

DOI: <https://doi.org/10.17816/PED12131-41>

## СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛОБНЫХ ОТДЕЛОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА С УРОВНЕМ ЭКСТРАВЕРСИИ И НЕЙРОТИЗМА

© Н.Ю. Смит<sup>1</sup>, М.В. Александров<sup>1,2</sup>, Н.Р. Карелина<sup>1</sup>, С.А. Лытаев<sup>1</sup>, Е.В. Марченко<sup>2</sup><sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

<sup>2</sup>Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

Для цитирования: Смит Н.Ю., Александров М.В., Карелина Н.Р., Лытаев С.А., Марченко Е.В. Связь параметров биоэлектрической активности лобных отделов коры головного мозга с уровнем экстраверсии и нейротизма // Педиатр. – 2021. – Т. 12. – № 1. – С. 31–41. <https://doi.org/10.17816/PED12131-41>

Поступила: 28.12.2020

Одобрена: 15.01.2021

Принята к печати: 19.02.2021

Лобные доли вносят существенный вклад в формирование индивидуальных особенностей личности, в связи с чем актуально выявление связей между параметрами биоэлектрической активности лобной коры и показателями психологических тестов. Целью данной работы было исследование взаимосвязи между показателями экстраверсии и нейротизма обследуемых и параметрами их электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Впервые обнаружены различия данных взаимосвязей в состоянии покоя и при проведении стандартных функциональных проб, без применения дополнительных специализированных нагрузок. В исследовании приняли участие здоровые люди обоего пола, средний возраст 19,3 года; все испытуемые – правши. Для выявления уровня экстраверсии и нейротизма применялся стандартный тест Айзенка (вариант Б). При регистрации ЭЭГ использовался биполярный способ отведения. 19 электродов выставлялись в соответствии с международной системой Джаспера 10–20 %. ЭЭГ регистрировалась в состоянии покоя при закрытых глазах и при проведении функциональных проб: открывание глаз, гипервентиляция, фотостимуляция. Рассчитаны коэффициенты корреляции индекса и абсолютной мощности ЭЭГ с уровнем экстраверсии и нейротизма как для всей выборки обследуемых, так и для отдельных групп по уровню экстраверсии и уровню нейротизма. Для всей выборки испытуемых выявлены положительные значимые корреляции мощности ЭЭГ с уровнем экстраверсии и отрицательные – с уровнем нейротизма. В группах испытуемых с высоким, средним и низким уровнем экстраверсии и нейротизма ярче выражены различия корреляционных взаимосвязей с параметрами ЭЭГ. В этих группах данные различия чаще проявляются при выполнении функциональных проб, чем в состоянии покоя с закрытыми глазами.

**Ключевые слова:** лобные доли; индивидуальные различия; экстраверсия; нейротизм; индекс ЭЭГ; мощность ЭЭГ.

## RELATIONSHIP BETWEEN THE PARAMETERS OF THE FRONTAL CORTEX BIOELECTRIC ACTIVITY AND EXTRAVERSION AND NEUROTICISM LEVEL

© N.Yu. Smit<sup>1</sup>, M.V. Aleksandrov<sup>1,2</sup>, N.R. Karelina<sup>1</sup>, S.A. Lytaev<sup>1</sup>, E.V. Marchenko<sup>2</sup><sup>1</sup>St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia;<sup>2</sup>Professor A.L. Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – branch office of the V.A. Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia

For citation: Smit NYu, Aleksandrov MV, Karelina NR, Lytaev SA, Marchenko EV. Relationship between the parameters of the frontal cortex bioelectric activity and extraversion and neuroticism level. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2021;12(1):31-41. <https://doi.org/10.17816/PED12131-41>

Received: 28.12.2020

Revised: 15.01.2021

Accepted: 19.02.2021

The frontal lobes make a significant contribution to the formation of individual personality traits, in connection with which it is important to identify the links between the parameters of the bioelectric activity of the frontal cortex and the indicators of psychological tests. The aim of this work was to study the relationship between the indicators of extraversion and neuroticism of the subjects and the parameters of their EEG. For the first time, differences in these relationships were found at rest and during standard functional tests, without the use of additional specialized loads. The study involved healthy subjects of both sexes, average age 19.3 years; all subjects are right-handed. To identify the level of extraversion and neuroticism, the standard Eysenck test (option B) was used. The EEG was recorded using the bipolar derivation method. 19 electrodes were exposed in accordance with the international Jasper system 10–20%. EEG was recorded at rest with

eyes closed and during functional tests: eye opening, hyperventilation, photostimulation. The correlation coefficients of the index and absolute power of the EEG with the level of extraversion and neuroticism were calculated both for the entire sample of subjects and for individual groups according to the level of extraversion and the level of neuroticism. For the entire sample of subjects, positive significant correlations of EEG power with the level of extraversion and negative – with the level of neuroticism were revealed. In the groups of subjects with high, medium and low levels of extraversion and neuroticism, the differences in correlation relationships with EEG parameters are more pronounced. In these groups, these differences are more often manifested when performing functional tests than at rest with closed eyes.

**Keywords:** frontal lobes; individual differences; extraversion; neuroticism; EEG index; EEG power.

## ВВЕДЕНИЕ

К настоящему моменту доказано существование взаимосвязей между определенными типологическими свойствами личности и характеристиками спонтанной и вызванной биоэлектрической активности головного мозга [1, 4, 10, 13, 22]. Корреляции параметров электроэнцефалограммы (ЭЭГ) со свойствами личности выявляются как в состоянии покоя, так и в состоянии умственной деятельности, эмоциональной нагрузки или при проведении функциональных проб [8, 11, 14, 19]. Вопрос, какие именно психологические параметры теснее связаны с биоэлектрической активностью в покое, а какие — в состоянии нагрузки, еще до конца не решен.

Роль лобных долей в реализации и контроле эмоциональных проявлений, оценке информации, принятии решения, произвольных поведенческих реакций подтверждена многочисленными исследованиями прошлых лет и в настоящее время также активно изучается [2, 3, 9, 15, 18, 21, 23, 25]. Проблема полного раскрытия роли лобной коры в формировании личности и поведения еще далека от своего завершения, в этой сфере предстоит выяснить немало интересных вопросов.

Следует помнить, что преобладающий эмоциональный фон, восприятие стимулов внешней и внутренней среды, поведенческие алгоритмы — это те проявления, их которых складывается наша индивидуальность. Можно сказать, что активность именно лобных долей вносит ощутимый вклад в формирование индивидуальности. Потому и актуален поиск связи параметров биоэлектрической активности лобной коры с показателями экстраверсии, интроверсии и нейротизма. Практическая значимость изучения этой связи — в выявлении характерных свойств биоэлектрической активности, «привязанных» к уровню экстраверсии и нейротизма, что может позволить применять анализ ЭЭГ для обнаружения личностных особенностей наряду с традиционными психологическими методиками.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 34 участника обоего пола в возрасте от 18 до 27 лет, средний возраст 19,3 года;

все испытуемые — правши. Все обследуемые подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Для установления уровня экстраверсии и нейротизма в числе используемых методик применяли стандартный тест Айзенка (вариант Б). Стандартный тест Айзенка содержит 57 вопросов для выявления экстраверсии-интроверсии, нейротизма и уровня искренности [7]. На выявление уровня экстраверсии направлены 24 вопроса, на выявление уровня нейротизма — другие 24 вопроса. Остальные 9 вопросов (шкала «Ложь») составляют контрольную группу, предназначенную для оценки искренности обследуемого, его отношения к обследованию и достоверности результатов.

ЭЭГ регистрировали биполярно в 19 отведениях в соответствии с международной системой 10/20 в состоянии покоя и при проведении функциональных проб (открытие глаз, гипервентиляция, фотостимуляция с частотой от 1 до 26 Гц).

Были рассчитаны индексы ЭЭГ и спектры мощности ЭЭГ для всех функциональных состояний. Для состояния покоя с закрытыми глазами в анализ брали безартефактные фрагменты ЭЭГ длительностью 30 с. Для реакции активации, гипервентиляции и фотостимуляции длительность анализируемого фрагмента ЭЭГ соответствовала длительности функциональной пробы.

При расчете индексов ЭЭГ выделение полуоволн производилось по переходам через «ноль» с минимальной амплитудой полуоволн 50 % среднеквадратичного отклонения. При расчете спектральной мощности ЭЭГ длительность эпохи анализа составляла 4 с, перекрытие эпох анализа — 50 %, порядок полиномиального тренда — 2, временное окно — Ханна, диапазон низкочастотного сигнала — 0,5–1,25 Гц, максимальная амплитуда низкочастотного сигнала — 200 мкВ<sup>2</sup>.

С помощью программы Microsoft Excel 2010 были рассчитаны коэффициенты корреляции между индексами ЭЭГ и абсолютной мощностью ЭЭГ (мкВ<sup>2</sup>) в переднелобных (Fp2-F8, Fp2-F4, Fp1-F7, Fp1-F3), лобных (F4-C4, F3-C3) и нижнелобных (F7-T3, F8-T4) отведениях и параметрами психологических тестов.

По результатам теста Айзенка обследуемые были разделены на следующие группы:

- 1) по уровню экстраверсии:
  - экстраверты, от 14 до 20 баллов по шкале «Экстраверсия-интроверсия»;
  - «Средняя экстраверсия» от 11 до 13 баллов по шкале «Экстраверсия-интроверсия»;
  - интроверты, уровень экстраверсии от 4 до 10 баллов по шкале «Экстраверсия-интроверсия».
- 2) по уровню нейротизма:
  - «Высокий нейротизм», от 14 до 23 баллов по шкале «Нейротизм-стабильность»;
  - «Средний нейротизм», от 11 до 13 баллов по шкале «Нейротизм-стабильность»;
  - «Стабильные», от 6 до 10 баллов по шкале «Нейротизм-стабильность».

У всех обследуемых обнаружен высокий уровень искренности (от 0 до 3 баллов по шкале «Ложь»), что позволяет считать достоверными выявленные показатели экстраверсии и нейротизма.

Коэффициенты корреляции с параметрами ЭЭГ рассчитывали для всей выборки обследуемых, а также для отдельных групп обследуемых. На рисунках (1–5) представлены отведения, для которых были выявлены достоверные коэффициенты корреляции (знак «+» — положительные, знак «-» — отрицательные, размер знака соответствует уровню значимости). Для прочих отведений достоверных корреляций не обнаружено.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При анализе полученных результатов нами были обнаружены значимые корреляции индекса и мощности ЭЭГ с показателями теста Айзенка обследуемых. Больше всего различий в характере взаимосвязей выявлено для мощности дельта- и тета-ритма.

В ходе обработки данных было обнаружено, что для всей выборки испытуемых выявлены отрицательные корреляции индекса дельта-ритма с уровнем экстраверсии при закрытых и при открытых глазах в правом переднелобном отведении (Fp2-F8) (рис. 1, а), в покое при закрытых глазах коэффициент корреляции составил  $-0,368$ , при открывании глаз  $-0,373$ ;  $p < 0,05$ . Положительная корреляция индекса дельта-ритма с уровнем нейротизма (рис. 1, б) выявлена в том же отведении при фотостимуляции (коэффициент корреляции  $0,468$ ;  $p < 0,05$ ). Для индекса тета- и альфа-ритма значимых корреляций с параметрами теста Айзенка не выявлено.

Положительные корреляции мощности дельта-ритма с уровнем экстраверсии (рис. 1, с; табл. 1)

обнаружены в правом полушарии (Fp2-F4) при закрытых глазах и в левом полушарии при гипервентиляции (F3-C3). Отрицательные корреляции мощности дельта-ритма с уровнем нейротизма (рис. 1, д; табл. 2) выявлены при открытых глазах (F4-C4, Fp1-F7), при гипервентиляции (F8-T4) и при фотостимуляции (Fp2-F8, F8-T4, Fp1-F7).

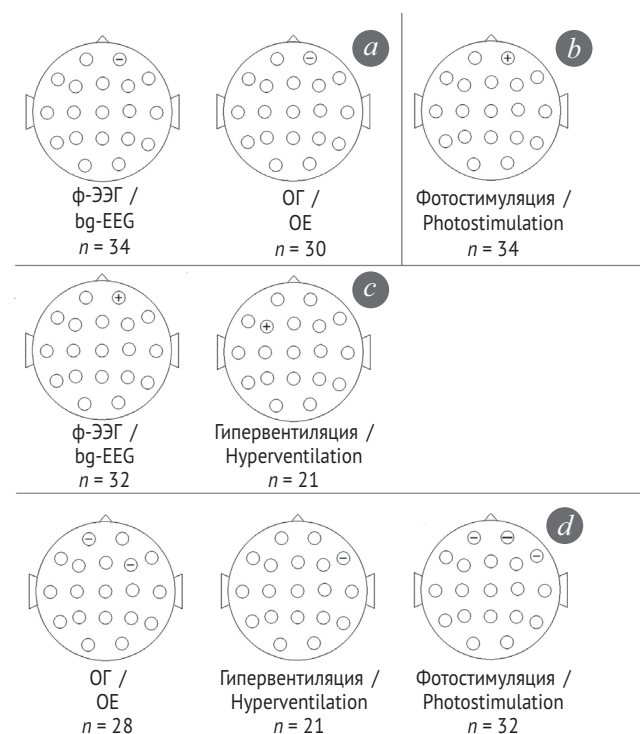


Рис. 1. Корреляции индекса дельта-ритма с уровнем экстраверсии (а), индекса дельта-ритма с уровнем нейротизма (б), мощности дельта-ритма с уровнем экстраверсии (с), мощности дельта-ритма с уровнем нейротизма (д) для всей выборки обследуемых. Знак «-» в кружке — отрицательные корреляции, знак «+» в кружке — положительные корреляции. Уровень значимости коэффициента корреляции отражен в размере знака в кружке: меньший знак соответствует  $p < 0,05$ , больший знак —  $p < 0,01$ . ф-ЭЭГ — состояние покоя при закрытых глазах (фоновая ЭЭГ), ОГ — функциональная проба «Открытие глаз»

Fig. 1. Correlation of the delta rhythm index with the level of extraversion (a), the delta rhythm index with the level of neuroticism (b), the power of the delta rhythm with the level of extraversion (c), the power of the delta rhythm with the level of neuroticism (d) for the entire sample of subjects. “-” sign in a circle — negative correlations, a “+” sign in a circle — positive correlations. The level of significance of the correlation coefficient is reflected in the size of the sign in the circle: the smaller sign corresponds to  $p < 0.05$ , the larger sign corresponds to  $p < 0.01$ . bg-EEG — a state of rest with closed eyes (background EEG), OE — functional test “Opening eyes”

Таблица 1 / Table 1

Корреляции мощности электроэнцефалограммы с уровнем экстраверсии для всей выборки обследуемых  
Correlation of EEG power with the level of extraversion for the entire sample of subjects

Отведения / Derivations	ф-ЭЭГ / bg-EEG n = 32		Фотостимуляция, тета-ритм / Photostimulation, theta rhythm n = 32	Гипервентиляция / Hyperventilation n = 21		
	дельта-ритм / delta rhythm	тета- ритм / theta rhythm		дельта-ритм / delta rhythm	тета-ритм / theta rhythm	альфа-ритм / alpha rhythm
Fp2-F4	0,397	0,372	0,378	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC
Fp1-F7	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	<b>0,589</b>
F7-T3	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	0,435	HKK / ICC
F3-C3	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	0,436	0,471	HKK / ICC

Примечание. Отражение уровня значимости коэффициента корреляции: цифры, обычным шрифтом соответствуют  $p < 0,05$ , полужирным шрифтом —  $p < 0,01$ . HKK — незначимый коэффициент корреляции, ф-ЭЭГ — состояние покоя при закрытых глазах (фоновая ЭЭГ), ОГ — функциональная проба «Открытие глаз». В таблице представлены только те ритмы ЭЭГ, для которых выявлены достоверные корреляции. Note. Significance level of the correlation coefficient: numbers printed in regular type correspond to  $p < 0,05$ , in bold type —  $p < 0,01$ . ICC – insignificant correlation coefficient, bg-EEG – state of rest with closed eyes (background EEG), OE – functional test “Opening eyes”. The table shows only those EEG rhythms for which significant correlations were found.

Таблица 2 / Table 2

Корреляции мощности электроэнцефалограммы с уровнем нейротизма для всей выборки обследуемых  
Correlation of EEG power with the level of neuroticism for the entire sample of subjects

Отведения / Derivations	ф-ЭЭГ, тета-ритм / bg-EEG, theta rhythm n = 32	ОГ, дельта-ритм / OE, delta rhythm n = 28	Фотостимуляция / Photostimulation n = 32		Гипервентиляция / Hyperventilation n = 21		
			дельта-ритм / delta rhythm	тета-ритм / theta rhythm	дельта-ритм / delta rhythm	тета-ритм / theta rhythm	альфа-ритм / alpha rhythm
Fp2-F8	HKK / ICC	HKK / ICC	<b>–0,453</b>	–0,355	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC
F8-T4	HKK / ICC	HKK / ICC	–0,417	HKK / ICC	–0,445	–0,470	–0,466
F4-C4	HKK / ICC	–0,412	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	–0,521	–0,468
Fp1-F7	–0,352	–0,396	–0,360	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC
F3-C3	–0,442	HKK / ICC	HKK / ICC	–0,383	HKK / ICC	–0,474	HKK / ICC

Примечание. Обозначения как в табл. 1. Note. Designations as in Tabl. 1.

С мощностью тета-ритма уровень экстраверсии (рис. 2, а, табл. 1) дает значимые положительные корреляции в правом полушарии при закрытых глазах и при фотостимуляции (Fp2-F4), в левом полушарии (F3-C3, F7-T3) — при гипервентиляции. Уровень нейротизма (рис. 2, б; табл. 2) дает значимые отрицательные корреляции с мощностью тета-ритма в левом полушарии при закрытых глазах (Fp1-F7, F3-C3), в обоих полушариях — при фотостимуляции (Fp2-F8, F3-C3) и при гипервентиляции (F8-T4, F4-C4, F3-C3). Для мощности альфа-ритма при гипервентиляции наблюдаются значимая положительная корреляция в левом полушарии (Fp1-F7) с уровнем экстраверсии (рис. 2, с; табл. 1), в правом полушарии (F8-T4, F4-C4) — отрицательные корреляции с уровнем нейротизма (рис. 2, д; табл. 2).

Корреляции мощности дельта-, тета- и альфа-ритмов с уровнем экстраверсии положительны, с уровнем нейротизма — отрицательны (табл. 1, 2).

Значит, характер корреляционных взаимосвязей индекса и мощности ЭЭГ с экстраверсией и нейротизмом для всей выборки испытуемых можно назвать «противоположным». Такое устойчивое соотношение корреляций индекса и мощности с уровнем экстраверсии/нейротизма можно считать отражением специфической организации функциональных сетей в зависимости от уровня экстраверсии и нейротизма.

В отдельных группах испытуемых с разным уровнем экстраверсии и нейротизма характер корреляционных взаимоотношений с параметрами ЭЭГ изменяется. Значимые корреляции выявлены только для дельта- и тета-ритмов. Корреляции экстраверсии с индексом ЭЭГ и нейротизма с мощностью ЭЭГ не всегда отрицательны; для корреляций нейротизм/индекс ЭЭГ и экстраверсия/мощность ЭЭГ также наблюдаются не только положительные, но и отрицательные значения, что отражено в таблицах 3–6.



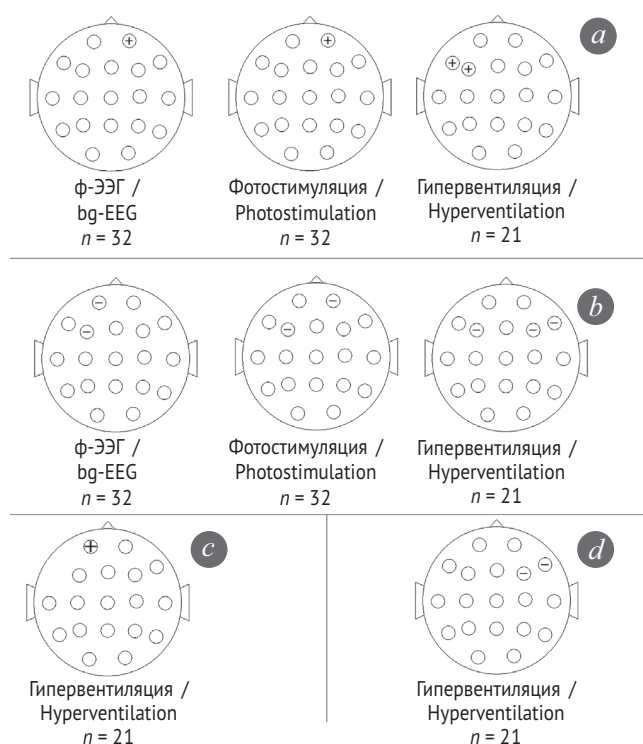


Рис. 2. Корреляции мощности тета-ритма с уровнем экстраверсии (а), мощности тета-ритма с уровнем нейротизма (б), мощности альфа-ритма с уровнем экстраверсии (с), мощности альфа-ритма с уровнем нейротизма (д) для всей выборки обследуемых. Обозначения как на рис. 1

Fig. 2. Correlations of the power of the theta rhythm with the level of extraversion (a), power of the theta rhythm with the level of neuroticism (b), power of the alpha rhythm with the level of extraversion (c), power of the alpha rhythm with the level of neuroticism (d) for the entire sample of subjects. Designations as in Fig. 1

В состоянии покоя с закрытыми глазами у экстравертов не выявлено достоверных корреляций с индексом дельта-ритма. У интровертов в покое с закрытыми глазами обнаружены положительные корреляции с индексом дельта-ритма в левом полушарии, у обследуемых со средним уровнем экстраверсии — отрицательные корреляции в правом полушарии (рис. 3, а; табл. 3). При открытых глазах с индексом тета-ритма у экстравертов положительная корреляция в левом полушарии (F7-T3), у интровертов отрицательные корреляции справа и слева (F8-T4, F7-T3), выраженные сильнее в правом полушарии. При гипервентиляции у экстравертов значимые положительные корреляции с индексом тета-ритма выявлены в обоих полушариях (рис. 3, б; табл. 3). Можно видеть отличия от тенденции, выявленной для всей выборки испытуемых

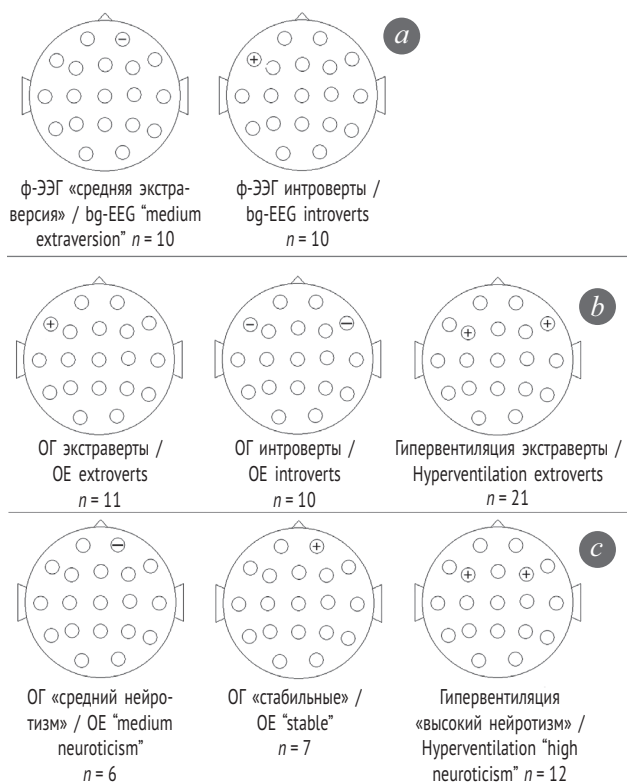


Рис. 3. Корреляции индекса дельта-ритма с уровнем экстраверсии (а), индекса тета-ритма с уровнем экстраверсии (б), индекса дельта-ритма с уровнем нейротизма (с) в группах испытуемых, различающихся по уровню экстраверсии и уровню нейротизма. Обозначения как на рис. 1

Fig. 3. Correlation of the delta rhythm index with the level of extraversion (a), the theta rhythm index with the level of extraversion (b), the delta rhythm index with the level of neuroticism (c) in the groups of subjects differing in the level of extraversion and the level of neuroticism. Designations as in Fig. 1

(отрицательные корреляции уровня экстраверсии с индексом ЭЭГ), — это положительные корреляции индекса ЭЭГ с уровнем экстраверсии у интровертов в покое с закрытыми глазами, у экстравертов — при выполнении функциональных проб.

При анализе корреляционных взаимоотношений уровня нейротизма с индексом ЭЭГ (рис. 3, с; табл. 4) в группах с «крайними» значениями («стабильные» и «высокий нейротизм») при выполнении функциональных проб обнаружены положительные корреляции, то есть тенденция та же, что и для всей выборки испытуемых. В группе со средним уровнем нейротизма — ярко выраженная отрицательная корреляция в правом полушарии (Fp2-F4).

У интровертов при открывании глаз в правом переднебожном отведении (Fp2-F8) наблюдается значимая положительная корреляция мощности

Таблица 3 / Table 3

Корреляции индекса электроэнцефалограммы с уровнем экстраверсии в группах обследуемых, различающихся по уровню экстраверсии

Correlations of the EEG index with the level of extraversion in the groups of subjects differing in the level of extraversion

Отведения / Derivations	Экстраверты / Extroverts		«Средняя экстраверсия», ф-ЭЭГ, дельта-ритм / “Medium extraversion”, bg-EEG, delta rhythm n = 10	Интроверты / Introverts	
	ОГ, тета-ритм / OE, theta rhythm n = 11	гипервентиляция, тета-ритм / hyperven- tilation, theta rhythm n = 10		ф-ЭЭГ, дельта-ритм / bg-EEG, delta rhythm n = 10	ОГ, тета- ритм / OE, theta rhythm n = 10
Fp2-F8	HKK / ICC	HKK / ICC	-0,679	HKK / ICC	HKK / ICC
F8-T4	HKK / ICC	0,681	HKK / ICC	HKK / ICC	<b>-0,768</b>
F7-T3	0,719	HKK / ICC	HKK / ICC	0,716	-0,681
Fp1-F3	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC
F3-C3	HKK / ICC	0,698	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC

Примечание. В таблице представлены только те ритмы ЭЭГ, для которых выявлены достоверные корреляции. Обозначения как в табл. 1. Note. The table shows only those EEG rhythms for which significant correlations were found. Designations as in Table 1.

Таблица 4 / Table 4

Корреляции индекса электроэнцефалограммы с уровнем нейротизма в группах обследуемых, различающихся по уровню нейротизма

Correlations of the EEG index with the level of neuroticism in groups of subjects differing in the level of neuroticism

Отведения / Derivations	«Высокий нейротизм», гипервентиляция, дельта-ритм / “High neuroticism”, hyperventilation, delta rhythm n = 12	«Средний нейротизм», ОГ, дельта-ритм / “Medium neuroticism”, OE, delta rhythm n = 6	«Стабильные», ОГ, дельта-ритм / “Stable”, OE, delta rhythm n = 7
Fp2-F8	HKK / ICC	HKK / ICC	0,826
Fp2-F4	HKK / ICC	<b>-0,932</b>	HKK / ICC
F4-C4	0,701	HKK / ICC	HKK / ICC
F3-C3	0,600	HKK / ICC	HKK / ICC

Примечание. Обозначения как в табл. 1. Note. Designations as in Table 1.

Таблица 5 / Table 5

Корреляции мощности электроэнцефалограммы с уровнем экстраверсии в группах обследуемых, различающихся по уровню экстраверсии

Correlations of EEG power with the level of extraversion in groups of subjects differing in the level of extraversion

Отведения / Derivations	«Средняя экстраверсия» / “Medium extraversion”				Интроверты / Introverts	
	ОГ, тета-ритм / OE, theta rhythm n = 9	гипервентиляция / hyperventilation n = 5		ОГ, дельта-ритм / OE, Delta rhythm n = 8	фотостимуляция, тета-ритм / photostimulation, theta rhythm n = 8	
		дельта-ритм / delta rhythm	тета-ритм / theta rhythm		тета-ритм / theta rhythm	
Fp2-F8	HKK / ICC	HKK / ICC	-0,944	0,721	HKK / ICC	
F4-C4	<b>-0,869</b>	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	-0,770	
Fp1-F7	HKK / ICC	-0,910	HKK / ICC	HKK / ICC	HKK / ICC	

Примечание. Обозначения как в табл. 1. Note. Designations as in Table 1.

дельта-ритма с уровнем экстраверсии (рис. 4, а; табл. 5). Для тета-ритма (рис. 5, а; табл. 5) выявлены отрицательные корреляции справа в группе «средняя экстраверсия» при открывании глаз

и при гипервентиляции, в группе интровертов — при фотостимуляции. Для экстравертов значимых корреляций с мощностью дельта- и тета-ритма не выявлено.

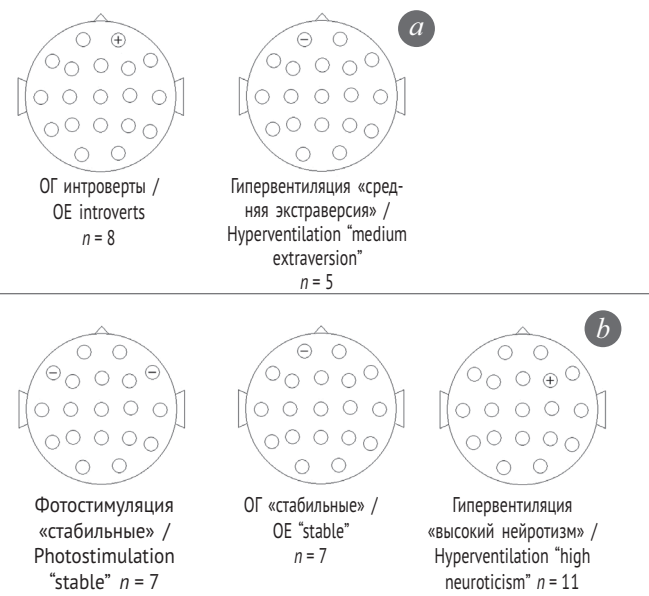


Рис. 4. Корреляции мощности дельта-ритма с уровнем экстраверсии (а) и уровнем нейротизма (b) в группах обследуемых, различающихся по уровню экстраверсии и уровню нейротизма. Обозначения как на рис. 1

Fig. 4. Correlations of the delta rhythm power with the level of extraversion (a) and the level of neuroticism (b) in the groups of subjects differing in the level of extraversion and the level of neuroticism. Designations as in Fig. 1

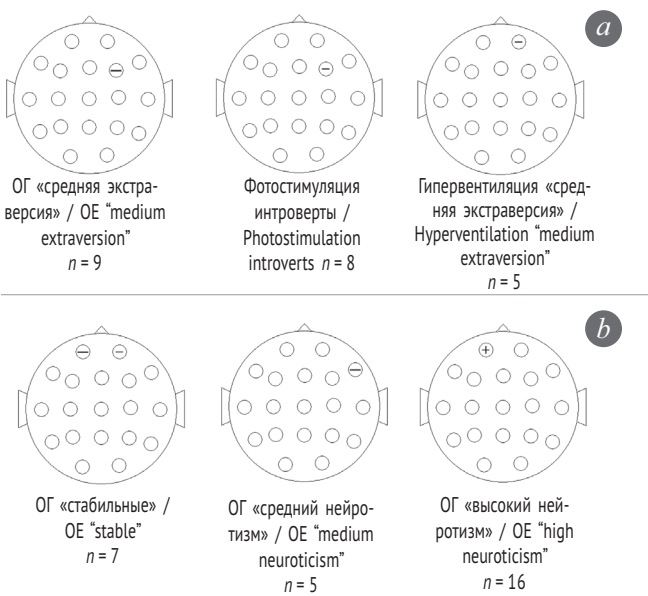


Рис. 5. Корреляции мощности тета-ритма с уровнем экстраверсии (а), мощности тета-ритма с уровнем нейротизма (b) в группах обследуемых, различающихся по уровню экстраверсии и уровню нейротизма. Обозначения как на рис. 1

Fig. 5. Correlations of the power of theta rhythm with the level of extraversion (a), power of the theta rhythm with the level of neuroticism (b) in groups of subjects differing in the level of extraversion and the level of neuroticism. Designations as in Fig. 1

Корреляции мощности электроэнцефалограммы с уровнем нейротизма в группах обследуемых, различающихся по уровню нейротизма

Correlation of EEG power with the level of neuroticism in groups of subjects differing in the level of neuroticism

Таблица 6 / Table 6

Отведения / Derivations	«Высокий нейротизм» / “High neuroticism”		«Средний нейротизм», ОГ, тета-ритм / “Medium neuroticism”, OE, teta rhythm <i>n</i> = 5	«Стабильные» / “Stable”		
	ОГ, тета-ритм / OE, theta rhythm <i>n</i> = 16	гипервентиляция, дельта-ритм / hyperventilation, delta rhythm <i>n</i> = 11		ОГ / OE <i>n</i> = 7		фотостимуляция, дельта-ритм / photostimulation, delta rhythm <i>n</i> = 7
				дельта-ритм / delta rhythm	тета-ритм / theta rhythm	
F8-T4	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<b>−0,959</b>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	−0,779
Fp2-F4	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	−0,802	<i>HKK / ICC</i>
F4-C4	<i>HKK / ICC</i>	0,640	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>
Fp1-F7	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	−0,772	−0,856	<i>HKK / ICC</i>
F7-T3	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	−0,857
Fp1-F3	0,497	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<i>HKK / ICC</i>	<b>−0,882</b>	<i>HKK / ICC</i>

Примечание. Обозначения как в табл. 1. Note. Designations as in Table 1.

Та же тенденция, что и для всей выборки испытуемых, прослеживается у людей с низким и средним уровнем нейротизма. У «стабильных» (низкий нейротизм) — отрицательные корреляции с мощностью дельта- и тета-ритма при фотостимуляции и открывании глаз, у лиц со средним уровнем нейротизма — ярко выраженная отрицательная корреляция с мощностью тета-ритма при открывании глаз (рис. 4, b; рис. 5, b; табл. 6).

В группе «высокий нейротизм» картина другая — положительные значимые корреляции при гипервентиляции (рис. 4, *b*; табл. 6) и открывании глаз (рис. 5, *b*; табл. 6).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что увеличение индекса дельта-ритма может говорить об определенном снижении уровня функциональной активности мозга [4]. Поэтому признаком более высокого тонуса коры в передних отделах правого полушария у экстравертов может быть выявленное нами снижение индекса дельта-ритма, на что указывают устойчивые отрицательные корреляции с уровнем экстраверсии, наблюдаемые как в покое, так и при проведении функциональной пробы «открывание глаз». Активация передних отделов правого полушария может свидетельствовать об усилении негативного эмоционального фона [17, 24]. В нашем исследовании регистрация ЭЭГ проводилась в звукоизолированной камере, обследуемому приходилось в течение достаточно долгого времени находиться в неподвижном состоянии. Для экстравертов предсказуемо негативное отношение к подобным условиям, что может отразиться на характере ЭЭГ [5, 12]. С другой стороны, иногда увеличение дельта-активности наблюдается при утомлении и стрессе [16, 18]. В таком случае более высокий индекс дельта-ритма (положительная корреляция с уровнем нейротизма) в правом переднелобном отведении при фотостимуляции может говорить о том, что фотостимуляция является своего рода стрессорным фактором для обследуемых с высоким уровнем нейротизма.

В состоянии покоя с закрытыми глазами более высокая мощность дельта- и тета-ритмов при более высоком уровне экстраверсии (положительная корреляция) в переднелобном отведении правого полушария может быть обусловлена меньшим влиянием притока внешних стимулов для поддержания общего тонуса коры у интровертов [12]. На это же может указывать сохранение такой картины для мощности дельта-ритма и при открытых глазах, выявленное в группе интровертов (рис. 4, *a*; табл. 6).

Изменение картины при гипервентиляции, когда положительная корреляция мощности дельта-, тета- и альфа-ритмов с уровнем экстраверсии наблюдается уже в левом полушарии, может говорить о более выраженном эмоциональном реагировании на переход от спокойного бодрствования к функциональной пробе у экстравертов (рис. 2, *a, c*; табл. 1). Об этом же может свидетельствовать положительная корреляция уровня экстраверсии с индексом тета-ритма в левом нижнелобном отведении, выявленная для группы экстравертов при открытых глазах (рис. 3, *b*; табл. 3).

В нашей работе для всей выборки обследуемых значимы только отрицательные взаимосвязи нейротизма с мощностью дельта- и тета-ритмов как в покое с закрытыми глазами, так и в других ситуациях. В отдельных группах обследуемых, выделенных по уровню экстраверсии и нейротизма, такая картина сохраняется для групп «средний нейротизм» и «стабильные». В группе «высокий нейротизм» для мощности дельта- и тета-ритма картина противоположная — только положительные значимые корреляции при выполнении функциональных проб. Возможно, так проявляется стрессовая реакция, сопровождаемая утомлением, именно у лиц с высоким уровнем нейротизма. Подтверждением данного предположения служит ряд исследований, в которых активация дельта- и тета-ритмов связана со стрессирующими воздействиями и с негативными эмоциональными переживаниями [6, 11, 16].

Для отдельных групп обследуемых наиболее отчетливые различия взаимосвязей экстраверсии и нейротизма с параметрами ЭЭГ проявляются при открытых глазах, в меньшей степени — при закрытых глазах. В состоянии покоя с закрытыми глазами видны различия взаимосвязей экстраверсии с индексом дельта-ритма у групп «средний уровень экстраверсии» и «интроверты». Отрицательная взаимосвязь в переднелобном отделе правого полушария в группе «средний уровень экстраверсии» отражает ту же тенденцию, что наблюдалась и для всей выборки обследуемых. Возможно, такой характер взаимосвязи скорее присущ лицам со средними и высокими значениями экстраверсии и связан с отношением обследуемых к ситуации регистрации ЭЭГ. Иная картина у интровертов (положительная взаимосвязь с индексом дельта-ритма в левом полушарии) может указывать на иной характер перераспределения тонуса коры в состоянии покоя.

Можно видеть, что при открытых глазах резко различается картина взаимосвязей индекса тета-ритма у экстравертов и интровертов, индекса дельта-ритма у группы «средний нейротизм» и «стабильные» (рис. 3, *b, c*; табл. 3, 4). Положительная корреляция экстраверсии с индексом тета-ритма в левом полушарии может указывать на более резкую эмоциональную реакцию экстравертов на открывание глаз. Иная картина у интровертов — отрицательная взаимосвязь, более ярко выраженная в правом полушарии — может указывать как на более нейтральное отношение к процедуре обследования, так и на отличия механизмов активации коры при открывании глаз. Отличия в характере взаимосвязей индекса дельта-ритма с уровнем нейротизма в правом переднелобном отведении



(ярко выраженная отрицательная корреляция у «среднего нейротизма», положительная у «стабильных») может быть связана с более спокойным отношением «стабильных» обследуемых к смене функционального состояния.

У испытуемых с низким уровнем нейротизма («стабильные») и у интровертов значимые корреляции с параметрами ЭЭГ выявляются чаще, чем в других группах. У интровертов это можно объяснить более существенным вкладом внутренних источников в активацию коры, у испытуемых с низким уровнем нейротизма — особенностями функциональных связей коры, обеспечивающих «стабильность» эмоциональных реакций и поведения. Для отдельных групп испытуемых различия в характере взаимосвязей параметров ЭЭГ с показателями экстраверсии и нейротизма чаще проявляются в относительно активном состоянии (открытие глаз, гипервентиляция, фотостимуляция), чем в состоянии полного покоя с закрытыми глазами. Это может указывать на отличия динамики функциональных связей при переходе от покоя к активности.

Для экстравертов нами выявлено меньше взаимосвязей уровня экстраверсии с параметрами ЭЭГ, чем для интровертов и лиц со средним уровнем экстраверсии. Возможно, тонус коры экстравертов в большей степени зависит от внешней стимуляции, что затрудняет обнаружение взаимосвязей параметров ЭЭГ с показателями психологических тестов. В дальнейшем, чтобы попытаться решить эту проблему, планируется провести исследование групп лиц с крайними значениями экстраверсии.

## ВЫВОДЫ

1. Для всей выборки испытуемых выявлены отрицательные значимые корреляции индекса дельта-ритма с уровнем экстраверсии и положительные — с уровнем нейротизма, что может отражать особенности реагирования на ситуацию обследования у лиц с различным уровнем экстраверсии и нейротизма.

2. У всех испытуемых обнаружены положительные значимые корреляции мощности дельта-, тета- и альфа-ритмов с уровнем экстраверсии и отрицательные — с уровнем нейротизма, что может быть связано с особенностями активации коры у лиц с различным уровнем экстраверсии и нейротизма.

3. Различия корреляционных взаимосвязей индекса дельта- и тета-ритмов между группами, выделенными по уровню экстраверсии и нейротизма, чаще проявляются при выполнении функциональных проб, чем в состоянии покоя с закрытыми глазами.

4. Корреляции мощности дельта- и тета-ритмов с параметрами теста Айзенка в группах с высоким, средним и низким уровнем экстраверсии и нейротизма обнаружены только при выполнении функциональных проб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.В., Улитин А.Ю., Лытаев С.А., и др. Общая электроэнцефалография. Под ред. М.В. Александрова. – Санкт-Петербург: Стратегия будущего, 2017. [Aleksandrov MV, Ulitin AJ, Lytaev SA, et al. Obshhaja jelektroencefalografija. Aleksandrov MV editor. Saint Petersburg: Strategija budushhego, 2017. (In Russ.)]
2. Бельская К.А., Суrowицкая Ю.В., Лытаев С.А. Пространственно-временные ЭЭГ-маркеры опознания слуховых образов в норме и при психопатологии // Педиатр. – 2016. – Т. 7. – № 3. – С. 49–55. [Belskaya KA, Surovitskaya YV, Lytaev SA. Spatio-Temporal EEG Markers for Recognition Auditory Images in Norm and Psychopathology. *Pediatrician*. 2016;7(3):49-55. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17816/PED7349-55>
3. Брус Т.В., Пахомова М.А., Васильев А.Г. Коррекция печеночной дисфункции на модели обширного глубокого ожога // Педиатр. – 2017. – Т. 8. – № 2. – С. 62–67. [Brus TV, Pahomova MA, Vasiliev AG. Correction of hepatic dysfunction in an extensive deep burn model. *Pediatrician*. 2017;8(2):62-67. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17816/PED8262-67>
4. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): руководство для врачей. – М.: МЕДпресс-информ, 2016. [Zenkov LR. Klinicheskaja jelektroencefalografija (s jelementami jepileptologii): rukovodstvo dlja vrachej. Moscow: MEDpress-Inform; 2016. (In Russ.)]
5. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий. – СПб.: Питер, 2011. [Il'in EP. Psihologija individual'nyh razlichij. Saint Petersburg: Piter; 2011. (In Russ.)]
6. Ильющенок И.Р., Савостьянов А.Н., Валеев Р.Г. Динамика спектральных характеристик тета- и альфа-диапазонов ЭЭГ при негативной эмоциональной реакции // Журнал Высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2001. – Т. 51. – № 5. – С. 563–571. [Ilyutchenok IR, Savostyanov AN, Valeev RG. EEG spectral dynamics in the theta and alpha bands during a negative emotional reaction. *Neuroscience and behavioral physiology*. 2001;51(5): 563-571. (In Russ.)]
7. Карелин А.А., ред. Психологические тесты. В 2 т. – М.: Владос-Пресс, 2007. [Karelin AA editor. *Psihologicheskie testy*. V 2 t. Moscow: VLADOS-PRESS; 2007. (In Russ.)]
8. Лобасюк Б.А., Боделан М.И., Бабаенко Т.П. Влияние ритмов ЭЭГ на показатели экстраверсии-интровер-

- сии и теста СМИЛ у правополушарных и левополушарных // *The Unity of Science: International Scientific Periodical Journal*. – 2016. – № 4. – С. 94–99. [Lobasyuk BA, Bodelan MI, Babenko TP. Influence of EEG rhythms on extraversion-introversion and MMPI test indices in right- and left-hemispheric persons. *The Unity of Science: International Scientific Periodical Journal*. 2016;(4):94-99. (In Russ.)]
9. Лурия А.Р. Лобные доли и регуляция психических процессов. – М.: МГУ, 1966. [Lurija AR. Lobnye doli i reguljacija psihicheskikh processov. Moscow: MGU; 1966. (In Russ.)]
  10. Тропинина Г.Г. Вызванные потенциалы: руководство для врачей. – М.: МЕДпресс-информ, 2016. [Tropinina GG. Vyzyvannye potencijaly: rukovodstvo dlja vrachej. Moscow: MEDpress-Inform; 2016. (In Russ.)]
  11. Русалова М.Н. Фронтально-затылочная асимметрия мощности тета-ритма ЭЭГ человека // *Асимметрия*. – 2018. – Т. 12. – № 3. – С. 20–30. [Rusalova MN. Frontal-occipital asymmetry of human EEG theta-rhythm power. *Journal of Asymmetry*. 2018;12(3): 20-30. (In Russ.)]
  12. Смит Н.Ю., Лытаев С.А., Новгородцева К.А. Взаимосвязь параметров распространяющихся волн ЭЭГ с уровнем экстраверсии и интроверсии человека // *Вестник клинической нейрофизиологии*. – 2016. – Т. 2. – № 5. – С. 14–25. [Smit NYu, Lytaev SA, Novgorotseva KA. Relationship between the parameters of travelling EEG waves and the level of human extraversion and introversion. *Vestnik klinicheskoy neyrofiziologii*. 2016;2(5):14-25. (In Russ.)]
  13. Смит Н.Ю., Лытаев С.А., Новгородцева К.А. Оценка индивидуальных психофизиологических особенностей по параметрам распространяющихся волн ЭЭГ // В сб.: *Здоровье детей: профилактика и терапия социально-значимых заболеваний*. Материалы XI Российского форума. Санкт-Петербургское региональное отделение общественной организации «Союз педиатров России». – СПб.: ФГАУ «Национальный научно-практический центр здоровья детей», 2017. – С. 71–74. [Smit NYu, Lytaev SA, Novgorotseva KA. Ocenka individual'nyh psihofiziologicheskikh osobennostej po parametram rasprostranjajushihsvja voln JeJeG. Proceedings of the Russian science conference XI Russian Forum. "Zdorov'e detej: profilaktika i terapija social'no-znachimyh zabolevanij". Sankt-Peterburgskoe regional'noe otделение obshhestvennoj organizacii "Sojuz pediatrov Rossii". Saint Petersburg: FGAU "Nacional'nyj nauchno-prakticheskij centr zdorov'ja detej", 2017. P. 71-74. (In Russ.)]
  14. Смит Н.Ю., Эйрих С.В., Мишина И.Ю. Связь темперамента ребенка и становления его речевой активности со структурной организацией головного мозга // В сб.: *Материалы научной конференции, посвященной 115-летию со дня рождения профессора М.Г. Привеса*. – 2019. С. 202–205. [Smit NYu, Jejrih SV, Mishina IY. Svjaz' temperamenta rebenka i stanovlenija ego rechevoj aktivnosti so strukturnoj organizaciej golovnogo mozga. Proceedings of the Russian science conference dedicated to the 115<sup>th</sup> anniversary of the birth of Professor M.G. Prives. 2019. P. 202-205. (In Russ.)]
  15. Трашков А.П., Брус Т.В., Васильев А.Г., и др. Эндотелиальная дисфункция в патогенезе неалкогольной жировой болезни печени у крыс и методы ее коррекции // *Российские биомедицинские исследования*. – 2017. – Т. 2. – № 4. – С. 11–17. [Trashkov AP, Brus TV, Vasiliev AG, et al. Endothelial dysfunction in the pathogenesis of nonalcoholic fatty liver disease in rats, and methods for its correction. *Russian Biomedical Research*. 2017;2(4):11-17. (In Russ.)]
  16. Яценко М.В., Кайгородова Н.З., Казин Э.М., Федоров А.И. ЭЭГ-корреляты влияния эндогенных и экзогенных факторов на умственную работоспособность студентов // *Физиология человека*. – 2018. – Т. 44. – № 6. – С. 36–48. [Yatsenko MV, Kaigorodova NZ, Kazin EM, Fedorov AI. EEG correlation of the influence of endogenous and exogenous factors on mental work capacity in students. *Human Physiology*. 2018;44(6):36-48. (In Russ.)] <https://doi.org/10.1134/S0131164618060152>
  17. Davidson RJ, Abercrombie H, Nitschke JB, Putnam K. Regional brain function, emotion and disorders of emotion. *Curr Opin Neurobiol*. 1999;9:228-234. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(99\)80032-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(99)80032-4)
  18. Goldberg E. Creativity: The Human Brain in the Age of Innovation. NY: Oxford University Press, 2018.
  19. Harrewijn A, Van der Molen MJW, Westenberg PM. Putative EEG measures of social anxiety: comparing frontal alpha asymmetry and delta-beta cross-frequency correlation. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2016;16(6): 1086-1098. <https://doi.org/10.3758/s13415-016-0455-y>
  20. Jap BT, Lal S, Fischer P, Bekiaris E. Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Syst Appl*. 2009;36(2-1):12352-2359. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.12.043>
  21. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research review*. 1999;29(2-3):169-195. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
  22. Nentwich M, Madsen J, Parra LC, et al. Functional connectivity of EEG is subject-specific, associated with phenotype, and different from fMRI. *NeuroImage*. 2020;218:117001. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117001>

23. Rominger C, Papousek I, Perchtold CM, et al. The creative brain in the figural domain: distinct patterns of EEG alpha power during idea generation and idea elaboration. *Neuropsychologia*. 2018;118(A):13-19. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.02.013>
24. Tomarken AJ, Keener AD. Frontal brain asymmetry and depression: A Self-regulatory Perspective. *Cognition and Emotion*. 1998;12:387-420. <https://doi.org/10.1080/026999398379655>
25. Walter WG. The living brain. London: Duckworth; 1953.

## ◆ Информация об авторах

*Наталья Юрьевна Смит* — канд. биол. наук, доцент кафедры анатомии человека. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: njusmit@mail.ru.

*Михаил Всеволодович Александров* — д-р мед. наук, профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург; заведующий отделением клинической нейрофизиологии, заведующий лабораторией клинических исследований в нейрохирургии и неврологии, врач функциональной диагностики, РНХИ им. проф. А.Л. Поленова — филиал НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: mdoktor@yandex.ru.

*Наталья Рафаиловна Карелина* — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой анатомии человека. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: karelina\_nr@gpmu.ru.

*Сергей Александрович Лытаев* — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: slytaev@gmail.com.

*Елена Владимировна Марченко* — врач функциональной диагностики отделения клинической нейрофизиологии. РНХИ им. проф. А.Л. Поленова — филиал НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: lm\_sovushka@mail.ru.

## ◆ Information about the authors

*Natalia Yu. Smit* — PhD, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Human Anatomy. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: njusmit@mail.ru.

*Mikhail V. Aleksandrov* — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Normal Physiology, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia; Head of the Department of Clinical Neurophysiology, Head of the Laboratory of Clinical Research in Neurosurgery and Neurology, doctor of functional diagnostics. Russian Scientific Research Neurosurgical Institute named after prof. A.L. Polenov — branch office of the V.A. Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: mdoktor@yandex.ru.

*Natalia R. Karelina* — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Human Anatomy. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: karelina\_nr@gpmu.ru.

*Sergey A. Lytaev* — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Normal Physiology. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: slytaev@gmail.com.

*Elena V. Marchenko* — doctor of functional diagnostics of the Department of Clinical Neurophysiology. Russian Scientific Research Neurosurgical Institute named after prof. A.L. Polenov — branch office of the V.A. Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: lm\_sovushka@mail.ru.