

УДК 612.825.1

**ЧЕРНЯВСКИХ С.Д., ГОРБУНОВА О.А.**  
*CHERNYAVSKIKH S.D., GORBUNOVA O.A.***ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАГРУЗОК  
НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭЭГ****THE INFLUENCE OF FUNCTIONAL LOADS ON EEG****Аннотация**

Изучено влияние функциональных нагрузок на показатели электроэнцефалограммы у практически здоровых и с разными формами нарушений испытуемых. Установлено, что у последних значительно снижена реакция на функциональные пробы. Нарушения биоэлектрической активности головного мозга, вызванные сосудистыми патологиями, а также заболеваниями, обусловленными черепно-мозговыми травмами и хронической дисциркуляторной энцефалопатией, выявляют пробы активации и гипервентиляции. Проба фотостимуляции позволяет оценить функциональные изменения биоэлектрической активности головного мозга, вызванные алкогольной интоксикацией организма.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография; реакция активации; фотостимуляция; гипервентиляция.

Различным уровням физиологического состояния мозга, а также разным уровням сознания соответствуют неодинаковые формы биоэлектрической активности, регистрируемой с поверхности черепа [1, 4, 7]. Функциональная и морфологическая неоднородность коры определяет особенности электрической активности различных областей мозга [10, 11, 18]. Поскольку электроэнцефалограмма отображает измене-

**Abstract**

The article covers the influence of functional loads on electroencephalography readings in healthy people and patients with various disorders. It was established that patients with various disorders have a significantly lower response to functional tests. The malfunctions of brain bioelectricity caused by vascular pathologies and diseases caused by head injuries and chronic cerebropathy are revealed by activation and hyperventilation tests. The photostimulation test makes it possible to estimate the functional changes in brain bioelectricity generated by alcohol intoxication.

**Key words:** electroencephalography; arousal reaction; photostimulation; hyperventilation.

ния функциональной активности нейронов, ее картина зависит не столько от этиологии заболевания, вызывающего эти изменения, сколько от перестроек взаимодействия процессов возбуждения и торможения, вовлеченных в патологический процесс мозговых структур [2, 3, 5, 6, 15, 16]. Основными вопросами, на который может дать ответ электроэнцефалография, являются констатация наличия поражения головного

мозга, динамика состояния мозга, характер патологических изменений активности, локализация поражения [8, 9, 13, 17]. При этом использование функциональных проб при проведении электроэнцефалографии открывает некоторые дополнительные возможности диагностики в норме и при различного рода патологиях [7, 8, 9, 14].

**Цель работы** – изучение влияния функциональных нагрузок на показатели электроэнцефалограммы.

**Материалы и методы исследования.** Изучено функциональное состояние головного мозга по данным электроэнцефалограммы у практически здоровых и с разными формами нарушений испытуемых. Всего было обследовано 75 мужчин. Возраст испытуемых варьировал от 22 до 42 лет. Для обследования было сформировано пять групп (по 15 человек в группе): I группа – контрольная – практически здоровые мужчины, II группа – испытуемые с нарушениями сосудистого характера (вегетососудистая дистония), III группа – пациенты с нарушениями травматического характера (с черепно-мозговыми травмами), IV группа – больные с алкогольной зависимостью, V группа – испытуемые с хронической дисциркуляторной энцефалопатией (ХДЭ). Отбор практически здоровых лиц проводили на основе изучения медицинских карт и анамнестических данных. Электроэнцефалограммы записывали в покое и при функциональных пробах в течение 40-60 мин. В качестве функциональных нагрузок использовали пробы с закрыванием и открыванием глаз (реакция активации), фотостимуляции, а также гипервентиляции. Электроэнцефалограммы записывали на компьютерном электроэнцефалографе «Телепат-104» (г. Санкт-Петербург) в 21 отведении по международной схеме «10-20». Для оценки спектров мощности и индексов частот использовали программное обеспечение электроэнцефалографов. При оценке спектров мощности каждой из частотных составляющих выбранного без-

артефактного фрагмента электроэнцефалограммы в каждом отведении проводили спектральный анализ полученных данных. Полученный цифровой материал был обработан статистически с использованием персонального компьютера [12]. При определении достоверности между группами был использован критерий Стьюдента. Результаты рассматривали как достоверные, начиная со значения  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** При проведении исследований у испытуемых всех групп регистрировали  $\alpha$ - и низкочастотный  $\beta$ -ритмы. Изучаемые показатели данных ритмов при фоновом обследовании здоровых и имеющих различного рода нарушения пациентов представлены в таблице 1.

Согласно полученным данным, модулированность  $\alpha$ -ритма у испытуемых контрольной и опытных групп была умеренной. При этом у пациентов контроля был выявлен организованный тип электроэнцефалограммы, у испытуемых с нарушениями различного характера отмечены умеренные диффузные изменения биопотенциалов головного мозга или легкая дезорганизация  $\alpha$ -ритма. Локальной и пароксизмальной патологической активности как в контрольной, так и в опытных группах выявлено не было.

Наряду с фоновыми показателями нами были изучены данные электроэнцефалограмм при проведении функциональных проб (табл. 2).

При открывании глаз (реакция активации) значения по индексу  $\alpha$ -ритма в I, II, III, IV и V группах были на 63, 62, 57, 47 и 80% соответственно ниже по сравнению с фоновой активностью. При закрывании глаз показатели  $\alpha$ -ритма были ниже фона на 29, 77 и 44% во II, III и V группах. При фотостимуляции максимально усваиваемая частота ритма отличалась от доминирующего ритма в покое только у испытуемых с алкогольной интоксикацией. Разница по сравнению с фоном составила практически 100%.

Таблица 1

**Показатели ЭЭГ при фоновом обследовании**

Показатели, ед. изм.	Группы испытуемых				
	I	II	III	IV	V
<b>Показатели <math>\alpha</math>-ритма</b>					
Мах амплитуда над левым полушарием, мкВ	65,25± 6,43	74,66± 2,77	42,52± 2,80	67,28± 3,27	48,50± 4,28
Средняя амплитуда над левым полушарием, мкВ	11,02± 1,11	25,50± 1,77	9,52± 1,88	7,02± 0,36	12,50± 1,25
Мах амплитуда над правым полушарием, мкВ	64,33± 7,76	106,02± 2,56	44,52± 3,60	69,28± 3,36	35,20± 3,38
Средняя амплитуда над правым полушарием, мкВ	11,33± 2,20	24,52± 2,25	20,25± 2,24	6,25± 0,65	11,28± 1,28
Межполушарная асимметрия, %	6,11± 1,15	5,20± 0,18	5,12± 1,02	23,03± 2,28	10,52± 0,98
Доминирующая частота, Гц	9,80± 0,94	10,15± 0,50	10,52± 1,54	9,32± 1,15	9,65± 0,66
Индекс, %	11,66± 2,50	51,28± 1,80	19,52± 1,80	11,11± 1,23	26,10± 1,20
<b>Показатели низкочастотного <math>\beta</math>-ритма</b>					
Мах амплитуда, мкВ	43,28± 3,27	58,55± 1,56	31,50± 4,40	35,50± 2,45	18,50± 2,25
Средняя амплитуда, мкВ	5,50± 0,36	6,55± 0,40	7,20± 1,28	4,02± 0,02	5,50± 1,45
Индекс ритма над левым полушарием, %	2,55± 0,02	2,75± 1,02	8,06± 0,09	4,55± 0,08	3,85± 0,03
Индекс ритма над правым полушарием, %	2,85± 1,11	3,50± 0,06	8,80± 0,90	5,03± 0,08	3,75± 0,05

Исходя из полученных данных, нарушения биоэлектрической активности головного мозга, вызванные сосудистыми и травматическими патологиями, а также заболеваниями, обусловленными хронической дисциркуляторной энцефалопати-

ей, позволяет оценить проба активации, тогда как изменения деятельности головного мозга, вызванные алкогольной интоксикацией организма, выявляет проба фотостимуляции.

Таблица 2

## Показатели ЭЭГ при функциональных пробах

Показатели, ед. изм.	Группы испытуемых				
	I	II	III	IV	V
<b>Проба активации (открытие глаз)</b>					
Индекс $\alpha$ -ритма, %	4,33± 0,73#	19,27± 2,13#	8,48± 1,47#	5,22± 1,43#	5,24± 0,05#
<b>Проба активации (закрывание глаз)</b>					
Индекс $\alpha$ -ритма, %	7,53± 0,63	36,55± 2,25#	4,52± 1,55#	12,20± 2,22	14,52± 1,25#
<b>Проба фотостимуляции</b>					
Мак усваиваемая частота ритма, Гц	9,20± 2,40	9,23± 0,63	7,55± 2,42	3,22± 1,03#	11,00± 0,26

Примечание: здесь и далее: # - достоверность различий в сравнении с фоновой активностью ( $p < 0,05$ ).

При гипервентиляции у испытуемых также были отмечены определенные различия по сравнению с состоянием покоя (табл. 3).

При этом средние значения амплитуды  $\alpha$ -ритма над левым полушарием при данной функциональной пробе, в сравнении с показателями фоновой активности, изменялись незначительно. Разница по сравнению с фоновыми значениями по показателю максимальной амплитуды  $\alpha$ -ритма над левым полушарием была только у лиц с алкогольной интоксикацией. Показатели  $\alpha$ -ритма над правым полушарием у испытуемых, имеющих различного рода черепно-мозговые травмы, при данной функциональной пробе в сравнении с фоном были вдвое ниже. Индекс  $\alpha$ -ритма при гипервентиляции у испытуемых II группы был на 31% ниже, у пациентов из IV группы на 58% выше по сравнению с покоем. Показатели максимальной амплитуды низкочастотного  $\beta$ -ритма у испытуемых II груп-

пы при данной пробе снизились на 41%, V – повысились более, чем в два раза по сравнению с фоновыми значениями. Индекс данного ритма над левым полушарием при гипервентиляции у испытуемых IV группы снизился на 34% по сравнению с фоном. Соответствующий показатель над правым полушарием повысился у испытуемых контроля, у лиц с умеренной дозой алкоголя и у пациентов с ХДЭ.

В I группе испытуемых при гипервентиляции наблюдали значительное снижение максимальной амплитуды высокочастотного  $\beta$ -ритма по сравнению с фоном (см. табл. 3). У испытуемых с вегетососудистой дистонией максимальная амплитуда данного ритма увеличилась на 61%, у пациентов с различного рода черепно-мозговыми травмами снизилась на 42% по сравнению с фоном. Значительное снижение данного показателя наблюдали также у испытуемых IV группы по сравнению с состоянием покоя.

Таблица 3

**Показатели ЭЭГ при гипервентиляции**

Показатели, ед. изм.	Группы испытуемых				
	I	II	III	IV	V
<b>Показатели <math>\alpha</math>-ритма</b>					
Мах амплитуда над левым полушарием, мкВ	57,50± 2,13	86,50± 6,17	47,22± 3,19	77,44± 1,11 <sup>#</sup>	41,50± 0,80
Средняя амплитуда над левым полушарием, мкВ	11,33± 1,11	26,50± 3,21	9,53± 0,08	6,28± 0,44	10,50± 1,12
Мах амплитуда над правым полушарием, мкВ	55,33± 6,17	164,52± 12,18 <sup>#</sup>	42,24± 2,13	38,33± 1,45 <sup>#</sup>	45,50± 3,16 <sup>#</sup>
Средняя амплитуда над правым полушарием, мкВ	8,33± 2,33	26,50± 2,43	10,10± 0,17 <sup>#</sup>	6,28± 1,65	11,55± 1,66
Доминирующая частота, Гц	10,07± 0,09	10,40± 1,12	10,62± 0,16	10,20± 0,80	10,10± 0,08
Индекс, %	13,00± 1,44	35,50± 3,13 <sup>#</sup>	16,00± 2,13	17,55± 1,72 <sup>#</sup>	21,55±2,20
<b>Показатели низкочастотного <math>\beta</math>-ритма</b>					
Мах амплитуда, мкВ	40,44± 1,17	34,33± 2,43 <sup>#</sup>	24,50± 2,50	42,33± 2,45	43,65± 2,45 <sup>#</sup>
Средняя амплитуда, мкВ	6,60± 0,06 <sup>#</sup>	7,45± 1,13	7,50± 1,48	4,25± 0,25	5,50± 0,09
Индекс ритма над левым полушарием, %	2,27± 0,22	2,55± 0,14	7,33± 1,33	3,02± 0,12 <sup>#</sup>	3,55± 0,40
Индекс ритма над правым полушарием, %	9,27± 0,44 <sup>#</sup>	3,55± 0,44	9,33± 2,45	6,02± 0,07 <sup>#</sup>	4,55± 0,06 <sup>#</sup>

Средние значения амплитуды при изучаемой функциональной пробе в сравнении с фоном снизились только в контроле, в остальных группах достоверной разницы не зарегистрировано. Индекс ритма над левым полушарием в контроле повысился при гипервентиляции вдвое, в остальных группах не изменился. Изменений по соответствующему показателю над

правым полушарием при изучаемой функциональной пробе также не зарегистрировано. Исходя из полученных данных, проба гипервентиляции, также как и реакция активации, позволяет оценить нарушения общемозговой деятельности, вызванные сосудистыми и травматическими патологиями, а также заболеваниями, обусловленными ХДЭ.

**Заключение.** Таким образом, при фоновой записи электроэнцефалограммы у практически здоровых испытуемых выявлен организованный тип ЭЭГ, у пациентов с различными нарушениями – умеренные диффузные изменения биопотенциалов головного мозга или легкая дезорганизация  $\alpha$ -ритма. Локальной и пароксизмальной патологической активности как в контрольной, так и в опытных группах не зарегистрировано. У пациентов с нарушениями разного характера выявлена более низкая реактивность на функциональные пробы по сравнению с практически здоровыми испытуемыми. Пробы активации и гипервентиляции являются действенными методами оценки нарушений биоэлектрической активности головного мозга сосудистого, травматического характеров, а также связанных с хронической дисциркуляторной энцефалопатией. Проба фотостимуляции выявляет изменения общей мозговой деятельности, обусловленные алкогольной интоксикацией организма.

#### Литература:

1. Агаджанян Н.А., Катков А.Ю. Резервы нашего организма. М.: Знание, 1981. 173 с.
2. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. Л.: Наука, 1980. 262 с.
3. Бехтерева Н.П., Камбарова Д.К., Поздеев В.К. Устойчивое патологическое состояние при болезнях мозга. Л.: Медицина, 1978. 240 с.
4. Биоэлектрическая активность мозга человека у представителей различных типов темперамента / Русалов В.М., Русалова М.Н., Калашникова И.Г. и др. // Журн. высш. нервн. деят. 1993. Т. 43. №3. С. 530.
5. Болезни нервной системы / Под ред. Н.Н. Яхно, Д.Р. Штульмана. М.: Медицина, 2003. 744 с.
6. Гриндель О.М. Оптимальный уровень когерентности ЭЭГ и его значение в оценке функционального состояния мозга человека. // Журн. высш. нервн. деят. 1980. Т.30. №1. С.62-70.

7. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга. М.: Высшая школа, 1976. 423 с.

8. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. М.: МЕДпресс-информ, 2002. 356 с.

9. Казначеев В.Г., Баевский Р.М., Берсенева А.Г. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. Астрахань: Медицина, 1980. 235 с.

10. Каминская Г.Т. Основы электроэнцефалографии. М.: Изд-во МГУ, 1984. 87с.

11. Кирой В.Н. Пространственно-временная организация электрической активности мозга человека в состоянии спокойного бодрствования и при решении мыслительных задач. ЖВНД. 1987. Т.37, №6. С. 1025-1033.

12. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.

13. Aarts J.H.P. Selective cognitive impairment during focal and generalized epileptiform activity / J.H.P. Aarts, C.D. Binnie, A.M. Smit, A.J. Wilkins // Brain. 1984. V. 107. P. 293-308.

14. Beaumanoir A. Secondary bilateral synchrony: significant EEG pattern in frontal lobe seizures. // In: Frontal lobe seizures and epilepsies in children. / A. Beaumanoir, F. Andermann, P. Chauvel, L. Mira, B. Zifkin. Paris: John Libbey Eurotext, 2003. P. 195-205.

15. Blume W.T. Lennox-Gastaut syndrome and secondary bilateral synchrony a comparison. // In: Epileptic seizures and syndromes. / Eds. P. Wolf. London, 1994. P. 285-297.

16. Chabot R. Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder / R. Chabot, G. Serfontein // Biol. Psychiatry. 1996. Vol. 40. P. 951-963.

17. Farah M.J. The neural basis of mental image // Trends in Neuroscience. 1989. Vol. 12. P. 395-399.

18. Tukul K. The electroencephalogram in parasagittal lesions / K. Tukul, H. Jasper // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 1952. V.4. P. 481-494.

**References:**

1. Agadzhanyan N.A., Katkov A. *Rezervy nashego organizma* [Reserves of Our Body]. M: Znanie, 1981. 173 p.
2. Bekhtereva N.P. *Zdoroviy i bolnoy mozg cheloveka* [The Healthy and Diseased Human Brain]. Leningrad: Nauka, 1980. 262 p.
3. Bekhtereva N.P., Kambarov D.K., Pozdeev V.K. *Ustoichivoe patologicheskoe sostoyanie pri boleznyah mozga* [Sustainable Pathological Condition in Diseases of the Brain]. L.: Medicine, 1978. 240 p.
4. Rusalov V.M., Rusalova M.S., Kalashnikov I.G. and others *Bioelektricheskaya aktivnost mozga cheloveka u predstaviteley razlichnyh tipov temperamenta* [Bioelectrical Activity of the Human Brain in People of Different Temperaments // The High Nerve. Activities Journal]. no 3 (1993): p. 530.
5. Yakhno N.N., Stollman D.R. *Bolezni nervnoy sistemy* [Nervous System Diseases]. M: Medicine, 2003. 744 p.
6. Grindel O.M. *Optimalniy uroven kogerentnosti EEG i ego znachenie v otsenke funktsionalnogo sostoyaniya mozga cheloveka* [The Optimal Level of ECG Coherence and its Meaning in Assessment of the Functional Condition of the Human Brain // The High Nerve. Activities Journal]. No. 1 (1980): pp. 62-70.
7. Guselnikov V.I. *Elektrofiziologiya golovnogogo mozga* [Electrophysiology of the Brain]. M: High School, 1976. 423 p.
8. Zenkov L.R. *Klinicheskaya elektroentsefalografiya s elementami epileptologii* [Clinical Electroencephalography with Elements of Epileptology]. M: Medpress-inform, 2002. 356 p.
9. Kaznacheev V.G., R.M. Baevsky, Berseneva A.G. *Donozologicheskaya diagnostika v praktike massovyh obsledovaniy naseleniya* [Prenosological Diagnostics in the Practice of Mass Population Surveys]. Astrakhan: Medicine, 1980. 235 p.
10. Kaminskaya G.T. *Osnovy elektroentsefalografii* [Fundamentals of Electroencephalography]. M: MSU Publishing House, 1984. 87 p.
11. Kira V.N. JUND. V.37, no 6 (1987): pp. 1025-1033.
12. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. M: Vysshaya SHKOLA, 1980. 293 p.
13. Aarts J.H.P., Binnie C.D., Smit A.J., Wilkins A.M. Selective cognitive impairment during focal and generalized epileptiform activity. *Brain*. 1984. V. 107. pp. 293-308.
14. Beaumanoir A., Andermann F., Chauvel P., Mira L., Zifkin B.. In: *Frontal lobe seizures and epilepsies in children*, Paris: John Libbey Eurotext, (2003): pp. 195-205.
15. Blume W.T. In: *Epileptic seizures and syndromes*. Wolf. London, (1994): pp. 285-297.
16. Chabot R. *Biol. Psychiatry*, no 40 (1996): pp. 951-963.
17. Farah M.J. *Trends in Neuroscience*, no 12 (1989): pp. 395-399.
18. Tukul K. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, no 4 (1952): pp. 481-494.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ****Чернявских****Светлана Дмитриевна,**

кандидат биологических наук, доцент  
Белгородский государственный националь-  
ный исследовательский университет  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия  
E-mail: Chernyavskikh@bsu.edu.ru

**Горбунова Ольга Александровна,  
студент**

Белгородский государственный националь-  
ный исследовательский университет  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия  
E-mail: Chernyavskikh@bsu.edu.ru

**DATA ABOUT THE AUTHORS****Chernyavskikh Svetlana Dmitrievna,**

PhD in Biology, Associate Professor  
Belgorod State National Research University  
85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia  
E-mail: Chernyavskikh@bsu.edu.ru

**Gorbunova Olga Aleksandrovna  
Student**

Belgorod State National Research University  
85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia  
E-mail: Chernyavskikh@bsu.edu.ru