

## НЕВРОЛОГИЯ И НЕЙРОХИРУРГИЯ NEUROLOGY AND NEUROSURGERY

DOI: 10.29413/ABS.2020-5.2.5

### Взаимосвязь показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности мозга у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника

Кинаш И.Н.<sup>1</sup>, Верхозина Т.К.<sup>1,2</sup>, Ипполитова Е.Г.<sup>1</sup><sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия);<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)Автор, ответственный за переписку: Кинаш Ирина Николаевна, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru)**Резюме**

**Введение.** Остеохондроз шейного отдела позвоночника является весьма распространённым заболеванием, вызывающим значительное снижение качества жизни пациентов. В случае выраженных изменений в шейном отделе позвоночника при остеохондрозе наблюдается нарушение кровообращения в коре головного мозга, что обуславливает выраженную клиническую симптоматику.

**Целью настоящего исследования** явилось выявление корреляции между данными биоэлектрической активности и церебральной гемодинамики у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 25 пациентов нейрохирургического отделения, получавшие консервативное лечение по поводу обострения остеохондроза шейного отдела позвоночника, и 25 добровольцев, не имеющих в анамнезе заболеваний позвоночника и суставов. Проводилась регистрация биоэлектрической активности мозга и показателей кровотока в бассейне общей сонной и позвоночной артерий.

**Результаты исследования.** В основной группе и группе клинического сравнения изучались реографический индекс и показатель периферического сопротивления сосудов, характеризующие как объёмное пульсовое кровенаполнение сосудистого русла, так и тонус артерий мелкого и среднего калибра. Параллельно анализировались показатели ритмов ЭЭГ:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ - и  $\theta$ -волны. Анализ межсистемного взаимодействия показателей кровотока и биопотенциалов корковой ритмики головного мозга в основной группе показал рассогласование внутрисистемных связей, что соответствует периоду общего напряжения организма. Анализ корреляционных связей между показателями электроэнцефалографии и реоэнцефалографии в группе контроля выявил устойчивую систему корреляционных связей между показателями, свидетельствующую о межсистемной и внутрисистемной согласованности и отражающую высокий уровень резервных возможностей организма и состояние устойчивой адаптации к неблагоприятным факторам.

**Заключение.** Применение одновременной регистрации показателей церебральной гемодинамики и биопотенциалов мозга у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника позволит клиницистам правильно оценить функциональное состояние центральной нервной системы и своевременно назначить адекватное лечение.

**Ключевые слова:** биоэлектрическая активность мозга, церебральная гемодинамика, остеохондроз

**Для цитирования:** Кинаш И.Н., Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г. Взаимосвязь показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности мозга у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 5(2): 28-35. doi: 10.29413/ABS.2020-5.2.5.

### Relationship of Cerebral Hemodynamics and Cerebral Bioelectrical Activity in Patients with Cervical Osteochondrosis

Kinash I.N.<sup>1</sup>, Verkhosina T.K.<sup>1,2</sup>, Ippolitova E.G.<sup>1</sup><sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (664003, Irkutsk, Bortsov Revolyutsii str., 1, Russian Federation);<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – a Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of Russia (Yubileiny 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)Corresponding author: Irina N. Kinash, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru)**Abstract**

**Introduction.** Osteochondrosis of the cervical spine is a very common disease that causes a significant decrease in the quality of life of patients. In the case of pronounced changes in the cervical spine with osteochondrosis, there is a violation of blood circulation in the cerebral cortex, which leads to pronounced clinical symptoms.

**The aim of this study** was to identify a correlation between bioelectrical activity and cerebral hemodynamics in patients with osteochondrosis of the cervical spine.

**Materials and methods.** The examination involved 25 patients of the neurosurgical department who received conservative treatment for exacerbation of osteochondrosis of the cervical spine, and 25 volunteers without a history of diseases of the spine and joints. The cerebral bioelectrical activity and blood flow indicators were recorded in the pool of the common carotid and vertebral arteries.

**Results.** In the main group and the clinical comparison group, the rheographic index and the peripheral vascular resistance index were studied, which characterize both the volume pulse blood filling of the vascular bed and the tone of small and medium caliber arteries. At the same time, the EEG rhythm indices were analyzed:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ -, and  $\theta$ -waves. An analysis of the intersystem interaction of blood flow indices and the biopotentials of the cortical rhythm of the brain in the main group showed a mismatch in the intra-system connections, which corresponds to the period of the general stress of the body. An analysis of the correlation between the indicators of electroencephalography and rheoencephalography in the control group revealed a stable system of correlation between the indicators, showing intersystem and intrasystem consistency and reflecting a high level of reserve capacity of the body and the state of steady adaptation to adverse factors.

**Conclusion.** The use of simultaneous recording of cerebral hemodynamics and brain biopotentials in patients with osteochondrosis of the cervical spine will allow clinicians to correctly assess the functional state of the central nervous system and to prescribe adequate treatment in a timely manner.

**Key words:** cerebral bioelectrical activity, cerebral hemodynamics, osteochondrosis

**For citation:** Kinash I.N., Verkhovina T.K., Ippolitova E.G. Relationship of cerebral hemodynamics and cerebral bioelectrical activity in patients with cervical osteochondrosis. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 5(2): 28-35. doi: 10.29413/ABS.2020-5.2.5.

## ВВЕДЕНИЕ

Неврологические осложнения остеохондроза занимают 2–3-е место среди причин инвалидности вследствие заболевания нервной системы. По данным ВОЗ, остеохондроз поражает позвоночник чаще всего в шейном (25 %) и поясничном (50 %) отделах. Выраженные клинические проявления наблюдаются в период активной трудовой деятельности в возрасте 50–55 лет, поэтому экономические потери в связи с нетрудоспособностью очень велики. Изменения в шейном отделе позвоночника при остеохондрозе у больных приводят к нарушению кровообращения в коре головного мозга, что обуславливает соответствующую клиническую симптоматику, снижающую качество жизни пациента и его трудоспособность [1].

Остеохондроз позвоночника диагностируется с помощью рентгенографии шейного отдела позвоночника, МРТ и КТ. В то же время нарушение кровообращения во время этой патологии определить непросто, особенно на начальной стадии.

Компьютерная реоэнцефалография (РЭГ) является безопасным и безболезненным методом исследования. Метод основан на регистрации изменяющейся величины электрического сопротивления тканей при пропускании через них слабого электрического тока высокой частоты и даёт информацию об интенсивности мозгового кровенаполнения, состоянии тонуса и эластичности сосудов, об интенсивности венозного оттока из полости черепа и, соответственно, о поражении сосудов головного мозга [2]. РЭГ-исследование оценивает как приток крови к головному мозгу, так и её отток, а применение при исследованиях специальных функциональных проб – повороты головы, гипервентиляция – позволяет разграничить функциональные и органические изменения [2, 3]. Для уточнения предполагаемого диагноза может быть использована электроэнцефалография (ЭЭГ) – запись электрической активности мозга. Электроэнцефалография является высокоинформативным исследованием, которое воспроизводит не только функциональное состояние коры, подкорковых структур мозга, но и сложные корково-подкорковые взаимодействия [4]. Кроме того, данный метод исследования позволяет дать заключение об особенностях мозговой ритмики и распределении биопотенциалов

в различных зонах коры головного мозга, а также выявить скрытые патологические изменения в результате ещё не давших о себе знать заболеваний на фоне полного клинического здоровья обследуемого [4, 5].

Наличие взаимосвязи нарушений биоэлектрической активности головного мозга и мозгового кровообращения возможно выявить с помощью параллельного проведения реографических и электроэнцефалографических исследований. Учитывая, что ЭЭГ отражает биоэлектрическую активность головного мозга в целом, а РЭГ проводит оценку притока и оттока крови к органу и характера его кровоснабжения, в комплексе эти исследования дополняют друг друга и демонстрируют картину заболевания с разных сторон. Синхронная регистрация показателей ЭЭГ и РЭГ в едином временном масштабе наглядно иллюстрирует взаимосвязь между различными системами организма [5, 6, 7].

В доступной литературе мы не встретили анализ обоих методов исследования при остеохондрозе шейного отдела позвоночника. Результаты этих двух процедур позволяют точнее изучить функциональное состояние сосудов мозга и, соответственно, дадут возможность назначить адекватное лечение, способствующее избавлению пациентов от снижающих качество жизни симптомов [8].

**Целью настоящего исследования** явилось выявление корреляции между данными биоэлектрической активности и церебральной гемодинамики у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под наблюдением находились группа пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника, находящихся на лечении в отделении нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (основная группа – 25 человек (16 женщин и 9 мужчин)), и группа практически здоровых людей (контрольная группа – 25 человек (15 женщин и 10 мужчин)).

Средний возраст пациентов основной группы составил 47 лет. Все пациенты проходили консервативное лечение по поводу обострения остеохондроза шейного отдела позвоночника. Пациенты отмечали наличие болевого синдрома (цервикалгии, брахиалгии, краниалгии)

разной степени выраженности, который сопровождался мышечно-тоническим рефлекторным синдромом. Цереброваскулярные нарушения были выражены у 14 пациентов основной группы и проявлялись мигреноподобными пульсирующими болями в области затылка или виска высокой интенсивности (6–7 баллов по ВАШ), транзиторными нарушениями кровообращения, вестибулярными расстройствами.

Средний возраст исследуемых группы клинического сравнения составил 39 лет. Обследованные добровольцы контрольной группы в анамнезе не имели заболеваний позвоночника и суставов и не предъявляли жалоб на постоянные головные боли.

Регистрация показателей ЭЭГ и РЭГ осуществлялась с помощью энцефалографа ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (г. Таганрог) со стандартной установкой скальповых ЭЭГ-электродов по системе «10-20», рекомендованной Международной федерацией клинической нейрофизиологии (IFCN). Исследуемые располагались в специальном кресле, обеспечивающем максимальное расслабление. Проводились наложение электродов и инструктаж о характере процедуры, обучение технике дыхания при гипервентиляции. При регистрации биоэлектрической активности мозга исследовались наличие и характер  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ - и  $\theta$ -волн. Для РЭГ-исследования использовалась стандартная установка 6 электродов (НШЭ-03), регистрировались показатели кровотока в бассейне общей сонной артерии (фронтально-мастоидальное отведение (ФМ)) и позвоночной артерии (окципито-мастоидальное отведение (ОМ)). Анализировались такие показатели, как реографический индекс (РИ), позволяющий определить объёмное пульсовое кровенаполнение сосудистого русла (в норме  $0,15 \pm 0,01$  Ом) и показатель периферического сопротивления сосудов (ППСС), характеризующий тонус артерий мелкого и среднего калибра (артерий сопротивления).

Для статистического анализа использовали программное обеспечение IBM SPSS 21. В связи с малой выборкой наблюдений для анализа корреляционных связей использовали метод Спирмена. Для характеристики силы связи в качестве критериев приняли следующие интервалы значений коэффициента корреляции ( $r$ ): сильная –  $r > 0,70$ ; средняя –  $0,50 < r < 0,69$ ; умеренная –  $0,30 < r < 0,49$ ; слабая –  $0,20 < r < 0,29$ ; очень слабая –  $r < 0,19$ . Значимая корреляция отмечалась при  $r$ , соответствующем уровню статистической значимости  $p < 0,05$ . Исследование выполнено в соответствии с «Этическими принципами проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266 и было одобрено комитетом по биомедицинской этике ИНЦХТ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основной и контрольной группах при исследовании РЭГ изучались показатели РИ и ППСС, характеризующие как объёмное пульсовое кровенаполнение сосудистого русла, так и тонус артерий мелкого и среднего калибра (артерий сопротивления). Параллельно анализировались показатели ритмов ЭЭГ.

В ранее проведённых нами РЭГ-исследованиях [9] у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позво-

ночника с выраженными клиническими проявлениями были зарегистрированы расстройства кровообращения в бассейнах общей сонной и позвоночной артерий. Наиболее выраженные изменения были отмечены в вертебро-базиллярном бассейне: повышение сосудистого тонуса с обеих сторон, повышение периферического сосудистого сопротивления и признаки затруднения венозного оттока, – что нашло отражение в статистически значимом изменении показателей РИ и ППСС. В этой же группе анализ ЭЭГ-волн показал статистически значимое изменение корковой ритмики.

Для изучения взаимосвязи показателей РЭГ и ЭЭГ проведён корреляционный анализ системных взаимоотношений между ними. Во фронтально-мастоидальном отведении слева в контрольной группе показатели РЭГ находятся в коридоре нормы, на ЭЭГ регистрируется нормальное распределение корковой ритмики с преобладанием  $\alpha$ -ритма. В основной группе наряду с увеличением сопротивления сосудов на РЭГ имеет место снижение мощности  $\alpha$ -ритма (слабая корреляция ( $r = 0,27$ ) между ППСС на РЭГ и  $\alpha$ -ритмом на ЭЭГ) и нарастание мощности  $\beta$ -,  $\theta$ - и  $\delta$ -ритма. Следует отметить, что  $\theta$ - и  $\delta$ -ритмы у здорового взрослого человека практически отсутствуют [4]. Отмечена высокая положительная корреляционная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,72$ ), поэтому аналогично ППСС определены: умеренная корреляция между РИ и  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,30$ ), слабая корреляция между РИ и  $\beta$ -ритмом ( $r = 0,20$ ), умеренная корреляция между РИ и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,41$ ), слабая отрицательная корреляция между РИ и  $\theta$ -ритмом ( $r = -0,22$ ) при  $p < 0,05$  (рис. 1).

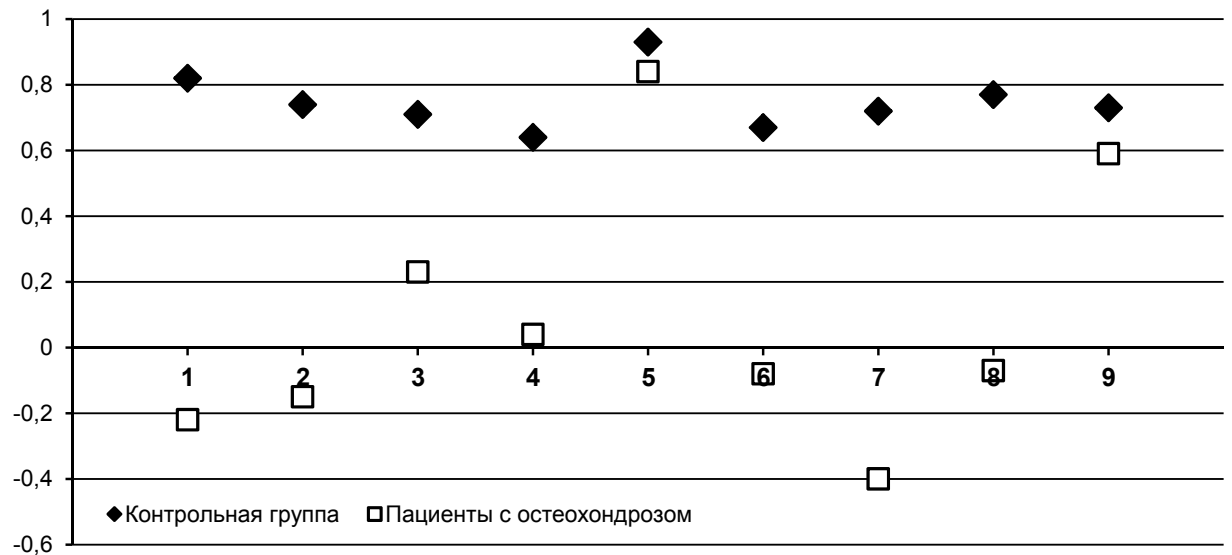
Проведение корреляционного анализа во фронтально-мастоидальном отведении справа (рис. 2) выявило слабую отрицательную связь между ППСС и  $\alpha$ -ритмом ( $r = -0,22$ ) и ППСС и  $\beta$ -ритмом ( $r = -0,15$ ); слабую положительную связь между ППСС и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,23$ ); разорванную связь между ППСС и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,04$ ). Отмечена сильная положительная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,84$ ). Между РИ и  $\alpha$ -ритмом выявлена разорванная отрицательная связь ( $r = -0,08$ ), межсистемное рассогласование; между РИ и  $\beta$ -ритмом – умеренная отрицательная связь ( $r = -0,4$ ); между РИ и  $\delta$ -ритмом – прерванная связь ( $r = -0,07$ ); между РИ и  $\theta$ -ритмом – средняя положительная связь ( $r = 0,59$ ). Подобная взаимосвязь функций характеризует неустойчивую систему корреляционных связей между изучаемыми показателями, свидетельствуя о межсистемной и внутрисистемной рассогласованности в бассейне общей сонной артерии [8, 9] в лобном ( $F_2$  и  $F_1$ ), лобно-центрально ( $F_2-C_1$ ,  $F_1-C_1$ ) и лобно-височном ( $F_2-T_2$ ,  $F_1-T_1$ ) отведениях и биоэлектрической активности в лобно-височно-центральных областях головного мозга [10]. Незначительное ослабление системного взаимодействия у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника отмечается при исследовании левой лобно-височной области, в аналогичной зоне справа регистрируются более выраженные изменения со значительным ослаблением системного взаимодействия.

Состояние внутричерепного кровотока в системе общей сонной артерии коррелирует с наличием специфических ответов коры мезодиеэнцефальных структур мозга, где была отмечена вариабельность амплитуды и частоты биопотенциалов корковой ритмики, получившая более широкое распространение в лобно-височно-центральной области справа.



**Рис. 1.** Корреляционные взаимосвязи показателей РЭГ и ЭЭГ у лиц контрольной группы и пациентов с остеохондрозом, фронто-мастоидальное отведение слева: 1 – ППСС с  $\alpha$ -ритмом; 2 – ППСС с  $\beta$ -ритмом; 3 – ППСС с  $\delta$ -ритмом; 4 – ППСС с  $\theta$ -ритмом; 5 – ППСС с РИ; 6 – РИ с  $\alpha$ -ритмом; 7 – РИ с  $\beta$ -ритмом; 8 – РИ с  $\delta$ -ритмом; 9 – РИ с  $\theta$ -ритмом

**Fig. 1.** Correlation relationships of REG and EEG indices of the control group and patients with osteochondrosis, fronto-mastoidal abduction on the left: 1 – peripheral vascular resistance index (PVRI) with  $\alpha$ -rhythm; 2 – PVRI with  $\beta$ -rhythm; 3 – PVRI with  $\delta$ -rhythm; 4 – PVRI with  $\theta$ -rhythm; 5 – PVRI with rheographic index (RI); 6 – RI with  $\alpha$ -rhythm; 7 – RI with  $\beta$ -rhythm; 8 – RI with  $\delta$ -rhythm; 9 – RI with  $\theta$ -rhythm



**Рис. 2.** Корреляционные взаимосвязи показателей РЭГ и ЭЭГ у лиц контрольной группы и пациентов с остеохондрозом, фронто-мастоидальное отведение справа: 1 – ППСС с  $\alpha$ -ритмом; 2 – ППСС с  $\beta$ -ритмом; 3 – ППСС с  $\delta$ -ритмом; 4 – ППСС с  $\theta$ -ритмом; 5 – ППСС с РИ; 6 – РИ с  $\alpha$ -ритмом; 7 – РИ с  $\beta$ -ритмом; 8 – РИ с  $\delta$ -ритмом; 9 – РИ с  $\theta$ -ритмом

**Fig. 2.** Correlation relationships of REG and EEG indices in people of the control group and patients with osteochondrosis, front-mastoid lead on the right: 1 – PVRI with  $\alpha$ -rhythm; 2 – PVRI with  $\beta$ -rhythm; 3 – PVRI with  $\delta$ -rhythm; 4 – PVRI with  $\theta$ -rhythm; 5 – PVRI with RI; 6 – RI with  $\alpha$ -rhythm; 7 – RI with  $\beta$ -rhythm; 8 – RI with  $\delta$ -rhythm; 9 – RI with  $\theta$ -rhythm

Анализ взаимодействия показателей кровотока и биопотенциалов корковой ритмики головного мозга в окципито-мастоидальном отведении слева (рис. 3) показал умеренную корреляционную связь между ППСС и  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,38$ ), среднюю отрицательную связь между ППСС и  $\beta$ -ритмом ( $r = -0,59$ ), разорванную связь между ППСС и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,04$ ), умеренную отрицательную связь между ППСС и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,4$ ). Отмечается сильная положительная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,75$ ); между РИ и  $\alpha$ -ритмом корреляционная связь отсутствует ( $r = 0,07$ ); очень слабые отрицательные связи выявлены

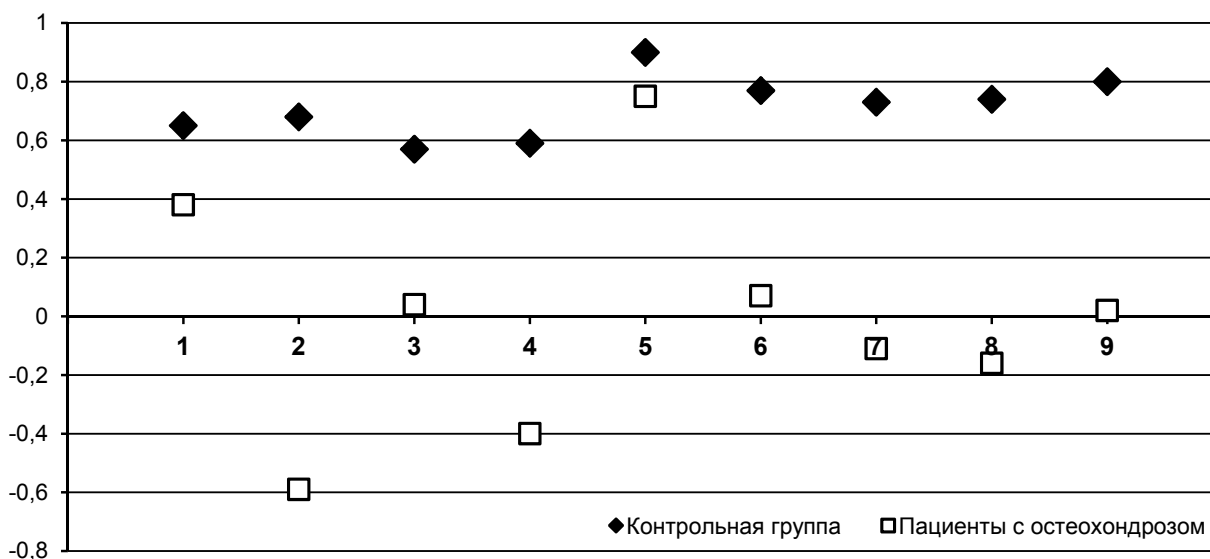
между РИ и  $\beta$ -ритмом ( $r = -0,11$ ) и РИ и  $\delta$ -ритмом ( $r = -0,16$ ); между РИ и  $\theta$ -ритмом корреляционная связь отсутствует ( $r = 0,02$ ).

Межсистемные корреляционные взаимосвязи между показателями ЭЭГ и РЭГ в окципито-мастоидальном отведении справа (рис. 4) выявили умеренные корреляционные связи между ППСС и  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,32$ ), ППСС и  $\beta$ -ритмом ( $r = 0,43$ ), ППСС и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,41$ ) и слабую связь между ППСС и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,28$ ). Отмечаются сильная корреляционная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,7$ ), слабая отрицательная корреляционная связь

между РИ и  $\alpha$ -ритмом ( $r = -0,25$ ), умеренные связи между РИ и  $\beta$ -ритмом ( $r = 0,43$ ), РИ и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,41$ ), слабая положительная связь между РИ и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,28$ ).

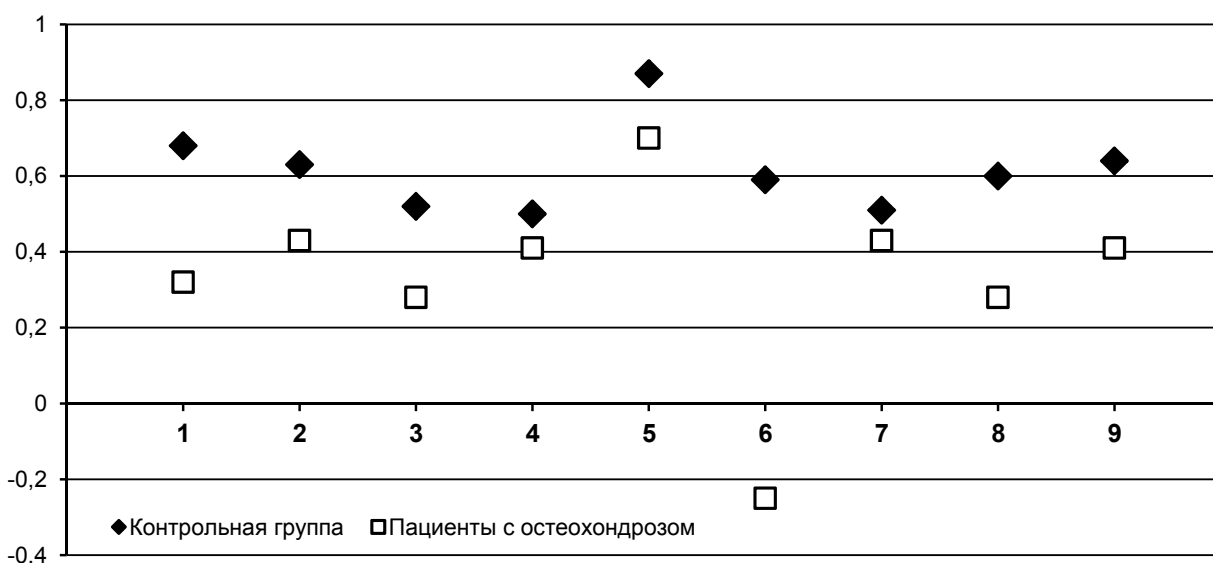
Корреляционный анализ межсистемных взаимоотношений показал, что в бассейне среднемозговой артерии теменно-височное (P – T), Роландо-височное (P – T), теменно-центральной (P – C), височно-височное ( $T_1 - T_2$ ) и окципито-париетальное (O – P) отведения, отражающие состояние гемодинамики в системе позвоночной артерии, говорят о значительном ослаблении межсистемного взаимодействия, низком уровне резервных возможностей правого полушария.

Анализ корреляционных связей между изучаемыми показателями ЭЭГ и РЭГ в контрольной группе выявил высокие положительные корреляционные связи (во фронто-мастоидальном отведении слева) между ППСС и  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,83$ ), ППСС и  $\beta$ -ритмом ( $r = 0,72$ ); средние положительные корреляционные связи между ППСС и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,67$ ) и ППСС и  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,69$ ). Отмечается сильная корреляционная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,95$ ). Для данной группы характерна (табл. 1) устойчивая система корреляционных связей между показателями гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга, свидетельствующая



**Рис. 3.** Корреляционные взаимосвязи показателей РЭГ и ЭЭГ у лиц контрольной группы и пациентов с остеохондрозом, окципито-мастоидальное отведение слева: 1 – ППСС с  $\alpha$ -ритмом; 2 – ППСС с  $\beta$ -ритмом; 3 – ППСС с  $\delta$ -ритмом; 4 – ППСС с  $\theta$ -ритмом; 5 – ППСС с РИ; 6 – РИ с  $\alpha$ -ритмом; 7 – РИ с  $\beta$ -ритмом; 8 – РИ с  $\delta$ -ритмом; 9 – РИ с  $\theta$ -ритмом

**Fig. 3.** Correlation relationships of REG and EEG indices in people of the control group and patients with osteochondrosis, occipito-mastoidal abduction on the left: 1 – PVRI with  $\alpha$ -rhythm; 2 – PVRI with  $\beta$ -rhythm; 3 – PVRI with  $\delta$ -rhythm; 4 – PVRI with  $\theta$ -rhythm; 5 – PVRI with RI; 6 – RI with  $\alpha$ -rhythm; 7 – RI with  $\beta$ -rhythm; 8 – RI with  $\delta$ -rhythm; 9 – RI with  $\theta$ -rhythm



**Рис. 4.** Корреляционные взаимосвязи показателей РЭГ и ЭЭГ лиц контрольной группы и пациентов с остеохондрозом, окципито-мастоидальное отведение справа: 1 – ППСС с  $\alpha$ -ритмом; 2 – ППСС с  $\beta$ -ритмом; 3 – ППСС с  $\delta$ -ритмом; 4 – ППСС с  $\theta$ -ритмом; 5 – ППСС с РИ; 6 – РИ с  $\alpha$ -ритмом; 7 – РИ с  $\beta$ -ритмом; 8 – РИ с  $\delta$ -ритмом; 9 – РИ с  $\theta$ -ритмом

**Fig. 4.** Correlation relationships of REG and EEG indices of control group patients and patients with osteochondrosis, occipitoid-mastoidal abduction on the right: 1 – PVRI with  $\alpha$ -rhythm; 2 – PVRI with  $\beta$ -rhythm; 3 – PVRI with  $\delta$ -rhythm; 4 – PVRI with  $\theta$ -rhythm; 5 – PVRI with RI; 6 – RI with  $\alpha$ -rhythm; 7 – RI with  $\beta$ -rhythm; 8 – RI with  $\delta$ -rhythm; 9 – RI with  $\theta$ -rhythm



о межсистемной и внутрисистемной согласованности. Подобная взаимосвязь функций отражает высокий уровень резервных возможностей организма и состояние устойчивой адаптации к неблагоприятным факторам [6, 11, 12]. В окципито-мастоидальном отведении левого полушария определены умеренная корреляционная связь ППСС с  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,38$ ), умеренная отрицательная связь с  $\beta$ -ритмом ( $r = -0,59$ ), очень слабая положительная связь с  $\delta$ -ритмом ( $r = 0,04$ ) и умеренная отрицательная связь с  $\theta$ -ритмом ( $r = -0,4$ ). Отмечается сильная корреляционная связь между ППСС и РИ ( $r = 0,75$ ), очень слабая положительная корреляционная связь между РИ и  $\alpha$ -ритмом ( $r = 0,07$ ), очень слабая отрицательная связь между РИ и  $\beta$ -ритмом ( $r = -0,11$ ) и  $\delta$ -ритмом ( $r = -0,16$ ), очень слабая положительная связь между РИ и  $\theta$ -ритмом ( $r = 0,023$ ). Межсистемные корреляции в правом полушарии выявили достаточно устойчивые связи ППСС с  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмами ( $r = 0,28-0,43$ ), сильную корреляционную связь между ППСС и РИ ( $r = 0,70$ ) и стабильные корреляционные связи РИ с  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмами ( $r = 0,25-0,43$ ).

Согласно данным таблицы 1, анализ показателей биоэлектрической активности головного мозга и его гемодинамики у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника во фронто-мастоидальном отведении левого полушария выявил слабую корреляционную взаимосвязь показателей периферического пульсового сопротивления сосудов с  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\delta$ -ритмами ЭЭГ и умеренную корреляционную связь с  $\theta$ -ритмом. Что касается значений реографического индекса кровотока, то здесь имела место наиболее прочная связь этого показате-

ля с  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\delta$ -ритмами и низкая отрицательная связь с  $\theta$ -ритмом, что можно объяснить более выраженной зависимостью биоритмики мозга от объёмного пульсового кровенаполнения. Во фронто-мастоидальном отведении правого полушария зарегистрированы очень слабые связи периферического пульсового сопротивления сосудов с  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ -ритмами и разорванность связей с  $\theta$ -ритмом. То же самое выявлено и для взаимодействия показателей РИ и биоритмов ЭЭГ, за исключением связи РИ и  $\theta$ -ритма, которая имела высокий коэффициент корреляции.

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Таким образом, изменения корреляционных связей массивов показателей ЭЭГ и РЭГ затрагивают все исследованные зоны, и в то же время в каждом конкретном случае можно обнаружить отделы мозга, где такие изменения максимальны. В группе больных с остеохондрозом отмечается рассогласование внутрисистемных связей. Теснота и направленность связей меняются, что позволяет говорить о проявлении нестабильности системных отношений, наибольшее количество слабых положительных и отрицательных связей соответствуют периоду общего напряжения организма. Так, получены данные о расстройстве кровообращения в бассейне средней мозговой артерии с рассогласованием взаимосвязей (ППСС –  $\delta$ -ритм; ППСС –  $\theta$ -ритм) именно в этой области за счёт венозной недостаточности. Повышение тонуса периферических сосудов височной и орбитальной области коррелирует с наличием медленных волн высокой амплитуды  $\theta$ - и  $\delta$ -диапазона. Снижение кровенаполнения

Таблица 1  
Корреляционный анализ межсистемных взаимоотношений гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника и лиц контрольной группы

Table 1  
Correlation analysis of intersystem relationships of hemodynamics and cerebral bioelectrical activity in patients with osteochondrosis of the cervical spine and persons of the clinical comparison group

Показатели	<i>r</i> (контрольная группа)		<i>r</i> (основная группа)	
	ФМ-отведение		ОМ-отведение	
ППСС – $\alpha$ sin	0,83	0,27	0,65	0,38
ППСС – $\beta$ sin	0,72	-0,19	0,68	-0,59
ППСС – $\delta$ sin	0,69	-0,18	0,57	0,040
ППСС – $\theta$ sin	0,67	0,42	0,59	-0,40
ППСС – $\alpha$ dex	0,82	-0,22	0,68	0,32
ППСС – $\beta$ dex	0,74	-0,15	0,63	0,43
ППСС – $\delta$ dex	0,71	0,23	0,52	0,28
ППСС – $\theta$ dex	0,64	0,04	0,50	0,41
ППСС – РИ sin	0,95	0,72	0,90	0,7
ППСС – РИ dex	0,93	0,84	0,87	0,7
РИ – $\alpha$ sin	0,87	0,30	0,77	0,07
РИ – $\beta$ sin	0,8	0,20	0,73	-0,11
РИ – $\delta$ sin	0,7	0,41	0,74	-0,16
РИ – $\theta$ sin	0,68	-0,22	0,80	0,02
РИ – $\alpha$ dex	0,67	-0,08	0,59	-0,25
РИ – $\beta$ dex	0,72	-0,40	0,51	0,43
РИ – $\delta$ dex	0,77	-0,07	0,60	0,28
РИ – $\theta$ dex	0,73	0,59	0,61	0,41

сосудов мозга на фоне повышения тонуса сосудов коррелирует со снижением  $\alpha$ -ритма и появлением  $\theta$ - и  $\delta$ -волн в базальных отведениях. В группе клинического сравнения отмечена достаточно устойчивая система корреляционных связей между показателями, которая отражает высокий уровень резервных возможностей и состояние устойчивой адаптации к неблагоприятным факторам.

Кроме того, при проведении функциональной пробы (гипервентиляция) было отмечено выраженное ухудшение сигналов ЭЭГ и РЭГ, в частности снижение пульсового кровенаполнения мозговых сосудов (реографического индекса РЭГ) и появление пароксизмальных всплесков медленных волн на ЭЭГ, т. е. происходило негативное для организма изменение физиологических показателей разных систем организма на провоцирующее воздействие.

Увеличение мощности  $\delta$ -волн в группе пациентов с остеохондрозом указывает на снижение коркового тонуса и усиление торможения пирамидных нейронов коры головного мозга. На преобладание тормозных процессов в коре также указывает факт увеличения мощности  $\theta$ -ритма. Что касается  $\alpha$ -ритма, то известно, что  $\alpha$ -волны возникают и существуют в коре только при определённом соотношении процессов возбуждения и торможения при условии их баланса, и при изменении этих взаимодействий они исчезают. В-волны можно связать с генерализованными активирующими влияниями на кору со стороны восходящей ретикулярной формации.

В проведённых ранее исследованиях [9] было выявлено статистически значимое уменьшение реографического индекса в группе больных, а также скорости быстрого и медленного кровенаполнения, периферического сопротивления и показателей, характеризующих венозный отток. Из этого можно заключить, что у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника происходит уменьшение систолического притока крови в ткани мозга за счёт повышения тонуса артерий, а также увеличение периферического сопротивления благодаря повышению тонуса прекапиллярного и посткапиллярного русла и повышение тонуса вен, способствующее застою крови в мозге. Параллельно фиксируется снижение функционального состояния коры головного мозга с преобладанием тормозных процессов. Все изменения протекают на фоне сосудистой недостаточности, вызванной не только нарушением регуляции, но, возможно, и компрессионным синдромом сосудисто-невральных структур.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование данных одновременной регистрации показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрических потенциалов мозга у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника позволяет не только выявить изменения кровообращения в бассейнах общей сонной и позвоночной артерий, которые наиболее выражены в вертебро-базиллярном бассейне, но и связать их с изменениями биоэлектрической активности, свидетельствующими о нарушениях корковой ритмики. Полученные данные позволяют получить клиницистам более полное представление о функциональном состоянии центральной нервной системы пациента, правильно оценить его и своевременно назначить адекватное лечение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кадыков А.С., Шахпоронова Н.В. *Сосудистые заболевания головного мозга*. М.; 2007.
2. Ситель А.Б., Кузьминов К.О., Бахтадзе М.А. Влияние дегенеративно-дистрофических процессов в шейном отделе позвоночника на нарушения гемодинамики в вертебрально-базиллярном бассейне. *Мануальная терапия*. 2010; 1(37): 10-21.
3. Кузнецова С.М., Егорова М.С. Нейрометаболическая коррекция кардиocereбральных нарушений при дисциркуляторной энцефалопатии. *Международный неврологический журнал*. 2016; 6(84): 41-48.
4. Зенков Л.Р. *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): руководство для врачей*. М.: МЕДпрессинформ; 2004.
5. Сенник Д.А., Омельченко В.П., Хананашвили Я.А. Сопряженность параметров ЭЭГ и РЭГ в разные стадии сна в зависимости от типа автономной нервной системы. *Журнал фундаментальной медицины и биологии*. 2017; 2; 47-49.
6. Avolio A, Kim MO, Adji A, Gangoda S, Avadhanam B, Tan I, et al. Cerebral haemodynamics: effects of systemic arterial pulsatile function and hypertension. *Curr Hypertens Rep*. 2018; 20(3): 20. doi: 10.1007/s11906-018-0822-x
7. Grabner RH, Fink A., Neubauer AC. Brain correlates of self-rated originality of ideas: Evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG. *Behavioral Neurosci*. 2007; (121.1): 224-230.
8. Mitchell J. Vertebral artery blood flow velocity changes associated with cervical spine rotation: a meta-analysis of the evidence with implications for professional practice *J Man Manip Ther*. 2009; 17(1): 46.
9. Кинаш И.Н., Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г., Скляренко О.В., Кошкарева З.В. Функциональное состояние биоэлектрической активности головного мозга при остеохондрозе шейного отдела позвоночника. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(6): 7-12.
10. Панасевич Е.А., Трифионов М.И. Прогнозирование успешной когнитивной деятельности на основе интегральных характеристик ЭЭГ. *Физиология человека*. 2018; 2(44): 103-111. doi: 10.7868/S0131164618020145
11. Boussida S, Traoré AS, Durif F. Mapping of the brain hemodynamic responses to sensorimotor stimulation in a rodent model: A BOLD fMRI study. *PLoS One*. 2017; 12(4): e0176512. doi: 10.1371/journal.pone.0176512
12. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Величковский Б.Т. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде в высоких широтах [Электронный ресурс]. *Журнал медико-биологических исследований*. 2017; 1. URL: <https://rucont.ru/efd/578881>.

### REFERENCES

1. Kadykov AS, Shakhporonova NV. *Cerebrovascular diseases*. Moscow; 2007. (In Russ.)
2. Sitel AB, Kuzminov KO, Bakhtadze MA. The influence of degenerative-dystrophic processes in the cervical spine on hemodynamic disturbances in the vertebral-basilar pool. *The Manual Therapy Journal*. 2010; 1(37): 10-21. (In Russ.)
3. Kuznetsova SM, Egorova MS. Neurometabolic correction of cardiocerebral disorders in discirculatory encephalopathy. *International Neurological Journal*. 2016; 6(84): 41-48. (In Russ.)
4. Zenkov LR. *Clinical electroencephalography (with elements of epileptology): a guide for physicians*. Moscow: MEDpressinform; 2004. (In Russ.)
5. Senik DA, Omelchenko VP, Khananashvili YaA. The correlation of the EEG and REG parameters at different stages of sleep, depending on the type of autonomic nervous system. *Zhurnal fundamental'noy meditsiny i biologii*. 2017; 2; 47-49. (In Russ.)
6. Avolio A, Kim MO, Adji A, Gangoda S, Avadhanam B, Tan I, et al. Cerebral haemodynamics: effects of systemic arterial pulsatile function and hypertension. *Curr Hypertens Rep*. 2018; 20(3): 20. doi: 10.1007/s11906-018-0822-x

7. Grabner RH, Fink A., Neubauer AC. Brain correlates of self-rated originality of ideas: Evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG. *Behavioral Neurosci.* 2007; (121.1): 224-230.
8. Mitchell J. Vertebral artery blood flow velocity changes associated with cervical spine rotation: a meta-analysis of the evidence with implications for professional practice *J Man Manip Ther.* 2009; 17(1): 46.
9. Kinash IN, Verkhozina TK, Ippolitova EG, Sklyarenko OV, Koshkareva ZV. The functional state of the cerebral bioelectrical activity in osteochondrosis of the cervical spine. *Acta biomedica scientifica.* 2019; 4(6): 7-12. (In Russ.)
10. Panasevich EA, Trifonov MI. Prediction of successful cognitive activity based on the integrated characteristics of the EEG. *Human Physiology.* 2018; 2(44): 103-111. doi: 10.7868/S0131164618020145. (In Russ.)
11. Boussida S, Traoré AS, Durif F. Mapping of the brain hemodynamic responses to sensorimotor stimulation in a rodent model: A BOLD fMRI study. *PLoS One.* 2017; 12(4): e0176512. doi: 10.1371/journal.pone.0176512
12. Solonin YuG, Boyko ER, Velichkovskiy BT. Physiological norms of the stress of the body during physical labor at high latitudes [Electronic source]. *Journal of Medical and Biological Research.* 2017; 1. URL: [https://rucont.ru/efd/578881\\_](https://rucont.ru/efd/578881_) (In Russ.)

#### Сведения об авторах

**Кинаш Ирина Николаевна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-5737-6653>

**Верхозина Татьяна Константиновна** – кандидат медицинских наук, заведующая отделением функциональных методов диагностики и лечения, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; доцент кафедры рефлексотерапии и косметологии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, <http://orcid.org/0000-0003-3136-5005>

**Ипполитова Елена Геннадьевна** – научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», <http://orcid.org/0000-0001-7292-2061>

#### Information about the authors

**Irina N. Kinash** – Cand. Sc. (Biol.), Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: [iscst@mail.ru](mailto:iscst@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-5737-6653>

**Tatiana K. Verkhozina** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Department of Functional Diagnostics and Treatment, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Associate Professor at the Department of Reflexotherapy and Cosmetology, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, <http://orcid.org/0000-0003-3136-5005>

**Elena G. Ippolitova** – Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, <http://orcid.org/0000-0001-7292-2061>

Статья получена: 11.03.2019. Статья принята: 20.03.2020. Статья опубликована: 26.04.2020.  
Received: 11.03.2019. Accepted: 20.03.2020. Published: 26.04.2020.