

# ИЗМЕНЕНИЯ БИОРИТМОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБАХ У ПАЦИЕНТОВ СО СТЕНОЗОМ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА ШЕЙНОГО ОТДЕЛА

## CHANGES IN BRAIN BIORHYTHMS DURING FUNCTIONAL TESTS IN PATIENTS WITH CERVICAL SPINAL CANAL STENOSIS

**I. Kinash  
T. Verkhovina  
E. Ippolitova  
E. Tsyslyak**

**Summary.** To study the biopotentials of the brain, an analysis of electroencephalograms (EEG) was carried out in 47 patients (31 men, 16 women) aged 30–42 years with spinal stenosis (M.48.0). All patients had complaints of cervicalgia, brachialgia, cranialgia of a prolonged nature, difficult to treat.

Evaluate the use of electroencephalography (EEG) to study the functional state of the cerebral cortex in patients with cervical spinal stenosis.

Registration of EEG parameters was carried out according to standard methods. The diagnosis of spinal stenosis (M.48.0) was made on the basis of a clinical and instrumental examination of patients and radiography of the cervical spine; computed tomography (CT); magnetic resonance imaging (MRI), electroneuromyography (ENMG).

When conducting a background EEG recording in the group of subjects, changes in indicators were found indicating the presence of desynchronization of biorhythms. Under functional loads in the form of hyperventilation and photostimulation, more serious changes in the amplitude–frequency characteristics of EEG biorhythms were recorded: changes in the alpha activity of the visual zone of the occipital cortex, motor zone, central gyri, frontal regions; an increase in the amplitude of the beta rhythm in the fronto-central leads; the presence of slow activity — low-frequency with low amplitude delta rhythm in the anterior areas of the brain and low-frequency with high amplitude in the parieto-occipital areas.

The data obtained indicate the formation of a pathological process, possibly caused by hypoxia and dyscirculatory disorders in the cerebrospinal fluid and circulatory system. Registration of theta rhythm with high frequency and amplitude, with a predominance in the frontal-central-parietal areas, as a result of weakening the inhibitory effects of the cortex on the mesodiencephalic structures responsible for the regulation of functions such as sleep, behavior, aggression or depression, changes in cognitive functions.

**Keywords:** electroencephalogram, brain biopotentials, stenosis.

**Кинаш Ирина Николаевна**

Кандидат биологических наук, научный сотрудник  
НКО «Нейрохирургии» ФГБНУ «Иркутский научный центр  
хирургии и травматологии»  
kinash60@mail.ru

**Верховина Татьяна Константиновна**

Доцент, Иркутская государственная медицинская  
академия последипломного образования —  
филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия  
непрерывного профессионального образования»  
Минздрава  
tkverhovina@gmail.com

**Ипполитова Елена Геннадьевна**

Научный сотрудник НКО «Нейрохирургии»  
ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии  
и травматологии»  
elenaippolitova@mail.ru

**Цысляк Елена Сергеевна**

Научный сотрудник НКО «Нейрохирургии»  
ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии  
и травматологии»  
helenasergeevna@mail.ru

**Аннотация.** Для изучения биопотенциалов головного мозга, проведен анализ электроэнцефалограмм (ЭЭГ) у 47 пациентов (31 мужчины, 16 женщин) в возрасте 30–42 лет со спинальным стенозом (M.48.0). Все пациенты имели жалобы на цервикалгии, брахиалгии, краниалгии затяжного характера, плохо поддающиеся лечению. Планировалось оценить использование электроэнцефалографии (ЭЭГ) для изучения функционального состояния отделов коры головного мозга у пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника.

Регистрация показателей ЭЭГ проводилась по стандартной методике. Диагноз спинального стеноза (M.48.0) был поставлен на основании клинко-инструментального обследования пациентов и рентгенографии шейного отдела позвоночника; компьютерной томографии (КТ); магнитно-резонансной томографии (МРТ), электронейромиографии (ЭНМГ).

При проведении фоновой записи ЭЭГ в группе обследованных обнаружены изменения показателей, указывающие на наличие десинхронизации биоритмов. При функциональных нагрузках в виде гипervентиляции, фотостимуляции были зарегистрированы более серьезные изменения амплитудно-частотных характеристик биоритмов ЭЭГ: изменение альфа-активности зрительной зоны коры затылочных областей, моторной зоны, области центральных извилин, лобных областей; увеличение амплитуды бета-ритма в лобно-центральных отведениях; наличие медленной активности — низкочастотного с низкой амплитудой дельта-ритма в передних областях мозга и низкочастотного с высокой амплитудой в теменно-затылочных областях.

Полученные данные говорят о формировании патологического процесса, возможно обусловленного гипоксией и дисциркуляторными расстройствами в системе ликворообращения и кровообращения. Регистрация тета-ритма с высокой частотой и амплитудой, с преобладанием в лобно-центрально-теменных областях, как следствие ослабления тормозных влияний коры на мезодиеэнцефальные структуры, отвечающие за регуляцию таких функций как сон, поведение, агрессию или депрессивное состояние, изменение когнитивных функций.

**Ключевые слова:** электронейромиография, биопотенциалы мозга, стеноз.

## Введение

**И**зменение параметров межпозвоночных отверстий или позвоночного канала на диаметральном срезе в результате чего происходит сдавление его субстанции, подразумевает наличие стеноза. Ранние стадии стенотических изменений могут протекать бессимптомно. Позднее постепенно развивается и усиливается болевой синдром (краниалгия, брахиалгия, цервикалгия), который может быть односторонним или двусторонним. Болевой синдром часто носит затяжной характер и с трудностью подлежит купированию.

Наличие длительно существующего болевого синдрома у пациентов со стенотическими изменениями позвоночника в большинстве случаев приводит к снижению трудоспособности, качества жизни, появлению хронического эмоционального напряжения, вызывает устойчивое депрессивное состояние [1,2].

Сужение позвоночного канала в шейном отделе позвоночника создает условия для нарушения кровообращения в бассейнах как позвоночной, так и сонной артерий. В наибольшей степени нарушения кровотока, приводящие к изменениям биоэлектрической активности мозга, выражены в вертебро-базиллярном бассейне [3,4]. Изменения биоэлектрической активности мозга могут усугубляться нарастанием хронического эмоционального напряжения у пациентов с некупируемым болевым синдромом и остальными клиническими проявлениями. Для диагностики происходящих изменений необходимо проведение электроэнцефалографии (ЭЭГ) [5].

Анализ показателей электроэнцефалограммы в совокупности с клинической картиной заболевания дает возможность проведения дифференциальной диагностики, мониторинга за динамикой корковой ритмики и определения локализации наиболее выраженных патологических признаков. Однако, изучая отечественные и зарубежные литературные источники, мы не встретили публикаций об ЭЭГ исследованиях у пациентов со стенозом позвоночного канала на шейном уровне.

*Целью исследования* явилось использование электроэнцефалографии (ЭЭГ) для изучения функционального состояния отделов коры головного мозга у пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника.

## Материалы и методы исследования

В группу обследованных вошли 47 больных в возрасте 30–42 лет, из них мужчин — 31 и женщин — 16. Диагноз спинального стеноза (М.48.0) был поставлен на основании клинико-инструментального обследования пациентов с применением рентгенографии шейного

отдела позвоночника; компьютерной томографии (КТ); магнитно-резонансной томографии (МРТ), электроэнцефалографии (ЭЭГ). Все пациенты имели жалобы на цервикалгии с иррадиацией в затылочную часть головы, плечо, лопатку. Боли носили затяжной характер, плохо поддавались лечению на амбулаторном этапе. Также все пациенты отмечали наличие признаков неврологического дефицита в виде симптомов раздражения, проводниковых расстройств чувствительности — парестезий — разной степени выраженности, подтвержденных с помощью ЭЭГ. Кроме того, пациенты отмечали температурные дизестезии и другие вегетативно-сосудистые расстройства.

ЭЭГ исследования проводились по стандартной методике (фоновая ЭЭГ и при функциональных пробах — открывание и закрывание глаз, ритмическая фотостимуляция, гипервентиляция) с использованием энцефалографа ЭЭГА-21\26 «Энцефалан-131-03» (г. Таганрог) со стандартной установкой скальповых ЭЭГ электродов по системе «10-20». Математическая обработка ЭЭГ-показателей произведена с помощью статистической программы IBM SPSS 21.

Материалы одобрены комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

## Результаты и обсуждение

При анализе фоновой ЭЭГ у пациентов со стенозом шейного отдела позвоночника (табл. 1) средние значения мощности корковой ритмики ЭЭГ в затылочной, теменной, центральной, височной областях правого и левого полушарий практически не отличались друг от друга. Альфа-ритм с частотой 10 Гц  $\pm$  1,25 и амплитудой 74,0 мкВ  $\pm$  16,5 слева, с частотой 9 Гц  $\pm$  1,35 и с амплитудой 72,3 мкВ  $\pm$  9,8 справа был выражен в затылочных отведениях. Бета-ритм — в височной и теменной области имел высокую амплитуду (до 22,6 мкВ). Следовательно, в фоновой записи имеются данные за десинхронизированный характер ЭЭГ.

При функциональных нагрузках в виде гипервентиляции, фотостимуляции определенного ритма возникают значимые изменения амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ. Активность альфа-ритма «блокируется» при открывании глаз, при светостимуляции (частота 13,0 Гц  $\pm$  1,4, амплитуда 20,8 мкВ  $\pm$  1,2 слева и частота 10,2 Гц  $\pm$  0,48, амплитуда 23,0 мкВ  $\pm$  1,5 справа) и гипервентиляции: частота 7,6 Гц  $\pm$  1,72, амплитуда 29,6 мкВ  $\pm$  1,3 слева и частота 13,2 Гц  $\pm$  0,74, и амплитуда 22,8 мкВ  $\pm$  1,0 справа соответственно (табл. 2). Следовательно, во время действия светового раздражителя и гипервентиляции 3 мин на ЭЭГ с латентным периодом около 1 сек возникает реакция депрессии альфа-ритма. Амплитуда

Таблица 1.

Средняя мощность (мкВ) ритмов ЭЭГ областей коры правого и левого полушарий головного мозга у больных со стенозом ШОП

Область		Диапазон ритмов			
		Альфа	Бета	Тета	Дельта
Затылочная	правая	72,3±9,8*	17,7±4,7	26,8±6,4	21,7±1,7
	левая	74,0±16,5*	19,2±4,4	25,0±6,2	21,5±1,6
Теменная	правая	45,0±9,7	15,8±1,4	31,2±11,7	31,2±11,7
	левая	50,0±7,5	21,1±6,1	32,5±11,8	32,1±11,8
Центральная	правая	32,8±5,7	20,5±5,7	25,0±5,2	18,1±1,4
	левая	39,4±4,9	21,1±6,5	26,8±6,4	18,0±1,5
Лобная	правая	39,0±2,5	16,2±3,6	18,5±2,3	23,5±1,8
	левая	41,4±2,1*	17,9±4,2	20,3±1,78	21,0±1,9
Височная	правая	34,5±2,7*	20,5±5,7	12,0±1,0	12,5±1,0
	левая	41,7±1,2	22,6±9,4	12,8±1,0	12,8±1,07

Примечание: \* —  $p < 0,05$

Таблица 2.

Изменения средней мощности и средней частоты альфа-ритма у больных со стенозом шейного отдела позвоночника

Состояние	Область	Мощность альфа-ритма, мкВ		Частота альфа-ритма, Гц	
		левая	правая	левая	правая
фон	затылочная	74,4±16,5*	72,3±9,8*	10,0±1,2	9,5±0,86
	центральная	36,8±6,4	41,8±5,2	10,2±0,97	10,7±0,95
	лобная	40,9±4,9	42,9±4,8	9,4±0,78	11,2±0,92
свет	затылочная	23,0±1,4*	20,8±1,2*	10,2±0,48	13,0±1,5
	центральная	24,8±2,1	21,1±1,1	10,8±0,31	13,2±1,0
	лобная	23,0±1,8	18,7±1,5	8,59±0,37	13,5±1,2
гипервентиляция	затылочная	27,6±5,72*	19,6±1,3*	13,2±0,74	12,8±1,0
	центральная	27,8±1,6	17,8±1,1	10,1±0,28	11,5±0,98
	лобная	27,5±2,7	18,4±1,2	9,6±0,32	12,5±1,0

Примечание: \* —  $p < 0,05$

альфа ритма после функциональных проб не восстанавливалась до фоновых значений ЭЭГ у 75 % обследованных пациентов, что является подтверждением десинхронизации основного ритма ЭЭГ.

При световом раздражении отмечено уменьшение амплитуды альфа-ритма и увеличение амплитуды бета — (до 26–28 мкВ), дельта — (до 35–37 мкВ) и тета — (до 38–40 мкВ) — ритмов. Регистрация большого числа бета-колебаний высокой частоты и амплитуды связывают с явлениями раздражения мозговых структур (десинхронизированный характер ЭЭГ). Раздражение корковых структур может протекать бессимптомно, но может при-

водить к нарушениям функций головного мозга и организма в виде синдромов нейропсихологического и вегетативного происхождения.

У обследованных пациентов при стимулирующем воздействии выявляются реципрокные отношения реакций ритма альфа-диапазона: в задних отделах альфа— ритм угнетается, а в передних отделах усиливается (увеличивается амплитуда). Кроме того, в лобно-центральных отведениях усиливается бета-активность, что может быть проявлением дисфункции мезодиаэнцефальных структур головного мозга (табл. 2).

На фоне сниженной альфа-активности на ЭЭГ в группе обследованных регистрировался тета-ритм с высокой частотой и высокой амплитудой с преобладанием в лобно-центрально-теменных областях, что может указывать на ослабление тормозных влияний коры на мезодиаэнцефальные структуры мозга [6]. В передних областях мозга регистрировался низкоамплитудный дельта-ритм с низкой частотой, в теменно-затылочных областях — низко-частотный с высокой амплитудой..

Появление медленных ритмов тета- и дельта-диапазона при регистрации ЭЭГ относят к патологическим изменениям биоритмики [7,8]. Подобные изменения биоритмики после функциональных проб свидетельствуют о десинхронизации, которая может быть следствием гипоксии, нарушения метаболизма и дисциркуляторных расстройств, обусловленных изменением гемодинамики при стенозе позвоночного канала и сужении позвоночной артерии.

При этом снижение амплитуды альфа- и увеличение амплитуды тета-ритма регистрируется в теменно-затылочных отведениях, а увеличение (гиперсинхронизация) амплитуды бета-ритма — в лобно-центральных отведениях. Подобное усиление (синхронизация, увеличение амплитуды) может иметь отношение к отражению процессов реверберации [8]. Возникающие в ответ на вспышку света в коре мозга медленные волны в последующем распространяются и на подкорковые образования, а затем еще более отчетливо проявляются в коре [9,10,11].

### Заключение

При стенозах шейного отдела позвоночника уменьшается полость, в которой находится спинной мозг, нервы и сосуды позвоночника. Развивается стеноз сосудов шеи, приводящий к нарушению мозгового кровообращения.

Фоновая запись электроэнцефалограммы у пациентов со стенозом позвоночного канала на шейном уровне выявила наличие десинхронизации биоритмов.

При функциональных нагрузках в виде гипервентиляции, фотостимуляции были зарегистрированы изменения амплитудно-частотных характеристик биоритмов ЭЭГ. Так, было обнаружено изменение альфа-активности зрительной зоны коры затылочных областей, моторной зоны коры — области центральных извилин, лобных областей коры, выполняющих особую роль в синтезе афферентных сигналов. Отмеченное увеличение амплитуды бета-ритма в лобно-центральных отведениях, возможно имеет отношение к отражению соматических, сенсорных и двигательных корковых процессов, вызванных наличием раздражающих факторов. Наличие медленной активности — низкочастотного с низкой амплитудой дельта-ритма в передних областях мозга и низкочастотного с высокой амплитудой в теменно-затылочных областях говорит о патологическом процессе с вовлечением глубоких структур мозга, что, возможно, обусловлено гипоксией и дисциркуляторными расстройствами в системе ликворообращения и кровообращения. Одновременная регистрация тета-ритма с высокой частотой и высокой амплитудой с преобладанием в лобно-центрально-теменных областях, может быть следствием ослабления тормозных влияний коры на мезодиэнцефальные структуры мозга, отвечающие за регуляцию таких

функций как сон, изменение поведения, агрессию или депрессивное состояние, изменение когнитивных функций.

Для больных со стенозом шейного отдела позвоночника характерны максимальные изменения электрической активности в центрально-теменно-затылочных областях коры, требующие назначения адекватного лечения. Учитывая, что изменения на электроэнцефалограмме не являются строго специфическими, изучение зарегистрированной десинхронизации корковой ритмики рекомендуется проводить с целью оптимизации лечебного процесса: своевременного назначения лекарственных препаратов, наблюдения в динамике за результатами лечения в стационаре и на этапах реабилитации.

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

*Финансирование.* Исследование проведено без спонсорской поддержки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Исайкин А.И., Акарачкова Е.А., Ахунов А.Н. Диагностика и лечение острой неспецифической боли в шейном отделе у лиц молодого возраста. Эффективная фармакотерапия. 2021; 17(29): 22–30. DOI 10.33978/2307-3586-2021-17-29-22-30
- Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. М.: МЕДпрессинформ, — 2004, — 368 с.
- Кинаш И.Н., Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г., Кошкарёва З.В. Особенности показателей электроэнцефалографии и реоэнцефалографии у пациентов со стойким болевым синдромом на примере поясничного спинального стеноза. //Материалы 81-й Международной научной конференции «Научные дискуссии в эпоху глобализации и цифровизации». «Евразийское Научное Объединение» №11 (81), ноябрь 2021. с. 47–51 <https://doi.org/10.5281/zenodo.5796892>
- Панасевич Е.А., Трифонов М.И. Прогнозирование успешной когнитивной деятельности на основе интегральных характеристик ЭЭГ // Физиология человека, «Наука», №2, 2018, Том 44, с. 103–111. doi: <https://doi.org/10.7868/50131164618020145>
- А.И. Федотчев, А.А. Земляная «Зависящая от состояния мозга неинвазивная нейростимуляция с обратной связью от ЭЭГ: достижения и перспективы (обзор)». Современные технологии в медицине. 2023, том 15, номер 5, стр. 33. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.5.04>
- Glass L (2001) Synchronization and rhythmic processes in physiology // Nature. (410), iss. 6825, 277–284. DOI: 10.1038/35065745
- Grabner RH, Fink A., Neubauer AC (2007). Brain correlates of self-rated originality of ideas: Evidence from event-related power and phaselocking changes in the EEG // Behavioral Neurosci. (121.1), 224–230. DOI: 10.1037/0735-7044.121.1.224
- Hovatta I., Juhila J., Donner J. (2010). Oxidative Stress in Anxiety and Comorbid Disorders // Neurosci. Res. 68,(4), 261–275.
- Linkenkaer-Hansen K, Nikouline VV, Palva JM, Ilmoniemi RJ. (2001). Long-range temporal correlations and scaling behavior in human brain oscillations // J. Neurosci. (21), 4, 1370–1377. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.21-04-01370.2001
- Vaillancourt DE, Newell KM (2002). Changing complexity in human behavior and physiology through aging and disease // Neurobiology of Aging. 23, (1), 1–11. DOI: 10.1016/s0197-4580(01)00247-0
- Т.Д. Джебраилова 1, \*, И.И. Коробейникова 2, \*\*, Н.А. Каратыгин 2, Я.А. Венерина 1, Е.В. Янтикова 1 «Когерентность тета1-диапазона ээг в состоянии относительного покоя и при тестировании внимания у испытуемых с разной личностной тревожностью». Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, 2023, Т. 73, № 2, стр. 214–229. DOI: 10.31857/S0044467723020041

© Кинаш Ирина Николаевна (kinash60@mail.ru); Верхозина Татьяна Константиновна (tkverhozina@gmail.com); Ипполитова Елена Геннадьевна (elenaippolitova@mail.ru); Цысляк Елена Сергеевна (helenasergeevna@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»