

Читать
онлайн
Read
online

Шевченко О.И., Лахман О.Л.

Состояние церебрального энергетического обмена медицинских работников по данным нейроэнергетического картирования

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665826, Ангарск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Профессиональные стрессоры оказывают негативное влияние на физиологическое и ментальное здоровье работников общественно значимых профессий. Изучение нейрофизиологических характеристик стрессовых реакций у медицинских сестёр позволит прогнозировать риски развития дезадаптивных состояний, снижающих качество жизни и эффективность профессиональной деятельности.

Цель исследования — выявление особенностей церебрального энергетического обмена (ЦЭО) и его адаптационной реактивности у медицинских работников для повышения индивидуальной устойчивости к стрессу.

Материалы и методы. Особенности церебрального энергетического обмена изучали методом нейроэнергетического картирования (НЭК), регистрируя уровень постоянного потенциала (УПП). В исследовании участвовали 35 женщин — специалисты со средним медицинским образованием.

Результаты. У медицинских работников установлены повышенные значения УПП в 88,6% случаев. Соответственно в 8,6 и 2,8% случаев имел место пониженный и нормальный уровень ЦЭО. Повышение показателей УПП в центральном Fpz-Cz (−4,3 (−10,7–3,3) мВ) и теменном Fpz-Pz (−5,4 (−11,4–1,1) мВ) отведениях сопровождалось его снижением в лобном отведении. Более 84% обследованных имели ригидную реакцию на физический и эмоциональный стресс. Реакция восстановления ЦЭО в постгипервентиляционном периоде носила ригидный характер и отмечалась в 57% случаев, характеризую снижение нейровегетативных адаптивных реакций.

Ограничения исследования. Исследование лимитировано выборкой одной профессиональной группы (35 медицинских сестёр), отсутствием группы сравнения и клинической характеристики обследованных.

Заключение. У медицинских работников нарушение адаптации к стрессу подтверждается ригидностью показателя УПП в ответ на физический и эмоциональный стресс, а также отсутствием восстановления УПП до его фонового уровня в постгипервентиляционном периоде.

Ключевые слова: средний медицинский персонал; церебральный энергетический обмен; уровень постоянного потенциала; адаптационная реактивность; нейроэнергетическое картирование

Соблюдение этических стандартов. Обследование пациентов проходило в соответствии с этическим стандартом Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами надлежащей клинической практики» (утв. приказом Минздрава России 01.04.2016 г. № 200н). Все обследованные подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Заключение локального этического комитета, протокол № 5 от 21.03.2023 г.

Для цитирования: Шевченко О.И., Лахман О.Л. Состояние церебрального энергетического обмена медицинских работников по данным нейроэнергетического картирования. Гигиена и санитария. 2024; 103(8): 846–850. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-846-850> <https://elibrary.ru/uxqraz>

Для корреспонденции: Шевченко Оксана Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск. E-mail: oich68@list.ru

Участие авторов: Шевченко О.И. — концепция исследования, план исследования, сбор данных по НЭК, написание и структурирование статьи, формулировка выводов; Лахман О.Л. — редактирование статьи. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по фундаментальным научным исследованиям.

Поступила: 03.05.2024 / Принята к печати: 19.06.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Oxana I. Shevchenko, Oleg L. Lakhman

State of cerebral energy metabolism according to neuroenergy mapping data in medical workers

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The impact of occupational stressors leaves negative consequences on the physiological and mental health in workers in socially significant occupations. Studying the neurophysiological characteristics of stress response in nurses will make it possible to predict the risks of developing maladaptive states that reduce the quality of life and the effectiveness of professional activity.

The aim of the study is to identify the features of cerebral energy metabolism (CEM) and its adaptive reactivity in medical professionals to increase individual resistance to stress.

Materials and methods. Features of cerebral energy metabolism were studied using the method of neuroenergy mapping (NEC), recording the constant potential level (CPL). The study involved thirty five female specialists with secondary medical education.

Results. In medical workers elevated CPL values were established in 88.6% of cases. Accordingly, in 8.6% and 2.8% of cases there was a reduced and normal level of cerebral energy metabolism (CEM). An increase in SPP indices in the central Fpz-Cz (−4.3 (−10.7–3.3) mV) and parietal Fpz-Pz (−5.4 (−11.4–1.1) mV) leads was accompanied by decrease in the frontal abduction. More than 84% of those examined have a rigid response to physical and emotional stress. The response of restoration of the central nervous system in the post-hyperventilation period was of a rigid nature and was observed in 57% of cases, characterizing a decrease in neurovegetative adaptive responses.

Limitations. The study is limited by the sample of one professional group — 35 nurses, the lack of a comparison group and the lack of clinical characteristics of those examined.

Conclusion. In medical workers, impaired adaptation to stress is confirmed by the rigidity of the CPL index in response to physical and emotional stress, as well as the lack of restoration of the CPL to its background value in the post-hyperventilation period.

Keywords: nursing staff; cerebral energy metabolism; DC-potential level; adaptive reactivity; neuroenergy mapping

Compliance with ethical standards. The study was carried out with the permission of the local ethics committee, in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association “Ethical principles for conducting scientific medical research involving humans” (as amended in 2008), “Rules of Good Clinical Practice” (approved by order of the Ministry of Health of Russia 01.04. 2016 No. 200n). All those examined signed an informed consent to participate in the study and there is a conclusion from the local ethics committee (LEC) (protocol No. 5 of March 21, 2023).

For citation: Shevchenko O.I., Lakhman O.L. State of cerebral energy metabolism according to neuroenergy mapping data in medical workers. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(8): 846–850. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-846-850> <https://elibrary.ru/uxqpaz> (In Russ.)

For correspondence: Oksana I. Shevchenko, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Occupational and Ecological Pathology, VSIMEI. E-mail: oich68@list.ru

Contribution: Shevchenko O.I. – formed the concept and design of the study, developed a study plan, formed a common base, collected and analyzed data on NEC, wrote and designed an article, formulated conclusions; Lakhman O.L. – took part in the formation of the concept of the study, took part in editing the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 3, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Revised: June 6, 2024 / Published: September 10, 2024

Введение

На современном этапе система здравоохранения в России претерпевает радикальные изменения. На конгрессе «Национальное здравоохранение 2023» глава Минздрава Мурашко М.А. заявил, что смена парадигмы системы здравоохранения обусловлена необходимостью, диктуемой временем [1]. Закономерно, что при «оптимизации» амбулаторных медицинских учреждений происходит трансформация роли и функций среднего медицинского персонала (СМП), в структуре профессионально обусловленной патологии которого первое место стабильно занимают болезни, зависящие от воздействия физических факторов производственных процессов, при общем снижении профессиональной заболеваемости [2]. Также отмечено существенное увеличение профессиональной нагрузки на медицинских сестёр, что, согласно данным Росстата, может быть связано со снижением численности СМП за пять лет почти на 7% [3]. Кроме того, при ужесточении требований к компетентности работников поликлиник в последние пять лет сестринскому персоналу часто приходится трудиться в стрессогенных условиях, негативно влияющих на выполнение профессиональных обязанностей. К таким условиям относятся потенциальный риск инфицирования в условиях пандемии COVID-19, освоение и применение современных цифровых технологий, увеличение ответственности за результат работы, неадекватная оплата труда, особенности взаимоотношений в трудовом коллективе [4–6]. В работах [5–8] показано, что повышенный уровень нервно-эмоционального напряжения у СМП способствует эмоциональному истощению («выгоранию»), развитию расстройств адаптации с тревожными, депрессивными и астеническими проявлениями, формированию патологических доминант в центральной нервной системе, снижающих резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов.

Неврогические и психоэмоциональные нарушения обуславливают расстройство психофизиологической адаптации, сопровождающееся стрессоподобными изменениями церебрального энергетического обмена (ЦЭО) [9–11]. Изучению ЦЭО с помощью оценки динамики постоянного потенциала (УПП) посвящены многие работы [12–19], однако профессиональная группа медицинских работников такими исследованиями практически не охвачена. Воздействие неблагоприятных профессиональных факторов способно вызывать изменения в физическом и ментальном здоровье СМП, создавая риски развития дезадаптивных состояний, профессиональных болезней, снижения качества и эффективности трудовой деятельности.

Цель исследования – выявление особенностей церебрального энергетического обмена и его адаптационной реактивности у медицинских сестёр для повышения индивидуальной устойчивости к стрессу.

Материалы и методы

В исследовании участвовали 35 женщин со средним медицинским образованием, работающие в амбулаторно-поликлинических учреждениях. Средний возраст обследованных 44,6 ± 1,8 года, средний стаж работы в профессии – 23,1 ± 1,7 года. Критериями включения в исследование были женский пол, возраст от 30 до 60 лет, медицинский стаж не менее трёх лет, наличие письменного информированного согласия на обследование. Критериями исключения были патологии, способные повлиять на результаты исследования ЦЭО (субфебрильное состояние; наличие в анамнезе болезней и травм головного мозга, приводящих к изменению показателей УПП; побочное действие лекарственных препаратов; наличие хронических болезней сердечно-сосудистой системы, приводящих к гемодинамически значимым изменениям реактивности церебральных сосудов). Условия труда СМП по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) соответствовали допустимому 2-му классу вредности и опасности, тяжести и напряжённости трудового процесса, за исключением оценки условий труда по биологическому фактору (класс 3.2).

Состояние ЦЭО, активность вегетативной нервной системы (ВНС) оценивали с помощью метода нейроэнергетического картирования (НЭК) – регистрации УПП, генерируемого мембранно-диффузионными потенциалами нейронов и клеток нейроглии. Полученные значения УПП сравнивали с эталонными значениями, которые рассчитывались программой НЭК с учётом возраста, пола, ведущего полушария обследуемого. Для снижения электрической активности кожи регистрацию УПП проводили под контролем кожного сопротивления под электродами [20]. Использовали стандартное наложение поверхностных неполяризуемых хлорсеребряных электродов по схеме 10 × 20 в следующих двенадцати отведениях: Fz – лобном центральном, Fd – лобном правом, Fs – лобном левом, Cz – центральном, Cd – центральном правом, Cs – центральном левом, Pz – центральном теменном, Pd – теменном правом, Ps – теменном левом, Oz – затылочном, Td – правом височном, Ts – левом височном. Рассчитывали уровень интенсивности энергетического обмена при усреднении УПП по всем отделам головного мозга (УПП Хср., ГМ) [21]. Качество нейрофизиологической адаптации, обеспечиваемое ВНС, по вариантам адаптивных реакций ЦЭО при проведении функциональных афферентных проб (ФАП): гипервентиляции (модель физического стресса) и теста быстрых словесных ответов (ТБСО, модель эмоционально-когнитивного стресса). По степени восстановления УПП до его фонового уровня в постгипервентиляционном периоде (ПГВП) определяли адекватность функционирования ВНС в поддержании гомеостаза [22].

Статистическую обработку проводили в программном продукте Statistica 6.0 (Stat Soft Inc., США). Статистическую



Варианты адаптивных реакций, полученные с помощью гипервентиляционной пробы (ГВ) и теста быстрых словесных ответов (ТБСО) по величине отклонений УПП от фонового значения (на 100 обследованных).

* – различия статистически значимы между вариантами реакций, $p < 0,05$; # – различия статистически значимы между вариантами реакций в зависимости от вида стрессора, $p < 0,05$.

Variants of adaptive reactions obtained using the hyperventilation test (HV) and the rapid verbal response test (RVRT) based on the magnitude of deviations of the DC-potential level from the background value (per 100 examined).

* – differences are statistically significant between response options, $p < 0,05$; # – the differences are statistically significant between the response options depending on the type of stressor, $p < 0,05$.

значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Обследование пациентов проходило в соответствии с этическим стандартом Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами надлежащей клинической практики» (утв. приказом Минздрава России 01.04.2016 г. № 200н). Все обследованные подписали информированное согласие на участие в исследовании. Имеется заключение локального этического комитета (ЛЭК) (протокол № 5 от 21.03.2023 г.).

Результаты

При анализе распределения в зависимости от интенсивности ЦЭО у 88,6% обследованных были отмечены повышенные значения УПП Хср., у 8,6% – нормальные, у 2,8% – пониженные. Диагностировано превышение эталонных значений показателей монополярно зарегистрированных УПП по 12 отведениям (≥ 15 мВ, УПП: Fd: 15,4 (10,7–23,3) мВ; Fpz: 19,8 (15,7–25,3) мВ; Fs: 18,3 (10,3–23,0) мВ; Cd: 23,4 (20,0–30,0) мВ; Cz: 24,9 (17,9–32,4) мВ; Cs: 24,8 (15,7–29,5) мВ; Pd: 24,7 (15,5–31,5) мВ; Pz: 25,9 (20,2–32,1) мВ; Ps: 20,6 (15,2–26,3) мВ; Oz: 22,1 (15,2–27,0) мВ. Интегральная оценка ЦЭО при УПП Хср., соответствующем 22,1 (16,0–27,9) мВ, позволила предположить умеренно выраженное усиление нейрометаболизма, гиперметаболизм анаэробного гликолиза [12, 21].

Различия нейроэнергетической активности в различных отделах ГМ определяли с помощью вычисления биполярных потенциалов УПП (градиентов) для каждого обследованного: Fpz-Cz, Fpz-Oz, Fpz-Td, Fpz-Ts, Cz-Oz, Cz-Td, Cz-Ts, Oz-Td, Oz-Ts. Наибольшее отклонение от эталонных значений имели градиенты: Fpz-Cz (–4,3 (–10,7–3,34) мВ) и Fpz-Pz (–5,4 (–11,4–1,1) мВ), что указывало на снижение

функциональной активности лобной доли ГМ за счёт компенсаторного усиления ЦЭО в центральном и теменном отделах ГМ.

По результатам ФАП у большинства обследованных были диагностированы неадекватные реакции на афферентные нагрузки, что свидетельствовало о нарушении нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе адаптации к стрессу. Для медицинских сестёр характерна ригидная реакция на физический (в 94,3% случаев) и эмоциональный стресс (в 74,3% случаев). При сопоставлении адаптационной реактивности нейроэнергетического обмена в зависимости от вида стрессора наблюдались статистически значимые различия ($p < 0,05$): лиц с ригидным ответом на ГВ было в среднем в 1,3 раза больше, чем при выполнении ТБСО (см. рисунок).

По степени восстановления УПП до фонового уровня в ПГВП судили об адаптационных возможностях при поддержании гомеостаза. У большинства медицинских сестёр в структуре адаптивных ответов было отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) преобладание ригидного варианта реакции (в 57,1% случаев), проявлявшегося жёстким сохранением гомеостаза, характерного для нарушений астенического характера. Полное и частичное восстановление УПП (адекватная реакция) имело место в 14,3% случаев, выраженное повышение УПП (извращённая реакция) – в 8,6% случаев, снижение УПП (чрезмерная реакция) – в 20% случаев.

Обсуждение

При исследовании методом НЭК у большинства медицинских сестёр установлено умеренно выраженное усиление энергообмена ГМ. Показатели УПП лобно-центрального и лобно-теменного градиентов указывали на компенсаторное доминирование ЦЭО в центральном и теменном отделах ГМ при снижении функциональной активности лобной доли. Подобное нарастание нейроэнергетических затрат в центрально-теменных отделах, по данным литературы, характерно для изменений ЦЭО при стрессах различной природы [9]. Выявленная тенденция может быть опосредованно связана с усилением активности анаэробного катаболизма глюкозы, интенсивностью его реакций в диэнцефальных отделах ГМ, потенцирующих развитие нейродинамических нарушений когнитивных функций [9, 22, 23].

Оценка адаптации к стрессу с помощью ФАП показала, что у более 84% обследованных наблюдалось нарушение адаптивной реактивности ЦЭО в виде неадекватной ригидной реакции на гипоксическую нагрузку и эмоциональный когнитивный стресс (отсутствие изменений УПП). Отсутствие восстановления УПП (более 57% случаев) и его снижение ниже фонового уровня (20% случаев) в трёхминутном ПГВП указывали на нарушение адаптации при поддержании жизнедеятельности и внутреннего гомеостаза. Исследованиями Соколовой Л.П. и соавт. и Фрай А.В. и соавт. установлено, что ригидные и чрезмерные реакции восстановления ЦЭО в ПГВП характерны в основном для пациентов с возрастной когнитивной дисфункцией и синдромом периферической вегетативной недостаточности [15, 22]. Таким образом, результаты анализа изменения УПП до и после ФАП позволяют предположить, что нарушение адаптации ВНС при стрессе у медицинских работников будет играть ключевую роль в формировании когнитивной дисфункции и возможных профессионально обусловленных болезней.

Ограничения исследования. Работа имеет ряд ограничений: обследование лиц одной профессиональной группы, краткая характеристика условий труда, отсутствие клинической характеристики обследованных.

Заключение

При обследовании медицинских сестёр установлены негативные изменения ЦЭО в 91,4% случаев (повышенные и пониженные значения УПП Хср. в 88,6 и 2,8% случаев

соответственно), усиление церебральных энергозатрат, сопровождающееся умеренно выраженным повышением УПП в центральном и теменном отделах мозга; ригидная реакция на физический и эмоциональный стресс, характеризующая нарушение вегетативной регуляции, функциональное напряжение ГМ; преобладание негативных реакций ЦЭО на физический стресс по сравнению с эмоциональным; ригидный ответ восстановления ЦЭО в ПГВП, указывающий

на снижение резервных возможностей мозга, плохую адаптацию к физическому стрессу.

Результаты работы обосновали целесообразность дальнейших исследований состояния нейрофункциональной активности ГМ, изучения центральных механизмов возникновения и развития стресс-индуцированной патологии у медицинских работников, зависящей от индивидуальной устойчивости к стрессу.

Литература

(п.п. 5, 8, 16, 18, 20 см. References)

1. Мурашко М.А. *Актовая лекция «Развитие здравоохранения в РФ: было, стало, будет»*. II Национальный конгресс с международным участием «Национальное здравоохранение 2023»; 2023. Доступно: <https://nzdprav.ru/programma/business-programme/1185/>
2. Камынина Н.Н., Александрова О.А., Ненахова Ю.С. Совершенствование нормирования и организации труда медицинских работников как условие эффективного внедрения новой модели медицинской сестры. В кн.: *Доходы, расходы и сбережения населения России: тенденции и перспективы. Материалы VII Международной научно-практической конференции*. М.; 2022: 73–80. <https://doi.org/10.19181/conf.978-5-89697-387-4.2022.14> <https://elibrary.ru/sxzyzl>
3. Лапик С.В. Профессиональное здоровье медицинских сестер. *Академический журнал Западной Сибири*. 2023; 19(4): 35–48. [https://doi.org/10.32878/sibir.23-19-04\(101\)-35-48](https://doi.org/10.32878/sibir.23-19-04(101)-35-48) <https://elibrary.ru/uicecj>
4. Федотова И.В., Васильева Т.Н., Блинова Т.В., Умнягина И.А., Ляпина Ю.В., Некрасова М.М. и др. Оценка показателей нервно-эмоционального напряжения персонала медицинских центров в зависимости от особенностей их профессиональной деятельности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(10): 650–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-10-650-657> <https://elibrary.ru/ftokm>
5. Панков В.А., Лакман О.Л., Кулешова М.В., Руквишников В.С. Эмоциональное выгорание у медицинских работников в условиях работы в экстремальных ситуациях. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(10): 1034–41. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041> <https://elibrary.ru/wfzmlu>
6. Кулешова М.В., Панков В.А. Психосоциальное состояние среднего медицинского персонала при формировании синдрома эмоционального выгорания. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(8): 830–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-830-835> <https://elibrary.ru/jobdrg>
7. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. *Энергетическая физиология мозга*. М.: Антдор; 2003. <https://elibrary.ru/wfydnh>
8. Соколова Л.П., Федин А.И., Черныяев С.А., Борисова Ю.В. Вегетативные расстройства при COVID-19: применение психотропной терапии с целью предупреждения постковидных психосоматических осложнений. *Лечебное дело*. 2021; (3): 107–12. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2021-12365> <https://elibrary.ru/nahuwa>
9. Зверева З.Ф., Торубаров Ф.С., Ванчакова Н.П., Денисова Е.А. Церебральный энергообмен у работников ядерно-опасных предприятий и производств с низким уровнем психофизиологической адаптации. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2022; 24(2): 50–5. <https://doi.org/10.47183/mes.2022.012>
10. Грибанов А.В., Аникина Н.Ю., Гудков А.Б. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации. *Экология человека*. 2018; (8): 32–40. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-8-32-40> <https://elibrary.ru/uvxwbc>
11. Котцова О.Н., Аникина Н.Ю., Грибанов А.В., Кожевникова И.С. Половые различия межполушарной асимметрии нейроэнергетического обмена у молодых людей, проживающих в Арктической зоне РФ. *Журнал медико-биологических исследований*. 2021; 9(3): 275–84. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z065> <https://elibrary.ru/yelxyc>
12. Шевченко О.И., Лакман О.Л. Состояние энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов. *Экология человека*. 2020; (2): 18–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-2-18-23>
13. Фрай А.В., Воронцова В.С., Пичугина И.М. Использование нейроэнергетического картирования для построения персонализированного подхода к когнитивной реабилитации пациентов с сосудистыми поражениями головного мозга. *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2020; 23(1): 5–8. <https://doi.org/10.17816/MSER34232>
14. Шмырев В.И., Соколова Л.П., Князева И.В., Аветисова К.Н., Евтушенко П.П., Обманов В.В. Адаптационная реактивность метаболизма мозга как универсальный патогенетический фактор развития болезни и реабилитационных возможностей организма. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2013; (3): 53–6. <https://elibrary.ru/rwgwof>
15. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Медведев Р.Б., Танамян М.М., Шабалина А.А. Влияние газотранспортной системы мозгового кровотока на медленную электрическую активность головного мозга у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017; 11(4): 29–35. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2017.4.3>
16. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Способ оценки энергетического состояния головного мозга. Патент РФ 2 135 077 С1; 2019.
17. Соколова Л.П., Князева И.В., Евтушенко П.П., Аветисова К.Н. Особенности адаптации метаболизма мозга и формирование заболеваемости нервной системы. *Евразийский союз ученых*. 2016; (29–1): 65–8. <https://elibrary.ru/xcljyf>
18. Штульман Д.Р., Левин О.С. *Неврология. Справочник практического врача*. М.: Медпресс-информ; 2007.

References

1. Murashko M.A. *Assembly Lecture «Healthcare Development in the Russian Federation: It Was, It Was, It Will Be»*. II National Congress with international participation “National Health 2023”; 2023. Available at: <https://nzdprav.ru/programma/business-programme/1185/> (in Russian)
2. Kamynina N.N., Aleksandrova O.A., Nenakhova Yu.S. Improving the standardization and organization of work of medical workers as a condition for the effective implementation of a new nursing model. In: *Income, Expenses and Savings of the Russian Population: Trends and Prospects. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference [Dokhody, raskhody i sberezeniya naseleniya Rossii: tendentsii i perspektivy. Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Moscow; 2022: 73–80. <https://doi.org/10.19181/conf.978-5-89697-387-4.2022.14> <https://elibrary.ru/sxzyzl> (in Russian)
3. Lapik S.V. Professional health of nurses. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri*. 2023; 19(4): 35–48. [https://doi.org/10.32878/sibir.23-19-04\(101\)-35-48](https://doi.org/10.32878/sibir.23-19-04(101)-35-48) <https://elibrary.ru/uicecj> (in Russian)
4. Fedotova I.V., Vasileva T.N., Blinova T.V., Umnyagina I.A., Lyapina Yu.V., Nekrasova M.M., et al. Assessment of indicators of nervous and emotional stress in medical center personnel depending on the characteristics of their professional activity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(10): 650–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-10-650-657> <https://elibrary.ru/ftokm> (in Russian)
5. Dulko D., Kohal B.J. How do we reduce burnout in nursing? *Nurs. Clin. North Am*. 2022; 57(1): 101–14. <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2021.11.007>
6. Pankov V.A., Lakhman O.L., Kuleshova M.V., Rukavishnikov V.S. Emotional burnout in medical workers during the work in extreme conditions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(10): 1034–41. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041> <https://elibrary.ru/wfzmlu> (in Russian)
7. Kuleshova M.V., Pankov V.A. Psychoemotional state during the formation of emotional burnout syndrome in middle-grade medical staff. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(8): 830–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-830-835> <https://elibrary.ru/jobdrg> (in Russian)
8. Hall V.P., White K.M., Morrison J. The influence of leadership style and nurse empowerment on burnout. *Nurs. Clin. North Am*. 2022; 57(1): 131–41. <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2021.11.009>
9. Fokin V.F., Ponomareva N.V. *Energy Physiology of the Brain [Energeticheskaya fiziologiya mozga]*. Moscow: Antidor; 2003. <https://elibrary.ru/wfydnh> (in Russian)
10. Sokolova L.P., Fedin A.I., Chernyayev S.A., Borisova Yu.V. Autonomic disorders in COVID-19: using psychotropic therapy for prevention of post-COVID psychosomatic complications. *Lechebnoe delo*. 2021; (3): 107–12. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2021-12365> <https://elibrary.ru/nahuwa> (in Russian)
11. Zvereva Z.F., Torubarov F.S., Vanchakova N.P., Denisova E.A. Cerebral energy exchange in workers of nuclear-hazardous enterprises and industries with a low level of psychophysiological adaptation. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2022; 24(2): 50–5. <https://doi.org/10.47183/mes.2022.012> (in Russian)
12. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. Cerebral energy exchange as a marker of adaptive human reactions in natural climatic conditions of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka*. 2018; (8): 32–40. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-8-32-40> <https://elibrary.ru/uvxwbc> (in Russian)
13. Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Griбанov A.V., Kozhevnikova I.S. Sex-related differences in the interhemispheric asymmetry of cerebral energy metabolism in young people living in the arctic zone of the Russian Federation. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2021; 9(3): 275–84. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z065> <https://elibrary.ru/yelxyc> (in Russian)

14. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. The state of brain energy metabolism in patients with occupational diseases caused by exposure to physical factors. *Ekologiya cheloveka*. 2020; (2): 18–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-2-18-23> (in Russian)
15. Frai A.V., Vorontsova V.S., Pichugina I.M. Using neuroenergy mapping to build a personalized approach to cognitive rehabilitation of patients with vascular lesions of the brain. *Mediko-sotsial'naya ekspertiza i reabilitatsiya*. 2020; 23(1): 5–8. <https://doi.org/10.17816/MSER34232> (in Russian)
16. Bastany Z.J.R., Askari S., Dumont G.A., Kellinghaus C., Askari B., Gharagozi K., et al. Concurrent recordings of slow DC-potentials and epileptiform discharges: Novel EEG amplifier and signal processing techniques. *J. Neurosci. Methods*. 2023; 393: 109894. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2023.109894>
17. Shmyrev V.I., Sokolova L.P., Knyazeva I.V., Avetisova K.N., Evtushenko P.P., Obmanov V.V. The metabolic adaptive reactivity of the brain as a universal pathogenetic factor of the disease progressing and the organism's rehabilitative possibilities. *Klinicheskii vestnik*. 2013; (3): 53–6. <https://elibrary.ru/rwugof> (in Russian)
18. Kovac S., Speckmann E.J., Gorji A. Uncensored EEG: The role of DC potentials in neurobiology of the brain. *Prog. Neurobiol.* 2018; 165-167: 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2018.02.001>
19. Fokin V.F., Ponomareva N.V., Medvedev R.B., Tanashyan M.M., Shabalina A.A. The influence of the gas transport system of cerebral blood flow on the slow electrical activity of the brain in patients with dyscirculatory encephalopathy. *Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi neurologii*. 2017; 11(4): 29–35. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2017.4.3> (in Russian)
20. Vanhatalo S., Tallgren P., Becker C., Holmes M.D., Miller J.W., Kaila K., et al. Scalp-recorded slow EEG responses generated in response to hemodynamic changes in the human brain. *Clin. Neurophysiol.* 2003; 114(9): 1744–54. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(03)00163-9)
21. Fokin V.F., Ponomareva N.V. A method for assessing the energy state of the brain. Patent RF 2 135 077 C1; 2019. (in Russian)
22. Sokolova L.P., Knyazeva I.V., Evtushenko P.P., Avetisova K.N. Features of adaptation of brain metabolism and the formation of diseases of the nervous system. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*. 2016; (29–1): 65–8. <https://elibrary.ru/xclyjf> (in Russian)
23. Shtulman D.R., Levin O.S. *Neurology. Handbook of a Practicing Physician [Nevrologiya. Spravochnik prakticheskogo vracha]*. Moscow: Medpress-inform; 2007. (in Russian)

Сведения об авторах

Шевченко Оксана Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: oich68@list.ru

Лакман Олег Леонидович, профессор, доктор мед. наук, профессор РАН, директор ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия; зав. каф. профпатологии и гигиены ИГМАПО – филиала ФГБОУ ДПО «РМАНПО», 664049, Иркутск, Россия. E-mail: lakhman_o_1@mail.ru

Information about the authors

Oxana I. Shevchenko, MD, PhD, Senior Researcher of the Laboratory of the occupational and ecologically caused pathology, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4842-6791> E-mail: oich68@list.ru

Oleg L. Lakhman, MD, PhD, DSci., professor, Professor of RAS, Director of East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation; Head, Department of Occupational Pathology and Hygiene, Irkutsk, 664049, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013> E-mail: lakhman_o_1@mail.ru