксированную на указательном пальце. Далее они продолжали считать «про себя» от 1 до 10, но уже без нажатий. Чередование счета с нажатиями и без нажатий продолжалось до тех пор, пока обследуемые не засыпали или до конца опыта. В случае засыпания и последующего спонтанного пробуждения они должны были немедленно возобновить выполнение психомоторного теста.

Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) с поверхности головы регистрировали от 17 электродов, расположенных в соответствии со схемой 10–20% (F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, P3, P4, Pz, T5, T6, O1, O2). Отведение ЭЭГ – монополярное, референтный электрод – объединенный ушной. Также регистрировали электроокулограмму (ЭОГ), миограмму (ЭМГ) и механограмму нажатия на кнопку. Для регистрации нажатий использовали пневматическую кнопку, чувствительную к силе нажатий, ранее разработанную для фМРТ-исследований (Dorokhov et al., 2018). Одновременно с регистрацией механограммы нажатия на кнопку регистрировали ЭМГ короткой мышцы, отводящей большой палец кисти правой руки (*musculus abductor pollicis brevis*). Регистрацию электрической активности проводили с помощью системы Neocortex-Pro (Neurobotics, Россия). Частота дискретизации – 250 Гц. Полоса пропускания частот: 0.5 – 70 Гц.

## Результаты

Момент пробуждения от сна хорошо определяется по показателям ЭЭГ при смене активности ЭЭГ, характерной для определенной стадии сна (Дорохов, 2003). Момент возобновления выполнения теста определялся по двум показателям: по ЭМГ пальцев, нажимающих на кнопку, и по механограмме нажатий



**Рисунок 1.** Задержка первого нажатия относительно реакции миограммы

на кнопку. Моменты резкого возрастания амплитуды ЭМГ-сигнала и нажатия на кнопку определялись визуально двумя независимыми экспертами. Сравнение времени возобновления выполнения теста по этим двум показателям показало, что у 15 из 20 испытуемых возрастание амплитуды ЭМГ-сигнала опережало на 50–2500 мс появление нажатий на кнопку по показателям механограммы.

На рис. 1 представлено распределение задержки первого нажатия на кнопку относительно миограммы после пробуждения для 15 испытуемых. Общее количество анализируемых эпизодов пробуждения – 91 (от 2 до 11 в эксперименте).

## Обсуждение

Таким образом, полученный результат показывает, что для исследований динамических процессов мозга, предшествующих возобновлению осознанной когнитивной деятельности при пробуждении ото сна, для определения момента начала деятельности лучше использовать ЭМГ, чем нажатие на кнопку. Амплитуда сигнала на ЭМГ резко возрастает в момент прихода эфферентного сигнала от мозга к мышцам руки, и требуется некоторое время (50–2500 мс), чтобы тонус мышц пальцев достиг уровня, необходимого для нажатия на кнопку. Можно предположить наличие следующей последовательности событий: возобновлению выполнения психомоторного теста предшествуют «спонтанные» когнитивные процессы извлечения из памяти «гипотетической инструкции» по выполнению теста, что вызывает активацию мозговых структур, определяющих уровень активности нейрональных сетей, необходимый для реализации когнитивных процессов, участвующих в выполнении психомоторного теста – устного счета и эффекторных процессов нажатия на кнопку. Мы полагаем, что последовательность этих процессов является нейрональным коррелятом возникновения определенного уровня сознания на развиваемой нами модели перехода от сна к бодрствованию.

## Литература

*Дорохов В. Б.* Альфа-веретена и К-комплекс – фазические активационные паттерны при спонтанном восстановлении нарушений психомоторной деятельности на разных стадиях дремоты // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2003. Т. 53. № 4. С. 502–511.

*Dorokhov V. B., Malakhov D. G., Orlov V. A., Ushakov V.* Experimental model of study of consciousness at the awakening: fMRI, EEG and behavioral methods // Biologically Inspired Cognitive Architectures: Proceedings of the Ninth Annual Meeting of the BICA Society / A. V. Samsonovich (Ed.). Springer International Publishing, 2018. P. 82–87.

*Gemignani A., Menicucci D., Laurino M., Piarulli A., Mastorci F., Sebastiani L., Allegrini P.* Linking sleep slow oscillations with consciousness theories: New vistas on Slow Wave Sleep unconsciousness // Archives Italiennes de Biologie. 2015. Vol. 153. No. 1–2. P. 135–143. <http://www.architalbiol.org/index.php/aib/article/view/153135/26742667>

*Koch C., Massimini M., Boly M., Tononi G.* Neural correlates of consciousness: Progress and problems // Nature Reviews Neuroscience. 2016. Vol. 17. No. 5. P. 307–321. doi:10.1038/nrn.2016.22

*Tagliazucchi E., van Someren E.J.W.* The large-scale functional connectivity correlates of consciousness and arousal during the healthy and pathological human sleep cycle // *NeuroImage*. 2017. Vol. 160. P. 55 – 72. doi:10.1016/j.neuroimage.2017.06.026

*Windt J.M., Nielsen T., Thompson E.* Does consciousness disappear in dreamless sleep? // *Trends in Cognitive Sciences*. 2016. Vol. 20. No. 12. P. 871 – 882. doi:10.1016/j.tics.2016.09.006

## **EXPERIMENTAL MODEL OF CONSCIOUSNESS IN THE FRAMEWORK OF SLEEP-WAKEFULNESS: DETERMINATION OF THE MOMENT OF CONSCIOUSNESS AROUSAL IN AWAKENING THROUGH INDEXES OF ELECTROMYOGRAM AND PUSHING A BUTTON**

S. S. Gruzdeva\*, N. E. Petrenko, E. A. Cheremushkin, V. B. Dorokhov  
[svetlanagruzdeva25@gmail.com](mailto:svetlanagruzdeva25@gmail.com)

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow

**Abstract.** The main aim of the study was to choose the most accurate physiologic index for the investigation of dynamic brain processes that precede the resumption of conscious cognitive activity after sleep. It is important to study the neuronal correlates of consciousness through the model of switching from sleep to wakefulness that we developed. For this purpose, we compared the moment of awakening in the resumption of psychomotor test performance, an electromyogram of finger muscles, and a mechanogram of pushing a button. A short experiment with a psychomotor test allowed us to investigate some sequential episodes, namely the disappearance of conscious activity in falling asleep, further progress of short term episodes of micro-sleep, and the resumption of conscious activity in spontaneous awakening. The comparison of moments of conscious activity resumption demonstrated that in 15 of 20 participants, the arousal of the electromyogram prompted their pushing of the button in 50 – 2500 ms.

**Keywords:** levels of consciousness, daytime sleep, spontaneous awakening, psychomotor test, EEG, EMG, pushing the button