

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ OCCUPATIONAL DISEASES

DOI: 10.29413/ABS.2021-6.1.14

### Взаимосвязь между нейропсихологическими показателями и уровнем постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов

Шевченко О.И., Лахман О.Л.

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, г. Ангарск, 12А микрорайон, 3, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Шевченко Оксана Ивановна, e-mail: oich68@list.ru

#### Резюме

**Цель исследования:** выявить особенности нарушений нейропсихологических показателей в зависимости от изменения уровня постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов.

**Материалы и методы.** Обследовано 60 пациентов с вибрационной болезнью, обусловленной воздействием локальной вибрации (I группа), 106 пациентов с вибрационной болезнью, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (II группа), 101 пилот гражданской авиации с установленным диагнозом профессиональной нейросенсорной тугоухости (III группа), и 50 здоровых мужчин (IV, группа сравнения), которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию вибрации и шума. Применяли методы нейроэнергокартирования, нейропсихологического тестирования.

**Результаты.** В I-II группах по сравнению с IV группой выявлено увеличение локальных уровней постоянного потенциала в центральном, правом височном, центральном лобном отделах головного мозга (2,3 (6,5-3,8); -0,3 (-2,1-2,1); 2,1 (-3,4-6,8) и -0,3 (-3,1-4,3); -2,24 (-6,4-3,8); 0,9 (-3,1-8,5) мВ при  $p = 0,005, 0,007$  и  $0,004$  соответственно). Различия значений градиентов уровней постоянного потенциала у лиц III группы при сопоставлении с IV группой достигали уровня значимости в центральном, височных, затылочном отделах относительно центрального лобного (-5,0 (-13,1-3,8); -4,1 (-9,4-5,1); -2,1 (-10,9-6,6); -6,3 (-15,3-1,8) и 2,9 (-3,0-10,6); 2,2 (-4,5-13,8); 5,6 (-7,6-14,1); -1,4 (-7,5-3,9) мВ при  $p = 0,008; 0,009; 0,009$  и  $0,007$  соответственно). Когнитивные нарушения у пациентов I-III групп при сопоставлении с IV группой соответствуют легко выраженному расстройству динамического, конструктивного праксиса и экспрессивной речи (1,40 (0-1,6); 1,43 (0-1,7); 1,2 (0-1,5) и 0,3 (0-1); 0,2 (0-1); 0,06 (0-1), баллов при  $p = 0,008, 0,008$  и  $0,009$  соответственно).

**Заключение.** Общим нейрофункциональным признаком легко выраженного нарушения деятельности когнитивной сферы при профессиональных заболеваниях, обусловленных воздействием физических факторов, является повышение уровней постоянного потенциала в лобно-центральных и теменно-затылочных отделах преимущественно левого полушария головного мозга.

**Ключевые слова:** вибрационная болезнь, профессиональная нейросенсорная тугоухость, энергетический обмен головного мозга, уровень постоянного потенциала, нейропсихологическое тестирование, когнитивные нарушения

**Для цитирования:** Шевченко О.И., Лахман О.Л. Взаимосвязь между нейропсихологическими показателями и уровнем постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(1): 94-100. doi: 10.29413/ABS.2021-6.1.14.

### The Relationship between Neuropsychological Performance and Level of Direct Current Potential in Patients with Occupational Diseases from Exposure to Physical Factors

Shevchenko O.I., Lakhman O.L.

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (12A Microdistrict 3, Angarsk 665827, Russian Federation)

Corresponding author: Oksana I. Shevchenko, e-mail: oich68@list.ru

#### Abstract

**The aim of the study** was to identify the peculiarities of neuropsychological indices disorders depending on changes in the level of constant potential in patients with occupational diseases as a result of physical factors.

**Materials and methods.** The study involved 60 patients with vibration disease caused by local vibration (group I), 106 patients with vibration disease caused by combined exposure to local and general vibration (group II), 101 civil aviation pilots with an established diagnosis of professional sensorineural hearing loss (group III), and 50 healthy men

(group IV, comparison group) who were not exposed to vibration and noise due to the specifics of their professional activities. Methods of neuro-energy mapping and neuropsychological testing were used.

**Results.** In groups I–II, compared with group IV, an increase in local levels of constant potential (DC-potential level) in the central, right temporal, and central frontal parts of the brain (2.3 (6.5–3.8) mV; -0.3 (-2.1–2.1); 2.1 (-3.4–6.8) and -0.3 (-3.1–4.3); -2.24 (-6.4–3.8); 0.9 (-3.1–8.5) mV at  $p = 0.005, 0.007$  and  $0.004$  respectively). Differences in the values of DC-potential level gradients in individuals of group III when compared with group IV reached the level of significance in the central, temporal, occipital leads relative to the central frontal (-5.0 (-13.1–3.8); -4.1 (-9.4–5.1); -2.1 (-10.9–6.6); -6.3 (-15.3–1.8) and 2.9 (-3.0–10.6); 2.2 (-4.5–13.8); 5.6 (-7.6–14.1); -1.4 (-7.5–3.9) mV at  $p = 0.008; 0.009; 0.009$ , and  $0.007$  respectively). Cognitive disorders in patients of groups I–III when compared with group IV correspond to a mild disorder of dynamic, constructive praxis and expressive speech (1.40 (0–1.6); 1.43 (0–1.7); 1.2 (0–1.5) and 0.3 (0–1); 0.2 (0–1); 0.06 (0–1) points at  $p = 0.008, 0.008$  and  $0.009$  respectively).

**Conclusions.** A common neurofunctional sign of a mild impairment of the cognitive sphere in occupational diseases caused by physical factors is an increase in direct current potential level in the frontal-central and parieto-occipital regions, predominantly of the left hemisphere of the brain.

**Key words:** vibration disease and occupational sensorineural hearing loss, the energy metabolism of the brain, DC-potential level, neuropsychological testing, cognitive impairment

**For citation:** Shevchenko O.I., Lakhman O.L. The Relationship between Neuropsychological Performance and Level of Direct Current Potential in Patients with Occupational Diseases from Exposure to Physical Factors. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(1): 94–100. doi: 10.29413/ABS.2021-6.1.14.

## ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие всё большее внимание специалистов в области медицины труда и профессиональной патологии уделяется вопросам изучения когнитивной дисфункции, возникшей вследствие формирования и развития профессиональной патологии, в том числе, от воздействия вибрации и шума [1, 2, 3, 4, 5]. Это связано с тем, что когнитивные нарушения являются одними из наиболее часто встречаемых психоневрологических синдромов, влияющих на уровень социальной и бытовой адаптации в повседневной жизни, на безопасность и эффективность профессиональной деятельности работоспособного населения, на качество жизни в целом [4, 6, 7, 8].

Согласно основным положениям концепции генерализации сосудистых нарушений при профессиональных заболеваниях от воздействия физических факторов, приводящих к развитию хронической недостаточности мозгового кровообращения [1, 3, 9, 10, 11, 12, 13], теории сенсорного конфликта [14, 15], концепции нейропластичности [16, 17, 18, 19] и теории общей когнитивно-энергетической модели [20, 21, 22], очевидна актуальность изучения особенностей функционирования высшей нервной деятельности, обеспечивающей формирование, контроль и регуляцию адекватного человеческого поведения.

Несмотря на имеющиеся в литературе сведения о состоянии функциональной активности головного мозга [23, 24, 25] и наличии когнитивной дисфункции [4, 6, 26, 27] в результате профессионального воздействия физических факторов, отсутствуют данные об особенностях энергетического обмена головного мозга (ЭОГМ) работающих, подвергавшихся воздействию вибрации и авиационного шума в сочетании с показателями, характеризующими состояние когнитивной сферы. Недостаточная изученность закономерностей дисфункции церебральной организации высших психических функций у пациентов с профессиональными заболеваниями определяет необходимость изучения взаимосвязей показателей, характеризующих функциональную активность головного мозга и нейропсихологический статус. Кроме того, своевременное выявление снижения энергетических ресурсов головного мозга [28, 29] несомненно расширяет потенциальные возможности терапевтического

воздействия, которое способно сохранить нейропластичность, отсрочить или даже предотвратить наступление социальной дезадаптации [30, 31, 32, 33].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить особенности нарушений нейропсихологических показателей в зависимости от изменения уровня постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В клинических условиях обследовано 60 пациентов (мужчин) с вибрационной болезнью (ВБ), связанной с воздействием локальной вибрации (средний возраст –  $47,34 \pm 0,88$  года); 106 пациентов (мужчин) с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (средний возраст –  $52,21 \pm 0,48$  года); 101 пилот гражданской авиации (мужчины) с установленным диагнозом профессиональной нейросенсорной тугоухости (ПНСТ) (средний возраст –  $52,5 \pm 0,40$  года). Критерием включения в I–III группы было наличие установленного во время работы в контакте с вредными производственными факторами диагноза ВБ и ПНСТ, отсутствие экспозиции к вибрации и шуму на момент исследования, без коморбидной патологии, которая могла бы повлиять на состояние функциональной активности головного мозга (черепно-мозговые травмы, сахарный диабет, артериальная гипертензия и т. д.). Диагноз ВБ и ПНСТ был установлен на основании классификационных критериев болезней и состояний МКБ 10-го пересмотра. Все обследования выполнены при поступлении в клинику, до проведения лечения. Группа сравнения представлена 50 здоровыми мужчинами в возрасте  $48,06 \pm 0,69$  года, которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию вибрации и шума и не имели на момент исследования острых и хронических (в стадии обострения) заболеваний (IV группа).

Для выявления особенностей ЭОГМ проводили нейроэнергокартирование (НЭК) с определением уровня постоянного потенциала (УПП) по 12 стандартным отведениям: Fz – лобному центральному, Fd – лобному правому, Fs – лобному левому, Cz – центральному, Cd – центральному правому, Cs – центральному левому, Pz – центральному теменному, Pd – теменному правому,

Ps – теменному левому, Oz – затылочному, Td – правому височному, Ts – левому височному. Рассчитывали уровень интенсивности энергетического обмена по всем отделам (Хср.). С помощью градиента Td–Ts определяли межполушарную асимметрию энергетического метаболизма. Проекция областей регистрации УПП соответствовала основным сосудистым системам: передним и средним мозговым и вертебрально-базиллярному бассейнам. Использовали аппаратно-программный комплекс для топографического картирования электрической активности «Нейро-КМ» (Москва) [33, 34].

Состояние высших психических функций оценивали с помощью блока нейропсихологических методик из схемы А.Р. Лурия, детально изложенных ранее [35, 36].

При статистической обработке данных, осуществлённой посредством пакета прикладных программ Statistica 6, исключали показатели УПП лиц с выраженной симптоматикой, свидетельствующей о наличии соматической, инфекционной патологии, черепно-мозговых травм, других возможных факторов риска развития мозговой дисфункции. Проверку нормальности распределения количественных показателей выполняли с использованием критерия Шапиро – Уилка. Межгрупповое сравнение количественных показателей осуществляли с использованием непараметрического метода U-критерия Манна – Уитни. Для четырёх групп использовали поправку Бонферрони – статистически значимыми различия считали при  $p < 0,01$ . Результаты исследований представлены в виде медианы и интерквартильного размаха  $Me (Q_{25}–Q_{75})$ . Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Корреляционный анализ проводили методом ранговой корреляции Спирмена.

Работа соответствует этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании, одобренное в установленном порядке локальным этическим комитетом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Субъективные характеристики познавательных функций у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов были представлены жалобами на ухудшение памяти, рассеянность внимания, утомляемость, снижение работоспособности, возникшими без видимых причин, по сравнению с прошлым.

Поскольку в результате анализа изменений показателей УПП в зависимости от вида воздействия вибрации статистически значимых отличий не выявлено, I и II группы были объединены в одну. При проведении НЭК-исследования нарушение ЭОГМ выявлено в 72,9 % случаев, из них в 69,3 % случаев отмечен повышенный УПП, что косвенно свидетельствовало о преимущественных явлениях ацидоза [37]. Изучение локальных изменений ЭОГМ и межполушарной асимметрии с помощью НЭК показало, что для пациентов с ВБ по сравнению с IV груп-

пой характерно увеличение локальных УПП в центральном (Cz#), правом височном (Td#), центральном лобном (Fpz#) отделах головного мозга (2,3 (6,5–3,8) мВ; –0,3 (–2,1–2,1) мВ; 2,1 (–3,4–6,8) мВ и –0,3 (–3,1–4,3) мВ; –2,24 (–6,4–3,8) мВ; 0,9 (–3,1–8,5) мВ при  $p = 0,005, 0,007$  и  $0,004$  соответственно).

У пациентов III группы повышенные значения среднего УПП зарегистрированы в 59,4 % случаев, в группе сравнения подобные явления определены в 19 % случаев. У пилотов с установленным диагнозом ПНСТ при сравнении с IV группой более показательными для характеристики ЭОГМ являлись биполярные потенциалы (градиенты): Fpz–Cz, Fpz–Td, Fpz–Ts, Fpz–Oz. Различия значений градиентов УПП у лиц III группы при сопоставлении с группой сравнения достигали уровня значимости в центральном (Cz), височных (Td, Ts) и затылочном (Oz) корковых отделах головного мозга относительно лобного (Fz) (–5,0 (–13,1–3,8) мВ; –4,1 (–9,4–5,1) мВ; –2,1 (–10,9–6,6) мВ; –6,3 (–15,3–1,8) мВ и 2,9 (–3,0–10,6) мВ; 2,2 (–4,5–13,8) мВ; 5,6 (–7,6–14,1) мВ; –1,4 (–7,5–3,9) мВ при  $p = 0,008, 0,009, 0,009, 0,007$  соответственно). Диагностированное увеличение УПП у пациентов с ВБ и ПНСТ в данных отведениях указывает на нарушение реактивности коры головного мозга, и опосредованно может свидетельствовать о развитии стресса, скрытой гипоксии или латентной нейродегенерации соответствующих отделов, что не может не сопровождаться ухудшением когнитивных функций [38].

Итог нейропсихологического исследования пациентов I–III групп при сопоставлении с IV группой соответствует легко выраженным нарушениям динамического, конструктивного праксиса и экспрессивной речи (1,40 (0–1,6) балла; 1,43 (0–1,7) балла; 1,2 (0–1,5) балла и 0,3 (0–1) балла; 0,2 (0–1) балла; 0,06 (0–1) балла при  $p = 0,008, 0,008$  и  $0,009$  соответственно). Результаты по тесту FAB подтверждают факт существования проблем в когнитивной сфере у пациентов с ВБ, независимо от вида воздействия вибрации, а также у пациентов с ПНСТ при сравнении с IV группой и указывают на снижение функциональной активности лобных долей и подкорковых структур (1,40 (0–1,6) балла; 1,43 (0–1,7) балла и 0,3 (0–1) балла; 0,2 (0–1) балла при  $p = 0,009$  и  $0,006$  соответственно).

Проведённый корреляционный анализ выявил взаимосвязь нейропсихологических показателей и УПП, как показателем ЭОГМ, у обследованных пациентов. В группе пациентов с ВБ наибольшее число прямых корреляционных связей выявлено между показателем экспрессивной речи и средним УПП, а также УПП центрального лобного (Fpz), левого теменного (Ps), затылочного (Oz) отведений ( $r_s = 0,24, 0,36, 0,24$  и  $0,22$  соответственно). Кроме того, прямые корреляционные связи отмечены между показателями, характеризующими: предметный гнозис и межполушарную лобную, а также центральную асимметрию (Fd–Fs и Cd–Cs,  $r_s = 0,29$  и  $0,22$  соответственно), пальцевый гнозис и межполушарную центральную асимметрию (Cd–Cs,  $r_s = 0,29$ ), MMSE и УПП левого височного (Ts) отведения ( $r_s = 0,22$ ). Отрицательная корреляционная связь обнаружена между показателями УПП левого височного (Ts) отведения и понятийного мышления, пальцевого гнозиса ( $r_s = -0,23$  и  $-0,23$  соответственно), а также УПП правого лобного (Fd) отведения и экспрессивной речи, MMSE ( $r_s = -0,29$  и  $-0,25$  соответственно). Установленные связи у пациентов с ВБ показывают, что

на выраженность нарушений экспрессивной речи статистически значимое влияние оказывает усиление ЭОГМ в центральном лобном, левом теменном, затылочном, предметного гнозиса – в правом лобном и центральном, пальцевого гнозиса – в правом центральном отделах головного мозга.

В группе пациентов с ПНСТ выявлены достоверные прямые корреляционные связи между показателями, характеризующими категориальное мышление и УПП в лобных (Fd, Fs), теменных (Pz, Ps), левом височном (Ts) отделах ( $r_s = 0,26, 0,24, 0,24, 0,27$  и  $0,27$  соответственно), долговременную память и УПП центрального (Cz) отдела ( $r_s = 0,25$ ), зрительной образной памяти и УПП левого теменного (Ps) отдела ( $r_s = 0,30$ ), FAV и УПП правого височного отдела (Td,  $r_s = 0,24$ ). Указанные зависимости отражают снижение вышеуказанных высших психических функций при усилении ЭОГМ у лиц с установленным диагнозом ПНСТ. Наличие достоверной обратной корреляционной связи между показателем методики FAV и показателем межполушарной лобной асимметрии (Fd–Fs,  $r_s = -0,20$ ) подтверждает и объясняет установленный нами ранее факт, что у пациентов с ПНСТ в процесс когнитивного снижения вовлекается лобная доля левого полушария [25].

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, полученные в работе данные отражают особенности церебральных энергетических процессов (на основе анализа УПП мозга) и состояния когнитивной сферы у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов. Установленные корреляционные связи между нейропсихологическими показателями и УПП свидетельствуют о негативном влиянии изменённого ЭОГМ на состояние познавательной сферы при хроническом воздействии вибрации и авиационного шума, как физических факторов-стрессоров.

Преобладание числа случаев в I–III группах умеренно повышенного УПП характеризует смещение кислотно-щелочного равновесия на границе гематоэнцефалического барьера в сторону ацидоза, возникающее вследствие нейрофункциональной перестройки, вероятно, вызывающей частичный переход на анаэробный путь энергетического обмена [38–40]. При этом у пациентов диагностируются легко выраженные нарушения когнитивных функций в виде снижения праксиса и экспрессивной речи, обусловленные (по А.Р. Лурия) в большей мере неполноценностью функционирования лобной доли левого полушария и подкорковых образований головного мозга [33].

У пациентов с ВБ наибольшее число достоверных корреляционных связей определено между показателем экспрессивной речи и суммарным УПП, а также УПП центрального лобного, левого теменного, затылочного отделений. Кроме того, на основании полученных взаимосвязей показано, что усиление ЭОГМ в лобно-центральных отделах способствует снижению предметного и пальцевого гнозиса. Этот факт подтверждает ранее полученные нами данные о наличии нейродинамических, операциональных и регуляторных нарушений когнитивных функций (снижение активности трёх структурно-функциональных блоков мозга по А.Р. Лурия) [5] и особенностях ЭОГМ у пациентов с ВБ [25].

Также в ходе нашего исследования установлено, что у пациентов с ПНСТ при наличии умеренно повышенного УПП в лобных, центральном и левом теменных, левом височном отделах наблюдается ухудшение показателя уровня обобщения, характеризующего категориальное мышление. Нарушение долговременной памяти легко выраженной степени сопряжено с усилением ЭОГМ в центральном отведении. Явления ацидоза (по данным НЭК) в теменном отделе левого полушария определяют снижение способности к запоминанию зрительных стимулов (оперативная зрительная память).

При обсуждении значимости полученных результатов, необходимо помнить, что согласно общебиологическим законам, морфофункциональные изменения головного мозга при формировании когнитивного снижения проходят определённые стадии [37]. Наблюдаемое нами нарастание выраженности когнитивных нарушений в зависимости от усиления ЭОГМ сразу в нескольких, определённых отделах головного мозга у пациентов с ВБ и ПНСТ характеризует, согласно данным литературы, предполагаемую стадию диффузных изменений фонового метаболизма, при которой происходит активация резервного метаболизма вслед за истощением аэробного катаболизма глюкозы (основного метаболизма мозга) [41].

Проведение подобных исследований своевременно, поскольку на следующем этапе согласно теории развития стресса (патологии) по Г. Селье и нашим наблюдениям, будет формироваться истощение резервного метаболизма головного мозга, депрессия адаптивных реакций.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования установлено, что последствия профессионального воздействия авиационного шума и вибрации на организм работающих характеризуются формированием легко выраженных нарушений динамического, конструктивного праксиса, экспрессивной речи вследствие усиления (по данным нейроэнергокартирования) энергетического обмена головного мозга.

Когнитивное снижение в виде нарушения понятийного мышления, экспрессивной речи, предметного и пальцевого гнозиса у пациентов с ВБ ассоциируется с увеличением УПП в центральном и правом лобных, левом теменном, правом центральном, затылочном отделах головного мозга.

На основании полученных взаимосвязей показателей у пациентов с ПНСТ установлено, что следствием воздействия авиационного шума и одной из причин снижения аналитико-синтетического мышления, долговременной и зрительной образной памяти является усиление церебрального энергообмена в левом лобном, левом височном, теменно-затылочных отделах головного мозга.

Общим нейрофункциональным признаком нарушения деятельности когнитивной сферы при профессиональных заболеваниях, обусловленных воздействием физических факторов, является усиление интенсивности церебрального энергетического обмена в лобно-центральных и теменно-затылочных отделах преимущественно левого полушария головного мозга.

#### Конфликт интересов

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

**Источник финансирования**

Работа выполнена в рамках средств, выделяемых для реализации государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бирюкбаева Г.Н. Осложнения атеросклероза сосудов головного мозга у лиц лётных профессий, представляющие угрозу безопасности полётов. Подходы к экспертной оценке профессиональной годности. *Военная медицина*. 2012; (3): 83-88.
2. Борзунова Ю.М. Оценка когнитивного дефицита у больных вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации на основе нейropsychологического тестирования. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2009; (3): 48-50.
3. Борзунова Ю.М., Федоров А.А. Психоэмоциональный статус и состояние церебрального кровообращения у горнорабочих виброопасных профессий. *Уральский медицинский журнал*. 2012; (10): 66-68.
4. Ганович Е.А., Семенихин В.А. Дисфункция когнитивно-мнестической сферы при вибрационной болезни у горнорабочих Кузбасса. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; (12): 44-51.
5. Shevchenko OI, Lakhman OL. Neuropsychological features of patients with occupational diseases from exposure to physical factors. In: Komkov VN, Chervyakova TA. (eds.) *International Scientific Conference «Information Society: Health, Economics and Law»: Materials of the International and Practical Conference, Irkutsk, March 13–14, 2019*. Irkutsk; 2019: 123-130. doi: 10.34648/SIDPO.2019.56.97.049
6. Катаманова Е.В., Шевченко О.И., Лахман О.Л., Денисова И.А. Когнитивные нарушения у больных с хронической ртутной интоксикацией. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; (4): 7-12.
7. Ретнев В.М., Шляхецкий Н.С. Организационно-правовые вопросы при определении ущерба здоровью населения от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2005; (3): 60-62.
8. Яхно Н.Н., Локшина А.Б., Захаров В.В., Гришина Д.А., Коберская Н.Н., Мхитарян Э.А. и др. Синдром умеренных когнитивных расстройств в Российской популяции. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019; 119(5): 179-180.
9. Борзунова Ю.М. Физиобальнеотерапия вибрационной болезни, ассоциированной с дисциркуляторной энцефалопатией: результаты клинических, нейropsychологических методов исследования и качества жизни. *Уральский медицинский журнал*. 2014; (5): 105-109.
10. Peters JL, Zevitas CD, Redline S, Hastings A, Sizov N, Hart JE, et al. Aviation noise and cardiovascular health in the United States: A review of the evidence and recommendations for research direction. *Curr Epidemiol Rep*. 2018; 5(2): 140-152. doi: 10.1007/s40471-018-0151-2
11. Charney DS, Manji HK. Life stress, genes, and depression: multiple pathways lead to increased risk and new opportunities for intervention. *Sci STKE*. 2004; 2004(225): re5. doi: 10.1126/stke.2252004re5
12. Andersen SL. Trajectories of brain development: point of vulnerability or window of opportunity? *Neurosci Biobehav Rev*. 2003; 27(1-2): 3-18. doi: 10.1016/s0149-7634(03)00005-8
13. Dolcos S, MacDonald SWS, Braslavsky A, Camicicoli R, Dixon RA. Mild cognitive impairment is associated with selected functional markers: integrating concurrent, longitudinal, and stability effects. *Neuropsychology*. 2012; 26(2): 209-223. doi: 10.1037/a0026760
14. Рукавишников В.С., Панков В.А., Кулешова М.В., Катаманова Е.В., Картапольцева Н.В., Русанова Д.В., и др. Теории сенсорного конфликта при воздействии физических факторов:

основные положения и закономерности формирования. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (4): 1-6.

15. Paillard AC, Quarck G, Paolino F, Denise P, Paolino M, Golding JF, et al. Motion sickness susceptibility in healthy subjects and vestibular patients: Effects of gender, age and trait-anxiety. *J Vestib Res*. 2013; 23(4-5): 203-209. doi: 10.3233/VES-130501
16. Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Сыроежкин Ф.А. Современная концепция нейропластичности (теоретические аспекты и практическая значимость). *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2013; 113(10): 102-108.
17. Martin SJ, Grimwood PD, Morris RG. Synaptic plasticity and memory: An evaluation of the hypothesis. *Annu Rev Neurosci*. 2000; 23: 649-711. doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.649
18. Rossini PM, Dal Forno G. Integrated technology for evaluation of brain function and neural plasticity. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15(1): 263-306. doi: 10.1016/s1047-9651(03)00124-4
19. Dzyubenko E, Gottschling C, Faissner A. Neuron-glia interactions in neural plasticity: Contributions of neural extracellular matrix and perineuronal nets. *Neural Plasticity*. 2016; 2016: 5214961. doi: 10.1155/2016/5214961
20. Sanders AF Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*. 1983; 53(1): 61-97. doi: 10.1016/0001-6918(83)90016-1
21. Emmanuel Y, Cochlin LE, Tyler DJ, de Jager CA, Smith AD, Clark K. Human hippocampal energy metabolism is impaired during cognitive activity in a lipid infusion model of insulin resistance. *Brain and Behavior*. 2013; 3(2): 134-144. doi: 10.1002/brb3.124
22. Sergeant J. The cognitive-energetic model: an empirical approach to attention-deficit hyperactivity disorder. *Neurosci Biobehav Rev*. 2000; 24(1): 7-12. doi: 10.1016/s0149-7634(99)00060-3
23. Борзунова Ю.М. Вызванные потенциалы головного мозга в оценке сенсорных и когнитивных функций у горнорабочих виброопасных профессий. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2012; (1): 61-62.
24. Дроздова Т.В., Ласкова И.И., Фомичева Е.В. Особенности межполушарного взаимодействия при профессиональной нейросенсорной тугоухости по данным когерентного анализа ЭЭГ. *Современные наукоёмкие технологии*. 2006; (8): 38-40.
25. Шевченко О.И., Лахман О.Л. Состояние энергетического обмена головного мозга у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов. *Экология человека*. 2020; (2): 18-23. doi: 10.33396/1728-0869-2020-2-18-23
26. Петрова Н.Н. Психологические особенности личности при профессиональной тугоухости. *Российская оториноларингология*. 2010; (3): 125-129.
27. Третьяков С.В., Хабарова Е.А., Ермакова М.А. Когнитивные нарушения при профессиональных заболеваниях в позднем постконтактном периоде в сочетании с сердечно-сосудистой патологией. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; (10): 27-32.
28. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Медведев Р.Б., Лагода О.В., и др. Сопряжённость характеристик церебральных энергетических процессов и сети пассивного режима работы мозга у больных с хронической недостаточностью мозгового кровообращения. *Нервные болезни*. 2019; (2): 12-17. doi: 10.24411/2226-0757-2019-12099
29. Фокин В.Ф., Шабалина А.А., Пономарева Н.В., Медведев Р.Б., Лагода О.В., Танащян М.М. Сопряжённость показателей энергетического обмена и уровня гормона стресса кортизола с когнитивными характеристиками больных дисциркуляторной энцефалопатией. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018; 12(4): 47-51. doi: 10.25692/ACEN.2018.4.6
30. Сафоничева О.Г., Сязина Н.Ю., Рахманина И.Н. Нелекарственные технологии восстановления пластичности и межполушарных связей у детей с органическими возможностями здоровья. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2017; (1): 73-78.

31. Соколова Л.П., Князева И.В., Сухарева Е.А. Расстройство умственной работоспособности в условиях стресса и их коррекция. *Терапия*. 2016; 4(8): 122-126.
32. Lin KC, Huang YH, Hsieh YW, Wu CY. Potential predictors of motor and functional outcomes after distributed constrain-induced therapy for patients with stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009; 23(4): 336-342. doi: 10.1177/1545968308321773
33. Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В. Нейроэнергокартирование. Оценка функционального состояния мозга при когнитивных нарушениях различной этиологии. *Вестник МЕДСИ*. 2010; (8): 32-37.
34. Шмырев В.И., Витько Н.К., Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В., Фокин В.Ф., и др. *Нейроэнергокартирование – высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергокартирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности*. М.: Клиническая больница № 1 Управления делами Президента РФ; 2010.
35. Хомская Е.Д. *Нейропсихология: 4-е издание*. СПб.: Питер, 2007.
36. Шевченко О.И., Русанова Д.В., Лахман О.Л. Нейрофизиологические и нейропсихологические особенности у пациентов с профессиональной нейросенсорной тугоухостью. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(10): 1068-1074. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1068-1073
37. Соколова Л.П. Предполагаемые стадии диффузных изменений головного мозга при формировании когнитивного снижения. *Успехи современного естествознания*. 2011; (10): 44-45.
38. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. *Энергетическая физиология мозга*. М.: Антидор; 2003.
39. Jha MK, Morrison BM. Glia-neuron energy metabolism in health and diseases: New insights into the role of nervous system metabolic transporters. *Exp Neurol*. 2018; 309: 23-31. doi: 10.1016/j.expneurol.2018.07.009
40. Визель Т.Г. Высшие автоматизмы и их полушарная организация: нейропсихологический и нейролингвистический аспекты. *Асимметрия*. 2012; 6(2): 35-52.
41. Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR, Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2009; 10(6): 434-445. doi: 10.1038/nrn2639

## REFERENCES

1. Biryukbayeva GN. Complications of cerebral vascular atherosclerosis in persons of flight professions, posing a threat to flight safety. Approaches to expert assessment of the suitability of a professional. *Voennaya meditsina*. 2012; (3): 83-88. (In Russ.)
2. Borzunova YuM. Cognitive deficiency valuation among patients with vibrational disease, based on neuropsychological testing. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2009; (3): 48-50. (In Russ.)
3. Borzunova YuM, Fedorov AA. Psychoemotional status and state of cerebral circulation in miners of vibration hazardous professions. *Ural Medical Journal*. 2012; (10): 66-68. (In Russ.)
4. Ganovitch EA, Semenikhin VA. Dysfunction of cognitive and memory spheres during vibration disease in miners of Kuzbass. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2011; (12): 44-51. (In Russ.)
5. Shevchenko OI, Lakhman OL. Neuropsychological features of patients with occupational diseases from exposure to physical factors. In: Komkov VN, Chervyakova TA. (eds.) *International Scientific Conference «Information Society: Health, Economics and Law»: Materials of the International and Practical Conference, Irkutsk, March 13-14, 2019*. Irkutsk; 2019: 123-130. doi: 10.34648/SIDPO.2019.56.97.049
6. Katamanova EV, Shevchenko OI, Lakhman OL, Denisova IA. Cognitive disorders in patients with chronic mercury intoxication. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2014; 4: 7-12. (In Russ.)
7. Retnev VM, Shlyakhetsky NS. Organizational and legal issues in determining the damage to public health from the impact of adverse environmental factors. *Hygiene and Sanitation*. 2005; (3): 60-62. (In Russ.)
8. Yakhno NN, Lokshina AB, Zakharov VV, Grishina DA, Koberskaya NN, Mkhitarian EA, et al. The syndrome of mild cognitive disorders in the Russian population. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019; 119(5): 179-180. (In Russ.)
9. Borzunova YuM. Physiobalneootherapy of vibration disease associated with discirculatory encephalopathy: Results of clinical, neuropsychological research methods and quality of life. *Ural Medical Journal*. 2014; (5): 105-109. (In Russ.)
10. Peters JL, Zevitas CD, Redline S, Hastings A, Sizov N, Hart JE, et al. Aviation noise and cardiovascular health in the United States: A review of the evidence and recommendations for research direction. *Curr Epidemiol Rep*. 2018; 5(2): 140-152. doi: 10.1007/s40471-018-0151-2
11. Charney DS, Manji HK. Life stress, genes, and depression: Multiple pathways lead to increased risk and new opportunities for intervention. *Sci STKE*. 2004; 2004(225): re5. doi: 10.1126/stke.2252004re5
12. Andersen SL. Trajectories of brain development: Point of vulnerability or window of opportunity? *Neurosci Biobehav Rev*. 2003; 27(1-2): 3-18. doi: 10.1016/s0149-7634(03)00005-8
13. Dolcos S, MacDonald SWS, Braslavsky A, Camicioli R, Dixon RA. Mild cognitive impairment is associated with selected functional markers: Integrating concurrent, longitudinal, and stability effects. *Neuropsychology*. 2012; 26(2): 209-223. doi: 10.1037/a0026760
14. Rukavishnikov VS, Pankov VA, Kuleshova MV, Katamanova EV, Kartapol'tseva NV, Rusanova DV, et al. On theory of sensory conflict under exposure to physical factors: Main principles and concepts of formation. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015; (4): 1-6. (In Russ.)
15. Paillard AC, Quarck G, Paolino F, Denise P, Paolino M, Golding JF, et al. Motion sickness susceptibility in healthy subjects and vestibular patients: Effects of gender, age and trait-anxiety. *J Vestib Res*. 2013; 23(4-5): 203-209. doi: 10.3233/VES-130501
16. Zhivolupov SA, Samartsev IN, Syroezhkin FA. Contemporary conception of neuroplasticity (theoretical aspects and practical significance). *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2013; 113(10): 102-108. (In Russ.)
17. Martin SJ, Grimwood PD, Morris RG. Synaptic plasticity and memory: An evaluation of the hypothesis. *Annu Rev Neurosci*. 2000; 23: 649-711. doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.649
18. Rossini PM, Dal Forno G. Integrated technology for evaluation of brain function and neural plasticity. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15(1): 263-306. doi: 10.1016/s1047-9651(03)00124-4
19. Dzyubenko E, Gottschling C, Faissner A. Neuron-glia interactions in neural plasticity: Contributions of neural extracellular matrix and perineuronal nets. *Neural Plasticity*. 2016; 2016: 5214961. doi: 10.1155/2016/5214961
20. Sanders AF. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*. 1983; 53(1): 61-97. doi: 10.1016/0001-6918(83)90016-1
21. Emmanuel Y, Cochlin LE, Tyler DJ, de Jager CA, Smith AD, Clark K. Human hippocampal energy metabolism is impaired during cognitive activity in a lipid infusion model of insulin resistance. *Brain and Behavior*. 2013; 3(2): 134-144. doi: 10.1002/brb3.124
22. Sergeant J. The cognitive-energetic model: An empirical approach to attention-deficit hyperactivity disorder. *Neurosci Biobehav Rev*. 2000; 24(1): 7-12. doi: 10.1016/s0149-7634(99)00060-3
23. Borzunova YuM. Evoked brain potentials in the assessment of sensory and cognitive functions in vibration-hazardous miners. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2012; (1): 61-62. (In Russ.)
24. Drozdova TV, Laskova II, Fomichova EV. Interhemispheric EEG coherence in patients with occupational sensorineural hearing loss. *Modern High Technologies*. 2006; (8): 38-40. (In Russ.)
25. Shevchenko OI, Lakhman OL. State of energy brain exchange in patients with professional diseases from influ-

ence of physical factors. *Human Ecology*. 2020; (2): 18-23. doi: 10.33396/1728-0869-2020-2-18-23. (In Russ.)

26. Petrova NN. Psychological peculiarity of individual on occupational sensorineural hearing loss. *Russian Otorhinolaryngology*. 2010; (3): 125-129. (In Russ.)

27. Tret'yakov SV, Khabarova EA, Ermakova MA. Cognitive impairments in occupational diseases in the late post-exposure period in combination with cardiovascular pathology. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2011; (10): 27-32. (In Russ.)

28. Fokin VF, Ponomareva NV, Konovalov RN, Krotenkova MV, Medvedev RB, Lagoda OV, et al. Association of cerebral energy processes features and default mode network in patients with chronic cerebrovascular disease. *Nervous diseases*. 2019; (2): 12-17. doi: 10.24411/2226-0757-2019-12099. (In Russ.)

29. Fokin VF, Shabalina AA, Ponomareva NV, Medvedev RB, Lagoda OV, Tanashyan MM. Correlation between indicators of energy metabolism and the level of stress hormone cortisol with cognitive characteristics of patients with discirculatory encephalopathy. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018; 12(4): 47-51. doi: 10.25692/ACEN.2018.4.6. (In Russ.)

30. Safonicheva OG, Syazina NYu, Rakhmanina IN. Complementary technologies for restoration of plasticity and inter-hemispheric connections in the children with disabilities. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*. 2017; (1): 73-78. (In Russ.)

31. Sokolova LP, Knyazeva IV, Sukhareva EA. Mental capacity disorders under stress and their correction. *Therapy*. 2016; 4(8): 122-126. (In Russ.)

32. Lin KC, Huang YH, Hsieh YW, Wu CY. Potential predictors of motor and functional outcomes after distributed constrain-induced therapy for patients with stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009; 23(4): 336-342. doi: 10.1177/1545968308321773

33. Mironov NP, Sokolova LP, Borisov YuV. Neuroenergy mapping. Assessment of the functional state of the brain in cognitive impairment of various etiologies. *Vestnik MEDSI*. 2010; (8): 32-37. (In Russ.)

34. Shmyrev VI, Vitko NK, Mironov NP, Sokolova LP, Borisova YuV, Fokin VF, et al. *Neuroenergy mapping is a highly informative method for assessing the functional state of the brain. Neuroenergetic mapping data for cognitive impairments and decreased mental performance*. Moscow: Clinical Hospital of the Presidential Administration; 2010. (In Russ.)

35. Khomskaya ED. *Neuropsychology: 4th edition*. Saint Petersburg: Piter; 2007. (In Russ.)

36. Shevchenko OI, Rusanova DV, Lakhman OL. Neurophysiological and neuropsychological features in patients with occupational sensorineural hearing loss. *Hygiene and Sanitation*. 2019; 98(10): 1068-1074. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1068-1073. (In Russ.)

37. Sokolova LP. Assumed stages of diffuse changes in the brain during the formation of cognitive decline. *Advances in current natural sciences*. 2011; (10): 44-45. (In Russ.)

38. Fokin VF, Ponomareva NV. *Energy physiology of the brain*. Moscow: Antidor; 2003. (In Russ.)

39. Jha MK, Morrison BM. Glia-neuron energy metabolism in health and diseases: New insights into the role of nervous system metabolic transporters. *Exp Neurol*. 2018; 309: 23-31. doi: 10.1016/j.expneurol.2018.07.009

40. Visel TG. Highest level of automatism and its hemispheric organization: Neuropsychological and neurolinguistics aspects. *Journal of Asymmetry*. 2012; 6(2): 35-52. (In Russ.)

41. Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR, Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2009; 10(6): 434-445. doi: 10.1038/nrn2639

#### Сведения об авторах

**Шевченко Оксана Ивановна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории профессиональной и экологически обусловленной патологии, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», e-mail: oich68@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4842-6791>

**Лакман Олег Леонидович** – доктор медицинских наук, профессор, профессор РАН, директор, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

#### Information about the authors

**Oksana I. Shevchenko** – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of the Professional and Ecologically Caused Pathology, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, e-mail: oich68@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4842-6791>

**Oleg L. Lakhman** – Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor of Russian Academy of Sciences, Director, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

Статья получена: 10.12.2020. Статья принята: 28.01.2021. Статья опубликована: 26.02.2021.

Received: 10.12.2020. Accepted: 28.01.2021. Published: 26.02.2021.