

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

© 2020 г. О. И. Шевченко, О. Л. Лахман

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск

Цель исследования – выявление особенностей энергетического обмена головного мозга по данным нейроэнергетического картирования (НЭК) у пациентов с вибрационной болезнью (ВБ) и профессиональной нейросенсорной тугоухостью (НСТ). *Методы.* Обследованы 45 пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, и 71 пациент с НСТ профессионального генеза. Группа сравнения представлена 38 мужчинами, не подвергавшимися в профессиональной деятельности воздействию изучаемых факторов. Использован метод НЭК, основанный на измерении уровня постоянного потенциала (УПП). *Результаты.* Повышенные значения УПП отмечены у 62 % пациентов с ВБ, 39 % пациентов с НСТ, 31 и 52 % пациентов соответственно имели нормальный средний уровень нейрометаболизма, 7 и 9 % – сниженные значения УПП. У пациентов с ВБ усиление интенсивности метаболизма относительно среднего УПП определено в центральной ($p = 0,027$), правой височной ($p = 0,043$) областях. У пациентов с НСТ при снижении УПП в лобных отделах наблюдалось повышение биполярных показателей в центральном отведении (Fpz-Cz = $-5,0$ ($-13,1...3,8$) мВ) ($p = 0,003$), височной правой (Fpz-Td = $-2,1$ ($-10,9...6,6$) мВ) ($p = 0,014$), височной левой (Fpz-Ts = $-6,3$ ($-15,3...1,8$) мВ) ($p = 0,031$), затылочной (Pz-Oz = $-4,2$ ($-9,4...5,1$) мВ) ($p = 0,022$) областях головного мозга. По результатам дискриминантного анализа наиболее информативными нейрометаболическими признаками у пациентов с ВБ являются показатели УПП в центральном отведении (Cz, $F = 9,672$), у пациентов с НСТ – в центральном теменном (Pz, $F = 12,816$). *Выводы.* Функциональные нарушения головного мозга отмечены у 69 % обследованных с ВБ и 48 % – с НСТ, представлены они усилением энергообмена преимущественно в центральном и височных отделах. НЭК-признаками, характерными для ВБ, являются увеличение показателя УПП центрального отведения и снижение показателя межполушарных отношений Td-Ts, для НСТ – увеличение показателей в левом теменном, центральном теменном, затылочном отделах.

Ключевые слова: энергетический обмен головного мозга, уровень постоянного потенциала, нейроэнергетическое картирование, вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость

STATE OF ENERGY BRAIN EXCHANGE IN PATIENTS WITH PROFESSIONAL DISEASES FROM INFLUENCE OF PHYSICAL FACTOR

O. I. Shevchenko, O. L. Lakhman

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

The aim of the study was to identify the characteristics of energy metabolism of the brain according to neuroenergy mapping in patients with hand-arm vibration syndrome (HAVS) and occupational sensorineural hearing loss (SNHL). *Methods.* 45 patients with HAVS associated with the combined effects of local and general vibration, and 71 patients with SNHL of professional origin were examined. The comparison group was represented by 38 men who were not exposed to the studied factors in their professional activities. The method of neuroenergy mapping was used, based on measuring of constant potential level. *Results.* Increased values of level of constant potential were observed in 62 % of patients with HAVS, 39 % of patients with SNHL, 31 and 52 % of patients, respectively, had a normal average level of neurometabolism, 7 and 9 % had reduced values of the constant potential level. An increase in metabolic intensity in relation to the average constant potential level in patients with HAVS was determined in the central ($p = 0.027$), right temporal ($p = 0.043$) regions. Patients with SNHL demonstrated an increase in bipolar indices in the central lead (Fpz-Cz = -5.0 ($-13.1...3.8$) mV) ($p = 0.003$), temporal right (Fpz -Td = -2.1 ($-10.9...6.6$) mV) ($p = 0.014$), temporal left (Fpz-Ts = -6.3 ($-15.3...1.8$) mV) ($p = 0.031$), occipital (Pz-Oz = -4.2 ($-9.4...5.1$) mV) ($p = 0.022$) regions of the brain associated with a decrease in constant potential level in frontal areas. According to the results of a discriminative analysis, the most informative neurometabolic signs in patients with HAVS were the indicators of constant potential level in the central lead (Cz, $F = 9.672$), in patients with SNHL - in the central parietal (Pz, $F = 12.816$). *Conclusions.* Functional disorders of the brain were observed in 69 % of the examined with HAVS and 48 % with SNHL; they were represented by increased energy exchange mainly in the central and temporal sections. Neurometabolic signs peculiar to HAVS were an increase in constant potential level of centralized lead and a decrease in the Td-Ts interhemispheric ratio; for SNHL, an increase in the left parietal, central parietal, and occipital divisions.

Key words: brain energy metabolism, constant potential level, neuroenergetic mapping, vibration syndrome, sensorineural hearing loss

Библиографическая ссылка:

Шевченко О. И., Лахман О. Л. Состояние энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов // Экология человека. 2020. № 2. С. 18–23.

For citing:

Shevchenko O. I., Lakhman O. L. State of Energy Brain Exchange in Patients with Professional Diseases from Influence of Physical Factor. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 2, pp. 18-23.

В последнее десятилетие в Российской Федерации (РФ) в структуре вновь выявляемых профессиональных заболеваний преобладают заболевания, связанные с воздействием физических факторов, среди которых вибрационная болезнь (ВБ) занимает второе место. Известно, что в ответную реакцию на длительное патологическое воздействие вибрации вовлекается нейрогуморальное звено, нарушение деятельности которого способствует негативным изменениям метаболизма [1, 16]. Последние обзоры, посвященные оценке биоэлектрической активности головного мозга при производственном воздействии вибрации, указывают на вовлечение в патологический процесс мозжечка, стволовых структур и гипоталамуса [4, 7]. С помощью обработки электроэнцефалограмм (ЭЭГ) методом установки локализации эквивалентных дипольных источников патологической активности выявлены общие признаки поражения структур головного мозга при ВБ в виде наличия очагов в лобных отделах и таламусе [35]. В то же время ЭЭГ недостаточно специфична для выявления биоэлектрических нарушений у пациентов с ВБ. Поэтому представляет интерес изучение энергетического обмена головного мозга при помощи метода нейроэнергокартирования (НЭК), который по сравнению с ЭЭГ является более чувствительным и высокоинформативным, а его показатели характеризуют активность и напряженность метаболических реакций мозга [11, 18–20].

Среди неблагоприятных факторов производственной среды, негативно действующих на слуховой анализатор, наиболее распространённым является производственный шум [6, 9]. В настоящее время в промышленности, строительстве, транспорте и связи, по данным Центра Роспотребнадзора РФ, более 3,5 млн человек занято на работах с повышенным шумом, превышающим допустимые санитарно-гигиенические регламенты, каждый пятый работающий человек подвергается воздействию интенсивного производственного шума, что довольно часто приводит к патологии слухового анализатора — профессиональной нейросенсорной тугоухости (НСТ). Проблемы изучения развития и профилактики шумовой патологии остаются актуальными и для авиации, поскольку воздушные суда и вспомогательное оборудование на авиационных объектах являются источниками высокоинтенсивного шума [2, 17]. Известно, что длительное воздействие шума активирует неспецифическую гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, что способствует повышению тонуса кровеносных сосудов, их спастическому состоянию, ишемии тканей и органов, гипоксии, ацидозу, дистрофическим и деструктивным изменениям в различных тканях и органах [6, 8, 15].

Поскольку механизм воздействия вибрации и шума на организм достаточно сложен и до конца не известен, изучение нейрометаболизма с помощью метода НЭК открывает новые возможности для исследования патогенеза и диагностики профессиональной патологии, обусловленной воздействием физических факторов.

Цель исследования — выявление особенностей энергетического обмена головного мозга у пациентов с вибрационной болезнью и профессиональной нейросенсорной тугоухостью.

Методы

Для выявления особенностей резервного нейрометаболизма использовали электрофизиологический метод НЭК, основанный на измерении уровня постоянного потенциала (УПП).

В клинических условиях обследованы 45 пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (1-я группа). Средний возраст пациентов ($48,7 \pm 3,14$) года. Вторую группу составили 71 пациент с НСТ профессионального генеза (средний возраст ($52,0 \pm 1,36$) года). Группу сравнения (3-я группа) представляли 38 мужчин репрезентативного возраста и общего трудового стажа (соответственно ($50,35 \pm 1,69$) и ($16,24 \pm 1,12$) года), которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию изучаемых физических факторов.

В зависимости от степени выраженности изменений энергетического обмена головного мозга определяли уровень интенсивности нейрометаболизма (пониженный, нормальный, повышенный) [10].

Статистическую обработку и анализ результатов проводили с использованием программы Statistica 6.0 Stat_Soft® Inc. (правообладатель лицензии — ФГБНУ ВСИМЭИ). Статистическую значимость различий оценивали по непараметрическому U-критерию Вилкоксона, Манна — Уитни. Для трех групп использовали поправку Бонферрони — статистически значимыми различия считали при $p < 0,017$. Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Для выявления нейрометаболических признаков использовали дискриминантный анализ. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании, одобренное в установленном порядке Комитетом по биомедицинской этике ВСИМЭИ.

Результаты

По уровню интенсивности нейрометаболизма можно выделить пациентов с нормальным средним УПП, сниженным или повышенным средним значением УПП. Согласно данным НЭК выявлено следующее распределение (рис. 1): повышенные значения среднего УПП у пациентов с ВБ отмечены в 62 % случаев, у пациентов с НСТ — в 39 % случаев, 31 и 52 % пациентов соответственно имели нормальный средний уровень энергетического обмена, у 7 и 9 % соответственно отмечалось сниженное значение среднего УПП. В группе сравнения доминировали лица с нормальным средним УПП (71 %). Причем в группе пациентов с ВБ повышенный средний УПП статистически значимо превалировал по сравнению с лицами 1-я и 2-й групп ($p = 0,03$; $p = 0,02$ соответственно).

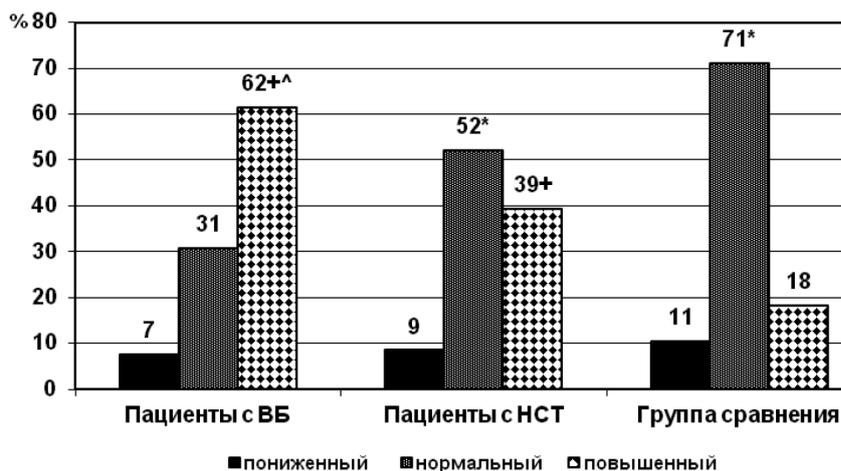


Рис. 1. Распределение обследованных лиц в зависимости от степени выраженности среднего уровня постоянного потенциала
 Примечание. * – статистически значимое преобладание ($p < 0,017$) нормального среднего УПП; + – статистически значимое преобладание повышенного среднего УПП в группах пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, и с НСТ относительно группы сравнения; ^ – статистически значимое преобладание ($p < 0,017$) повышенного среднего УПП.

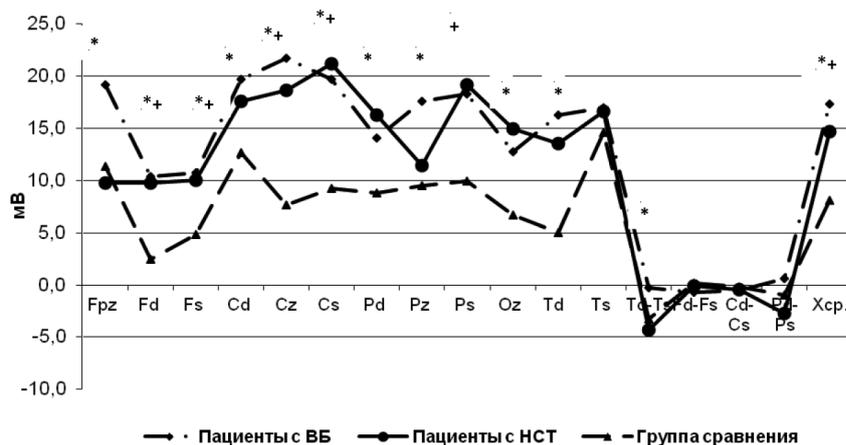


Рис. 2. Распределение уровня постоянного потенциала в исследуемых группах
 Примечание. * – статистически значимое преобладание повышенного УПП в группе пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, относительно группы пациентов с НСТ; + – статистически значимое преобладание повышенного УПП в группе пациентов с НСТ относительно группы сравнения, $p < 0,017$

Показатели сверхмедленной активности головного мозга у пациентов с ВБ были статистически значимо выше во всех отведениях, кроме левого височного (Ts), при сопоставлении с таковыми в группе сравнения (рис. 2).

У пациентов с НСТ зарегистрировано статистически значимое повышение показателей нейроэнергообмена по правому и левому лобному (Fd и Fs), центральному (Cz), левому центральному (Cs), левому теменному (Ps), затылочному (Oz) отведениям, различия статистически значимы при $p < 0,05$. Средний УПП по всем областям в этой группе также значимо преобладал относительно группы сравнения и расценивался как нормальный (см. рис. 2).

Для определения интенсивности энергетических процессов в различных областях головы относительно среднего уровня церебрального энергообмена у пациентов с ВБ рассчитывали локальный УПП

(УПП#). На рис. 3 наглядно представлено усиление интенсивности в центральной и правой височной областях относительно среднего УПП у пациентов с ВБ.

Для выявления особенностей церебрального энергообмена каждого пациента с НСТ вычисляли биполярные потенциалы: Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td, Fpz-Ts, Cz-Oz, Cz-Td, Cz-Ts, Cs-Oz, Cs-Td, Cs-Ts, Pd-Fz, Pz-Oz, Ps-Cs, Oz-Td, Oz-Ts. Из представленных данных на рис. 4 видно статистически значимое снижение в группе пациентов с НСТ биполярных потенциалов: Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td, Fpz-Ts относительно группы сравнения, что свидетельствует о снижении активности лобной коры у пациентов с НСТ за счет преобладания значений биполярных потенциалов в центральной, обеих височных и затылочной областях. На основании данного факта можно утверждать, что у пациентов с НСТ фиксируется изменение энергетического обмена головного мозга – сдвиг

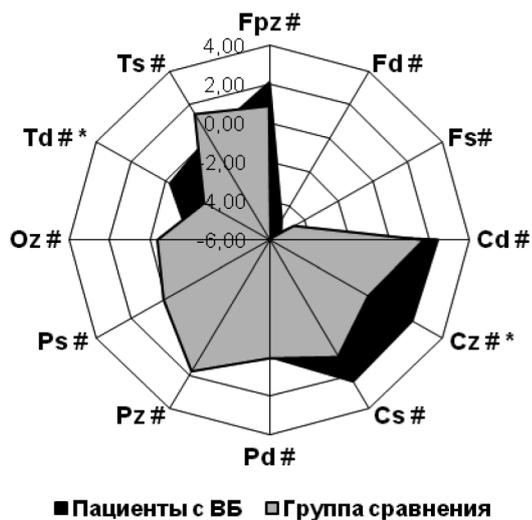


Рис. 3. Распределение локальных уровней постоянного потенциала (#) в группах пациентов с вибрационной болезнью и сравнения
 Примечание. * – статистически значимое преобладание ($p < 0,017$).

кислотно-основного состояния в сторону ацидоза в центральном отделе (Fpz) и височных областях (Td, Ts). Статистически значимое повышение градиента Pd-Fz и снижение градиента Pz-Oz у пациентов с НСТ характеризуют дисфункцию теменно-затылочных областей в виде усиления энергообмена в правом теменном и затылочном отделах головного мозга по сравнению с группой сравнения (рис. 4).

Для выявления статистически значимых отличительных нейрометаболических признаков по НЭК, сопряженных с фактом воздействия вибрации, проведен дискриминантный анализ. В результате анализа выявлены достоверные нейрометаболические признаки: в 1-й и 3-й группах по показателям УПП в центральном (Cz) отведении и межполушарных отношений Td-Ts. Статистически значимыми являлись

параметры УПП с уровнями значимости от 0,01 до 0,003. Наиболее статистически значимым отличительным нейрометаболическим признаком было значение показателя по центральному отведению (Cz, $F = 9,67$). Нейрометаболическими признаками по НЭК, характерными по НЭК для НСТ, явились повышения УПП в левом теменном (Ps), центральном теменном (Pz) и затылочном (Oz) отведениях. Наиболее статистически значимым отличительным признаком было значение показателя по центральному теменному отведению (Pz, $F = 12,81$).

Обсуждение результатов

Таким образом, изучение особенностей энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями, обусловленными воздействием физических факторов, выявило усиление церебральных энергозатрат в центральных, височных и теменных отделах, что свидетельствует о функциональном напряжении головного мозга и снижении его резервных возможностей с преимущественной дисфункцией диэнцефальных отделов мозга.

Общим НЭК-признаком, связанным с фактом профессионального воздействия на организм вибрации и шума, является гиперметаболизм анаэробного гликолиза в центральном и височных отделах головного мозга.

У пациентов с ВБ по сравнению с пациентами с НСТ показано большее напряжение церебрального энергообмена в лобных отделах, при одновременной дисфункции срединных структур мозга и увеличении показателя межполушарных отношений, что не может не отразиться на выраженности проявлений клинических симптомов, повышении вероятности развития психосоматической патологии, когнитивных нарушений при ВБ [4, 5, 13]. Предположение по данному утверждению подкрепляется известным фактом о том, что правая теменно-височная область в большей

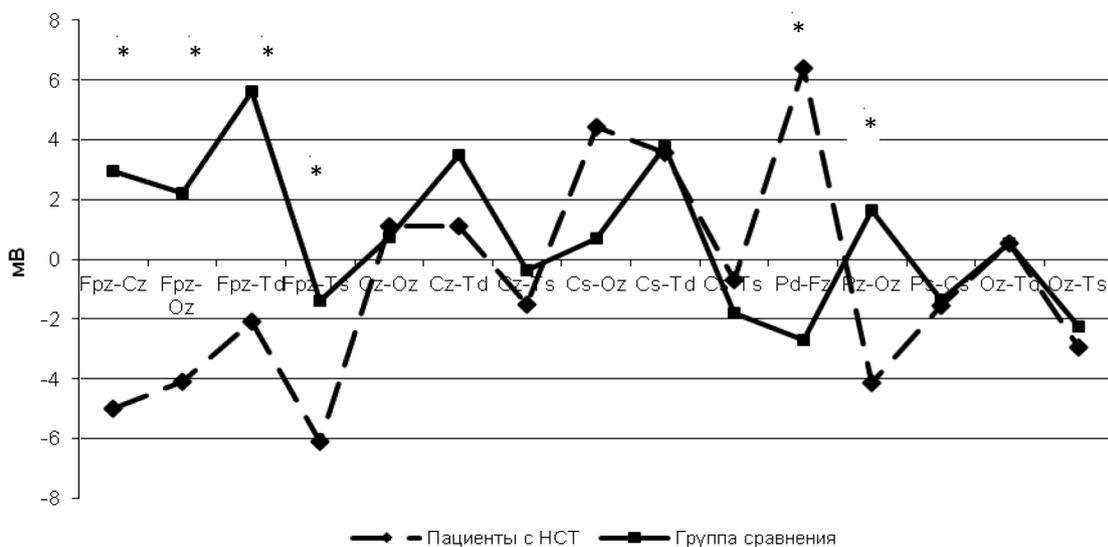


Рис. 4. Распределение градиентов уровня постоянного потенциала в группах пациентов с нейросенсорной тугоухостью и сравнения
 Примечание. * – статистически значимые отличия ($p < 0,017$).

мере ответственна за согласованность аффективного восприятия и реактивности вегетативной нервной системы [12, 14].

Выявленные в результате дискриминантного анализа информативные НЭК-признаки позволяют предположить, что, несмотря на сохранность церебрального метаболизма в целом, нарушение функции восприятия и различения чувствительных раздражений у пациентов с НСТ связано с изменениями сверхмедленной активности (от 0 до 1 Гц), указывающими на первостепенное вовлечение в патологический процесс теменных и затылочных областей мозга.

Вследствие того, что полученные результаты являются начальным опытом в изучении состояния церебрального энергообмена у пациентов с ВБ и НСТ, возникает большое количество требующих дальнейшего изучения вопросов, ответы на которые позволят получить новые знания о патогенезе изучаемых заболеваний.

Выводы

1. Функциональный метаболизм головного мозга у пациентов с ВБ изменен в 69 % случаев, у пациентов с НСТ — в 48 % случаев.

2. Функциональные нарушения головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями, обусловленными воздействием физических факторов, сопровождаются энергометаболическими нарушениями преимущественно в центральном и височных отделах.

3. Нейрометаболическими признаками по НЭК, характерными для ВБ, являются увеличение показателя УПП центрального отведения и снижение показателя межполушарных отношений Td-Ts.

4. Нейрометаболическими признаками по НЭК, характерными для НСТ, являются увеличение показателей УПП в левом теменном, центральном теменном и затылочном отделах.

Исследование проведено в рамках бюджетной научно-исследовательской работы, выполненной на базе ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» при финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований президиума РАН «Фундаментальные исследования для биомедицинских технологий», конфликт интересов отсутствует.

Авторство

Шевченко О. И. разработала план исследования, осуществила сбор и анализ данных, сформулировала выводы; Лахман О. Л. принимал участие в анализе данных и подготовке рукописи к печати.

Шевченко Оксана Ивановна — ORCID 0000-0003-4842-6791; SPIN 4816-7550

Лахман Олег Леонидович — ORCID 0000-0002-0013-8013; SPIN 6779-5614

Список литературы

1. Азовскова Т. А., Вакурова Н. В., Лаврентьев Н. Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни // Русский медицинский журнал. 2014. № 16. С. 1206–1209.

2. Жданько И. М., Зинкин В. Н., Солдатов С. К., Богомолов А. В., Шешегов П. М. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. № 48 (4). С. 5–16.

3. Катаманова Е. В., Нурбаева Д. Ж. Анализ патологической активности ЭЭГ у лиц, подвергающихся воздействию общей и локальной вибрации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3–4. С. 570–573. URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34226475> (дата обращения: 16.07.2018)

4. Катаманова Е. В., Бичев С. С., Нурбаева Д. Ж. Значение дисфункции срединных структур головного мозга в патогенезе и формировании клинической картины вибрационной болезни // Acta Biomedica Scientifica. 2012. № 1 (83). С. 32–36.

5. Князева И. В., Соколова Л. П., Шмырев В. И., Борисова Ю. В., Денисов Д. Б. Адаптационные возможности поддержания гомеостаза у пациентов с когнитивными расстройствами на фоне психовегетативного синдрома // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10. С. 165.

6. Косарев В. В., Бабанов С. А. Профессиональная нейросенсорная тугоухость // Российский медицинский журнал. 2012. № 31. С. 1556.

7. Никулина Н. В., Бейн Б. Н. Особенности биоэлектрической активности мозга у больных вибрационной болезнью // Терапевт. 2011. № 7. С. 52–54.

8. Скрипаль Б. А., Никанов А. Н., Гудков А. Б., Попова О. Н., Гребеньков С. В., Стурлис Н. В. Состояние центральной и регионарной гемодинамики у работающих при вибрационно-шумовом воздействии на фоне охлаждающего микроклимата подземных рудников Арктической зоны России // Санитарный врач. 2019. № 2. С. 32–37.

9. Соколова Л. А., Попова О. Н., Калинина М. М., Богданов М. Ю., Кочешова Г. Ф., Гудков А. Б. Прогнозирование риска развития профессиональных заболеваний среди сборщиков корпусов металлических судов машиностроительного предприятия // Экология человека. 2015. № 1. С. 10–14.

10. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 249 с.

11. Шмырев В. И., Витько Н. К., Миронов Н. П., Соколова Л. П., Борисова Ю. В., Фокин В. Ф. Нейроэнергетическое картирование — высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергетического картирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности. М., 2010. 21 с.

12. Craig A. D. Forebrain emotional asymmetry: neuroanatomical basis? // TRENDS in Cognitive Sciences. 2005 Vol. 9, N 12. P. 566–571.

13. De Sousa E. A., Albert R. H., Kalman B. Cognitive impairments in multiple sclerosis: a review // American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias. 2002. N 17. P. 23–29.

14. Matthews S. C., Paulus M. P., Simmons A. N., Nelesen R. A., Dimsdale J. E. Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function // Neuroimage. 2004. N 22. P. 1151–1156.

15. Nita D. A., Vanhatalo S., Lafortune F. D., Voipio J., Kaila K. and Amzica F. Nonneuronal origin of CO2-related DC EEG shifts: An in vivo study in the cat // Journal of Neurophysiology. 2004. N 92. P. 1011–1022. URL: [dx.doi:10.1152/jn.00110.2004](https://doi.org/10.1152/jn.00110.2004).

16. Noel B. Pathophysiology and classification of the vibration white finger // *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2000. Vol. 73, N 3. P. 150–155.

17. Peters J. L., Zevitas C. D., Redline S., Hastings A., Sizov N., Hart J. E., Levy J. I., Roof C. J., Wellenius G. A. Aviation Noise and Cardiovascular Health in the United States: a Review of the Evidence and Recommendations for Research Direction // *Current Epidemiology Reports*. 2018. N 5 (2). P. 140–152. Doi:10.1007/s40471-018-0151-2. ISSN 2196-2995.

18. Telbert T., Roberts L. E., Lutzenberger W., Birbaumer N. Modulation of slow cortical potentials by instrumentally learned blood pressure responses // *Psychophysiology*. 1992. N 29. P. 154–164.

19. Voipio J., Tallgren P., Heinonen E., Vanhatalo S., Kaila K. Millivolt-Scale D. C. Shifts in the Human Scalp EEG: Evidence for a Nonneuronal Generator // *Journal of Neurophysiology publishes original articles on the function of the nervous system*. 2002. N 89. P. 2208–2214. Doi:10.1152/jn.00915.2002.

20. Zanetti O., Galluzzi S., Sheu C.-F. Clinical features of pre-mild and mild cognitive disorders with sub cortical cerebrovascular disease // *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2011. N 29. P. 216–233.

References

1. Azovskova T. A., Vakurova N. V., Lavrentyev N. E. About modern aspects of diagnostics and classification of a vibration disease. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2014, 16, pp. 1206-1209. [In Russian]

2. Zhdanko I. M., Zinkin V. N., Soldatov S. K., Bogomolov A. V., Sheshegov P. M. Fundamental and applied aspects of prevention of adverse action of aviation noise. *Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine]. 2014, 48 (4), pp. 5-16. [In Russian]

3. Katamanova E. V., Nurbayeva D. Zh. The analysis of pathological activity of EEG at the persons which are affected by the general and local vibration. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International magazine of applied and basic researches]. 2016, 3-4, pp. 570-573. Available from: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34226475> (accessed: 16.07.2018) [In Russian]

4. Katamanova E. V., Bichev S. S., Nurbayeva D. Zh. Value of dysfunction of median structures of a brain in a pathogeny and forming of a clinical picture of a vibration disease. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012, 1 (83), pp. 32-36. [In Russian]

5. Knyazeva I. V., Sokolova L. P., Shmyrev V. I., Borisova Yu. V., Denisov D. B. Adaptation opportunities of maintenance of a homeostasis at patients with cognitive frustration against the background of a psychovegetative syndrome. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International magazine of applied and basic researches]. 2014, 10, p. 165. [In Russian]

6. Kosarev V. V., Babanov S. A. Professional neurotouch relative deafness. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2012, 31, p. 1556. [In Russian]

7. Nikulina N. V., Beyn B. N. Features of bioelectric activity of a brain at patients with a vibration disease. *Terapevt* [Therapist]. 2011, 7, pp. 52-54. [In Russian]

8. Skripal B. A., Nikanov A. N., Gudkov A. B., Popova O. N., Grebenkov S. V., Sturlis N. V. State of central and peripheral hemodynamics in workers with vibration and noise exposure on the background of the cooling microclimate of underground mines in the Arctic zone of Russia. *Sanitarnyi vrach* [Sanitary doctor]. 2019, 2, pp.32-37. [In Russian]

9. Sokolova L. A., Popova O. N., Kalinina M. M., Bogdanov M. Yu., Kocheshova G. F., Gudkov A. B. Prediction of occupational diseases risk among assemblers of vessel metal hulls of machine building plant. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 1, pp.10-14. [In Russian]

10. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Power physiology of a brain]. Moscow, 2003, 249 p.

11. Shmyrev V. I., Vitko N. K., Mironov N. P., Sokolova L. P., Borisova Yu. V., Fokin V. F. *Neuropower mapping high-informative method of assessment of a functional condition of a brain. Data of neuropower mapping at cognitive violations and decrease in intellectual working capacity*. Moscow, 2010, 21 p. [In Russian]

12. Craig A. D. Forebrain emotional asymmetry: neuroanatomical basis? *TRENDS in Cognitive Sciences*. 2005, 9 (12), pp. 566-571.

13. De Sousa E. A., Albert R. H., Kalman B. Cognitive impairments in multiple sclerosis: a review. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*. 2002, 17, pp. 23-29.

14. Matthews S. C., Paulus M. P., Simmons A. N., Nelesen R. A., Dimsdale J. E. Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function. *Neuroimage*. 2004, 22, pp. 1151-1156

15. Nita D. A., Vanhatalo S., Lafortune F. D., Voipio J., Kaila K., Amzica F. Nonneuronal origin of CO₂-related DC EEG shifts: An in vivo study in the cat. *Journal of Neurophysiology*. 2004, 92, pp. 1011-1022. Doi: 10.1152/jn.00110.2004.

16. Noel B. Pathophysiology and classification of the vibration white finger. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2000, 73 (3), pp. 150-155.

17. Peters J. L., Zevitas C. D., Redline S., Hastings A., Sizov N., Hart J. E., Levy J. I., Roof C. J., Wellenius G. A. Aviation Noise and Cardiovascular Health in the United States: a Review of the Evidence and Recommendations for Research Direction. *Current Epidemiology Reports*. 2018, 5 (2), pp. 140-152. Doi: 10.1007/s40471-018-0151-2. ISSN 2196-2995.

18. Telbert T., Roberts L. E., Lutzenberger W., Birbaumer N. Modulation of slow cortical potentials by instrumentally learned blood pressure responses. *Psychophysiology*. 1992, 29, pp. 154-164.

19. Voipio J., Tallgren P., Heinonen E., Vanhatalo S., Kaila K. Millivolt-Scale D. C. Shifts in the Human Scalp EEG: Evidence for a Nonneuronal Generator. *Journal of Neurophysiology publishes original articles on the function of the nervous system*. 2002, 89, pp. 2208-2214. Doi: 10.1152/jn.00915.2002

20. Zanetti O., Galluzzi S., Sheu C.-F. Clinical features of pre-mild and mild cognitive disorders with sub cortical cerebrovascular disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2011, 29, pp. 216-233.

Контактная информация:

Шевченко Оксана Ивановна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»

Адрес: 665827, Иркутская область, г. Ангарск, 12а микрорайон, д. 3, а/я 1170

E-mail: oich68@list.ru