

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА У ПАЦИЕНТОВ С ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ В СОЧЕТАНИИ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

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

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

Цель исследования – выявление особенностей распределения уровня постоянного потенциала (УПП) у пациентов с вибрационной болезнью (ВБ) в сочетании с метаболическими нарушениями. *Методы.* Обследуемые распределены на группы: I (n = 94) – с ВБ, II (n = 42) – с ВБ, отягощенной метаболическим синдромом (МС), III (n = 31) – с ВБ, отягощенной сахарным диабетом 2 типа (СД2), IV (n = 14) – с СД2, V (n = 50) – группа сравнения. Применены методы статистического анализа с определением W-критерия Шапиро – Уилка, U-критерия Манна – Уитни, дискриминантный анализ. *Результаты.* В I–IV группах доля лиц с измененной нейроэнергетической активностью выше, чем в группе сравнения (p = 0,001; 0,003; 0,01; 0,009 соответственно). В I группе УПП преобладал в центральном, во II – в левом центральном, правом височном, в III – в левом центральном, центральном, в IV – в правом лобном, центральных, левом теменном отведениях при сопоставлении с V группой при p < 0,01. У пациентов II–IV групп диагностировано снижение УПП в передних отделах коры (лобных, височных: 16,6 (15–18) мВ, 14,7 (12–17) мВ, 17,6 (16–20) мВ соответственно), его увеличение в задних (центральных, теменных: 20,4 (16–25) мВ, 18,2 (14–20) мВ, 23,3 (17–28) мВ соответственно) при p < 0,01. В результате дискриминантного анализа в I и III группах выявлено два признака: значения показателей УПП в левом височном, правом центральном отведениях. *Выводы.* Нарушения нейроэнергообмена у пациентов с ВБ в сочетании с МС и СД2 проявляются увеличением УПП в височно-центральных областях, при СД2 – в лобно-центрально-теменных отделах. У пациентов с ВБ, отягощенной СД2, увеличивается значение УПП в правом центральном и снижается в левом височном отведениях.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, метаболические нарушения, нейроэнергетическое картирование, уровень постоянного потенциала

CONSTANT POTENTIAL DISTRIBUTION IN PATIENTS WITH VIBRATION DISEASE COMBINED WITH METABOLIC DISORDERS

O. I. Shevchenko, O. L. Lakhman

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

The aim of the study was to assess constant potential levels (CP level) in patients with vibration disease (VD) in combination with metabolic disorders. *Methods.* Measurements were taken in three groups: Group I (n = 94) - patients with VD, Group II (n = 42) - patients with VD and metabolic syndrome (MS), Group III (n = 31) - patients with VD and Type 2 diabetes (DM2), Group IV (n = 14) - patients with DM2 and V (n = 50) - reference group. Data were analyzed using Shapiro-Wilk, Mann-Whitney tests and discriminant analysis. *Results.* In groups I-IV, the percentage of individuals with altered neuroenergetic activity was higher than in the experimental group (p = 0.001; 0.003; 0.01; 0.009, respectively). CP level in group I prevailed in the central, in group II - in the left central, right temporal, in group III - in the left central, central, in group IV - in the right frontal, central, and left parietal leads when compared with group V at p < 0.01. CP level decrease in the anterior cortex (frontal, temporal: 16.6 (15-18) mV, 14.7 (12-17) mV, 17.6 (16-20) mV respectively), and its amplification in the posterior (Central, parietal: 20.4 (16-25) mV, 18.2 (14-20) mV, 23.3 (17-28) mV respectively) at p < 0.01 was diagnosed in patients of groups II-IV. As a result of discriminative analysis, two signs were identified in groups I and III: the values of CP level indicators in the left temporal and right central leads. *Conclusions.* Disorders of neuroenergy exchange in patients with VD in combination with MS and DM2 are manifested by an increase in CP level in the centrotemporal areas, with DM2 - in the frontal-central-parietal areas. The signs of neuroenergetic mapping in patients with VD, associated with the fact of DM2 presence as a concomitant pathology are: an increase in the CP level in the right central and its decrease in the left temporal leads.

Key words: vibration disease, metabolic disorders, neuroenergetic mapping, CP level

Библиографическая ссылка:

Шевченко О. И., Лахман О. Л. Особенности распределения уровня постоянного потенциала у пациентов с вибрационной болезнью в сочетании с метаболическими нарушениями // Экология человека. 2020. № 10. С. 38–44.

For citing:

Shevchenko O. I., Lakhman O. L. Constant Potential Distribution in Patients with Vibration Disease Combined with Metabolic Disorders. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 10, pp. 38-44.

В последние годы перед исследователями все чаще встают вопросы, касающиеся изучения развития, лечения и профилактики вибрационной болезни (ВБ), метаболического синдрома (МС), сахарного диабета 2 типа (СД2). Научный интерес представляет комбинирование этих видов патологических состояний организма,

поскольку сочетанные формы заболеваний подчас ухудшают их течение и прогноз, изменяя их классические проявления. Вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест в структуре профессиональных заболеваний. Известно, что хроническое воздействие вибрации на организм приводит к расстройству ба-

ланса адрено- и холинреактивных структур головного мозга (ГМ), обуславливая значительное повышение тонуса неспецифической восходящей ретикулярной формации, нарушение корково-подкорковых связей. Эти процессы содействуют развитию метаболической недостаточности, способствующей формированию профессионально обусловленной соматической патологии [2]. Сотрудниками ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (ВСИМЭИ) выявлено нарушение мультисенсорной интеграции при формировании профессиональных заболеваний от воздействия физических факторов вследствие неадекватного проведения импульсов в ГМ по нервным волокнам. В результате развития патологического процесса в периферическом нервном аппарате и возникновения рефлекторных ответных реакций со стороны центральной нервной системы происходит стойкое рассогласование деятельности сенсорных систем, которое в конечном итоге приводит к формированию периферического ангиодистонического синдрома и вегетативно-сенсорной полиневропатии — основным проявлениям ВБ [15].

Известно, что накопление конечных продуктов гликолиза в ткани ГМ и окислительный стресс инициируют развитие метаболических нарушений. Кроме того, через механизмы некроза и апоптоза эти процессы приводят к инфаркту мозга [11, 27, 29]. В условиях инсулинрезистентности и гиперинсулинемии при МС и СД2 происходит активация симпатико-адреналовой системы, способствующая развитию хронического стресса [17]. Прогрессирование метаболических нарушений, возникновение и развитие СД2 приводит к ангиопатиям метаболического типа, обуславливающих нарушение мозгового кровотока. Состояние хронического церебрального энергодефицита способствует развитию дисциркуляторной энцефалопатии, связанной с усилением атеросклеротических процессов и нарастанием атрофии мозга [11].

В последние годы значительно возрос объём работ, направленных на изучение обмена веществ в организме. Метод нейроэнергокартирования (НЭК) расширяет возможности исследователей при изучении нейрофункциональной активности и позволяет неинвазивно определять интенсивность резервных нейроэнергообменных процессов, базирующихся на связи сверхмедленной активности (УПП) с кислотно-щелочным равновесием тканей ГМ [6, 18, 23, 33]. Кроме того, с помощью анализа распределения УПП можно оценивать вклад конкретного отдела ГМ в протекание нейрофизиологических процессов при различных состояниях организма [19].

С помощью метода НЭК сотрудники ФГБНУ ВСИМЭИ у пациентов с ВБ подтвердили данные компьютерной электроэнцефалографии о заданности в патологическом процессе лобно-центральных отделов ГМ и таламуса [6]. У женщин с СД2 в стадии декомпенсации Л. Л. Клименко и соавт. диагностировали снижение УПП во всех областях ГМ, с преимущественными нарушениями во фронтальных

отделах. Значения УПП в височных областях ГМ в стадии декомпенсации СД2 выравниваются — мозг приобретает свойства амбидекстрии. Снижение нейрометаболизма (алкалоз) при декомпенсированном СД2 соответствует стадии «истощения» (по Г. Селье), депрессии реактивности ГМ. А УПП рассматривается авторами в качестве нейрофизиологического маркера церебрального энергообмена, поскольку имеет достоверные корреляционные связи с биохимическими показателями [11].

Следует отметить малочисленность сведений о применении НЭК при профессиональных заболеваниях, обусловленных воздействием физических факторов [6, 25]. Кроме того, отсутствуют данные сравнительного анализа распределения УПП в оценке функционального состояния организма у пациентов с ВБ с сопутствующей патологией в виде МС и СД2. Необходимость проведения подобного рода исследований очевидна, поскольку формирование повышенной чувствительности к воздействию вибрации на фоне отягощающих состояний организма существенно снижает уровень здоровья и качества жизни лиц трудоспособного возраста.

Цель исследования — выявление особенностей распределения уровня постоянного потенциала у пациентов с вибрационной болезнью в сочетании с метаболическими нарушениями.

Методы

Обследуемые были распределены на группы. В I группу включены 94 пациента с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (возраст 54,9 (50,2–56,4) года), II представлена 42 пациентами с ВБ, отягощенной МС (53,5 (48,0–57,3) года), III — 32 пациентами с ВБ, имеющими в качестве сопутствующей патологии СД2 (54,0 (47,3–57,9) года), IV — 14 пациентами с СД2 (52,5 (48,4 — 56,6) года). В V группу сравнения вошли 50 условно здоровых мужчин, не имеющих в профессиональном маршруте контакта с вибрацией и метаболических нарушений в виде МС и СД2 (возраст 51,2 (46,8–54,0) года).

Уровень постоянного потенциала регистрировали с помощью аппаратно-программного комплекса для топографического картирования электрической активности «Нейро-КМ» (г. Москва) [9, 20, 26]. Активные хлорсеребряные электроды располагали на голове по схеме 10×20, референтный — на запястье правой руки. Расположение электродов по отведениям: Fz — лобное центральное, Fd — лобное правое, Fs — лобное левое, Cz — центральное, Cd — центральное правое, Cs — центральное левое, Pz — центральное теменное, Pd — теменное правое, Ps — теменное левое, Oz — затылочное, Td — правое височное, Ts — левое височное, Xcp — средний уровень нейрометаболизма по всем областям, Td–Ts — межполушарная асимметрия энергетического метаболизма. По степени выраженности изменений УПП определяли уровень интенсивности энергетического обмена.

При статистической обработке проверку нормальности распределения выполняли с использованием критерия Шапиро – Уилка. Результаты были представлены в виде медианы (Me), верхнего (Q25) и нижнего (Q75) квартилей. Для определения значимости между независимыми выборками при ненормальном распределении использовали критерий Манна – Уитни. При сравнении пяти групп между собой использовали поправку Бонферрони – статистически значимыми различия считали при $p < 0,005$, при сопоставлении с группой сравнения – $p < 0,01$. Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Статистическая обработка результатов проведена при помощи пакета прикладных программ STATISTICA – версия 6 фирмы Stat Soft Inc. (США) (лицензия №АХХR004Е642326FA, правообладатель лицензии – ФГБНУ ВСИМЭИ).

Работа соответствовала 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», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании, одобренное в установленном порядке локальным этическим комитетом.

Результаты

При анализе распределения УПП выявлены особенности церебрального энергообмена при ВБ в сочетании с метаболическими нарушениями и без таковых. В I–IV группах установлено статистически значимое преобладание лиц с повышенным уровнем среднего УПП при $p < 0,01$. Пациентов с нормальным уровнем среднего УПП было меньше, чем подобных в группе сравнения (рис. 1). Количество пациентов с

измененной (повышенной и пониженной) энергетической активностью ГМ в I–IV группах статистически значимо было больше, чем в группе сравнения (61,5; 67,7; 56,3; 83,4 и 33,3 % соответственно).

В результате анализа данных показано, что у пациентов с ВБ показатели УПП выходят за пределы нормы, а профили распределения сверхмедленной активности (от 0 до 1 Гц) располагаются значимо выше профиля распределения УПП лиц группы сравнения при $p < 0,005$. Сопоставление суммарного УПП у пациентов II, III групп в зависимости от наличия метаболических нарушений не выявило статистически значимых различий. Средний УПП в I–IV группах расценен как умеренно повышенный, в группе сравнения – нормальный (рис. 2).

Поскольку диагностированное изменение активности и напряженности энергетических реакций ГМ у пациентов основных групп не имело статистически значимых количественных различий, представлял интерес качественный анализ распределения УПП по отделам мозга.

Так, из представленных на рис. 2 данных видно, что максимальные значения УПП в I группе статистически значимо преобладают в центральном (Cz), во II группе – в левом центральном (Cs), правом височном (Td), в III группе – в левом центральном (Cs), центральном (Cz), в IV группе – в правом лобном (Fd), центральных (Cd, Cz, Cs), левом теменном (Ps) отведениях. У пациентов с ВБ в сочетании с МС и ВБ в сочетании с СД2 (II и III группы), как и у пациентов IV группы, происходило снижение активности энергетического обмена в передних отделах коры (лобных, височных: 16,6 (15–18) мВ, 14,7 (12–17) мВ и 17,6 (16–20) мВ соответственно) и его усиление в задних (центральных, теменных) областях (20,4 (16–25) мВ, 18,2 (14–20) мВ и 23,3 (17–28) мВ соответственно) при $p < 0,01$. В группе сравнения отмечено усиление активности энергетических про-

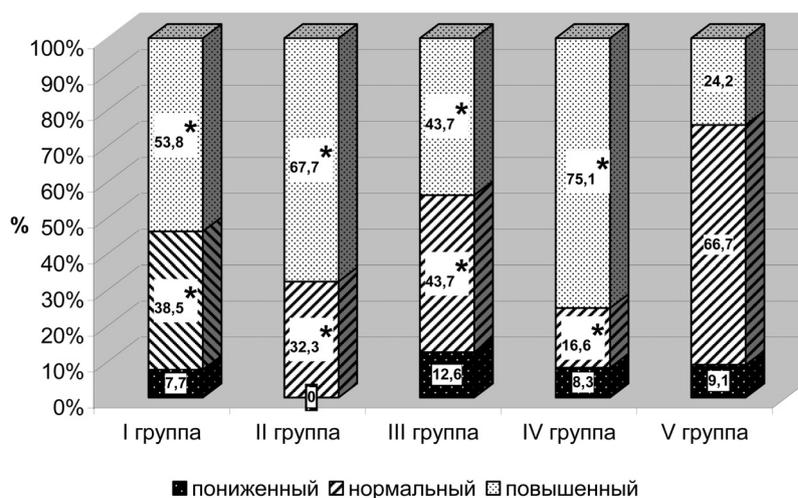


Рис. 1. Распределение обследованных лиц в зависимости от степени выраженности уровня постоянного потенциала
 Примечание. * – различия статистически значимы при сопоставлении с группой сравнения (V группа), $p < 0,01$.

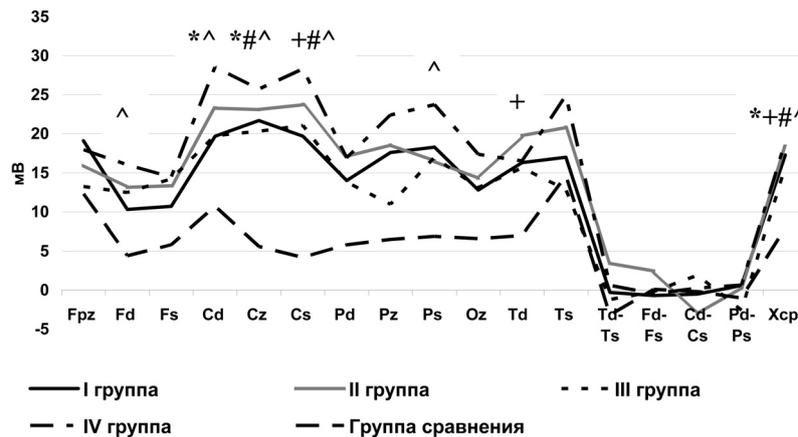


Рис. 2. Профиль распределения уровня постоянного потенциала в исследуемых группах
 Примечание. Различия статистически значимы при сопоставлении группы сравнения: * – с I группой, + – со II, # – с III, ^ – с IV, $p < 0,01$.

цессов во фронтальных отделах неокортекса (8,8 (5–10) мВ) при сопоставлении с задними (6,5 (4–8) мВ) при $p < 0,01$, что согласуется с данными литературы, характеризующими состояние церебрального энергетического обмена здоровых людей [24, 26].

У лиц с СД2, по данным НЭК, установлена более выраженная негативная тенденция к умеренно выраженному усилению энергетического обмена ГМ, что характеризует смещение кислотно-щелочного равновесия на границе гематоэнцефалического барьера в сторону ацидоза по сравнению с представителями I–III групп (75,1; 53,8; 67,7 и 43,7 % соответственно при $p < 0,01$), вовлечение в патологический процесс как задних (центральные, теменные, затылочные), так и лобных корковых зон ГМ.

У пациентов с ВБ для выявления статистически значимых отличительных НЭК-признаков, сопряженных с фактом наличия в качестве сопутствующей патологии СД2, проведен дискриминантный анализ. В I и III группах было выявлено два достоверных диагностических признака: значения показателей по левому височному (Ts), правому центральному (Cd) отведениям. Информативными являлись параметры с уровнями значимости от 0,01 до 0,04. Наиболее информативным признаком было значение показателя по левому височному (Ts, $F = 7,2$) отведению. Установлено, что при наличии СД2 у пациентов с ВБ усугубляется нарушение локального мозгового кровотока и анаэробного катаболизма глюкозы в височных и центральных отделах ГМ в виде увеличения значения показателя УПП в правом центральном (Cd) и его снижения в левом височном (Ts) отведениях.

Обсуждение результатов

Таким образом, в ходе изучения особенностей распределения УПП у пациентов с ВБ в сочетании с метаболическими нарушениями установлено преобладающее число лиц с умеренно повышенным УПП, что косвенно позволяет судить о возникновении состояния ацидоза в тканях ГМ. При этом следует учитывать факт, что длительное воздействие вибрации

на организм приводит к активизации энергетических процессов, преимущественно в центральных отделах ГМ [6], вследствие развития гипоксии, включающей резервные механизмы метаболизма, формирования диффузного стойкого закисления мозга [20]. Это свидетельствует о снижении активности первого структурно-функционального блока ГМ по А. Р. Лурия [16, 20]. При СД2, по данным литературы [10], происходят изменения в гиппокампе, в первую очередь подвергающемся нейродегенерации, что также подтверждается нашими результатами, в которых показано более выраженное повышение УПП в центральных отделах ГМ по сравнению с остальными.

Известно, что стволовая ретикулярная формация, влияя преимущественно на структуры левого полушария, определяет функциональные состояния типа сон – бодрствование, а диэнцефальные образования, имеющие отношение к активации правого полушария вместе с симпатическим отделом вегетативной нервной системы, определяют функциональные состояния напряжения или стресса [5, 19, 23]. У пациентов с ВБ в сочетании с МС преобладает состояние ацидоза (умеренно повышенный УПП) в левом центральном и правом височном отделах. Увеличение УПП у лиц II группы в правой височной области, являющейся корковой проекцией лимбической системы [7], характеризует нарушение локального мозгового кровотока и метаболизма глюкозы в этом отделе с высоким риском развития дисфункций внутренних органов [12]. При этом можно говорить о прогрессировании нейроэнергодифицита у пациентов с ВБ, осложненной МС, и снижении активности второго структурно-функционального блока помимо первого [20].

Опираясь на данные современных исследователей [1, 3, 28, 31] при обсуждении значимости полученных результатов, необходимо отметить, что умеренно выраженное изменение УПП у пациентов с ВБ в сочетании с метаболическими нарушениями в виде МС и СД2 в височных и центральных отделах ГМ, очевидно, обусловлено усилением анаэробного гликолиза с избыточным высвобождением в экстракле-

точный матрикс лактата в этих зонах, что приводит к снижению водородного показателя (рН), развитию ацидоза, нарушениям локального кровотока и коннективности корково-подкорковых структур, к торможению адаптационных механизмов. Диагностированное у пациентов с СД2 увеличение значений УПП в правом лобном, центральных, левом теменном отделах ГМ в качестве ответа организма на нарушение процессов утилизации глюкозы свидетельствует о снижении активности трех структурно-функциональных блоков по А. Р. Лурия [14]. Опираясь на данные современных исследований [4, 21, 22, 30, 32], можно предположить, что в результате усиления энергетического обмена в левом полушарии у пациентов с ВБ в сочетании с метаболическими нарушениями во взаимосвязи с парасимпатическим отделом вегетативной нервной системы образуются нейронные связи, способные нарушать регуляцию нейрохимических процессов, участвующих в обеспечении осознанного поведения и функциональных реакций организма. Активизация энергетических процессов лобного отдела правого полушария в виде увеличения УПП у пациентов с СД2 инициирует формирование регуляторного дефекта, в основе которого лежат нарушения исполнительных функций и алгоритмизации функционирования организма (страдание третьего структурно-функционального блока) [8, 13].

Результаты изучения механизмов нейроэнергообмена у пациентов с ВБ в сочетании с МС и СД2 требуют дальнейшего изучения во взаимосвязи, в частности, с показателями, характеризующими нарушение обмена веществ, проатерогенные нарушения и высшие психические функции, поскольку развитие церебральной дисфункции, снижение роли коры ГМ в обеспечении нисходящих влияний на глубинные регуляторные структуры чревато снижением качества жизни, срывом адаптационных механизмов, ускоряющих патологическую программу апоптоза.

Выводы

1. Нейроэнергообмен, по данным НЭК, у пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, в совокупности с МС нарушен в 67,7 % случаев, с СД2 — в 56,3 % случаев, что характеризует дисбаланс процессов торможения-возбуждения в коре ГМ.

2. Усиление церебрального энергетического обмена у пациентов с ВБ в сочетании с МС и СД2 сопровождается увеличением УПП в височно-центральных областях, что свидетельствует о состоянии хронического стресса, изменении регуляторных процессов в виде нарушения функциональной активности неспецифических ретикуло-лимбико-кортикальных нейронных связей.

3. Увеличение значений УПП в правом лобном, центральных, левом теменном отделах ГМ у пациентов с СД2 обусловлено снижением активности трех структурно-функциональных блоков ГМ по А. Р. Лурия.

4. По данным дискриминантного анализа, наличие

СД2 у пациентов с ВБ ухудшает состояние локального мозгового кровотока и анаэробного катаболизма глюкозы в височно-центральных отделах правого полушария ГМ, что проявляется увеличением значений показателей УПП в правом центральном и его снижением в левом височном отведении.

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

Авторство

Шевченко О. И. разработала план исследования, осуществила сбор и анализ данных, написание и оформление статьи, сформулировала выводы; Лахман О. Л. принимал участие в редактировании, 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. Абдилова Г. Б., Бердимуратова Ж. С., Нурахова А. Д. Сравнительная оценка уровня лактата при критических состояниях // Вестник хирургии Казахстана. 2015. № 1. С. 8–11.
2. 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.
3. Анаев Э. Х. Лактат и легкие: от теории к практике // Пульмонология. 2014. № 6. С. 108–114.
4. Боголепова И. Н., Малофеева Л. И., Свешников А. В., Ловчицкая А. О. Нейронная организация корковых полей как показатель межполушарной асимметрии мозга мужчин и женщин // Асимметрия. 2017. Т. 11, № 3. С. 5–16.
5. Боровова А. И., Пономарева Н. В., Фокин В. Ф. Связь уровня постоянного потенциала головного мозга и индекса Кердо у школьников 11–14 лет // Асимметрия. 2019. Т. 13, № 4. С. 86–96.
6. Васильева Л. С., Сливницына Н. В., Лахман О. Л., Шевченко О. И. Возможности применения современных нейрофизиологических методов в диагностике вибрационной болезни // Acta Biomedica Scientifica. 2018. Т. 3, № 6. С. 82–87. DOI: 10.29413/ABS.2018-3.6.11
7. Вейн А. М. Лекции по неврологии неспецифических систем мозга. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2010. 112 с.
8. Волокитина Т. В., Аникина Н. Ю., Котцова О. Н., Грибанов А. В. Проявления экологической адаптированности церебрального энергообмена у молодых жителей Арктического региона Севера с различным вегетативным тонусом // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 93.
9. Депутат И. С., Грибанов А. В., Большевидцева И. Л. Особенности энергетического обмена головного мозга у жителей Европейского Севера России в пожилом возрасте (на примере Архангельской области) // Вестник САФУ. Серия: Медико-биологические науки. 2016. № 4. С. 5–12.
10. Клименко Л. Л., Деев А. И., Союстова Е. Л. Церебральный энергетический метаболизм при сахарном диабете типа 2 у пожилых // Клиническая геронтология. 2010. Т. 16, № 7–8. С. 26–32.
11. Клименко Л. Л., Протасова О. В., Максимова И. А.

Уровень постоянного потенциала как маркер церебрального энергообмена при диабете 2 типа // *International Journal on Immunorehabilitation*. 2010. Т. 12, № 2. С. 191–192.

12. 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.

13. Кожевникова И. С., Аникина Н. Ю., Волокитина Т. В., Котцова О. Н., Грибанов А. В., Панков М. Н. Факторная структура экологической адаптированности церебрального энергометаболизма у молодых людей, проживающих в условиях Арктического Севера // *Журнал медико-биологических исследований*. 2018. Т. 6, № 4. С. 340–347. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.340

14. Осложнения сахарного диабета: лечение и профилактика / под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой. М.: МИА, 2017. 744 с.

15. Рукавишников В. С., Панков В. А., Кулешова М. В., Катаманова Е. В., Картапольцева Н. В., Русанова Д. В., Бодиевская Г. М., Титов Е. А. К теории сенсорного конфликта при воздействии физических факторов: основные положения и закономерности формирования // *Медицина труда и промышленная экология*. 2015. № 4. С. 1–6.

16. Селье Г. М. Очерки об адаптационном синдроме. М.: Медгиз, 1960. 255 с.

17. Симоненко В. Б., Журавлева С. И., Зыкова А. А. Особенности симпато-адреналовой активности у пациентов с сахарным диабетом 2 типа при артериальной гипертензии // *Военно-медицинский журнал*. 2009. № 10. С. 74–75.

18. Соколова Л. П., Князева И. В., Сухарева Е. А. Расстройства умственной работоспособности в условиях стресса и их коррекция // *Терапия*. 2016. № 4. С. 122–126.

19. Сычев В. В., Шатрова Н. В. Половые различия уровня постоянного потенциала в состоянии бодрствования и их патофизиологическая оценка // *Современные проблемы науки и образования*. 2019. № 2. С. 153–162. DOI: 10.17513/spno.28734

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

21. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В., Коновалов Р. Н., Кротенкова М. В., Медведев Р. Б., Лагода О. В., Танашиян М. М. Сопряженность динамических характеристик функциональной межполушарной асимметрии с коннективностью у больных хроническими цереброваскулярными заболеваниями // *Асимметрия*. 2019. Т. 13, № 3. С. 40–49. DOI: 10.25692/ASY.2019.13.3.004

22. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В., Кротенкова М. В., Коновалов Р. Н., Танашиян М. М., Лагода О. В. Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии // *Асимметрия*. 2011. Т. 5, № 1. С. 5–19.

23. Хаснулин В. И. Дезадаптация, патология и асимметрия мозга // *Архив психиатрии*. 1997. № 12–13. С. 23–26.

24. Хомская Е. Д. Нейропсихология. 4-е изд. СПб.: Питер, 2007. 496 с.

25. Шевченко О. И., Русанова Д. В., Лахман О. Л. Нейрофизиологические и нейропсихологические особенности пациентов с профессиональной нейросенсорной тугоухостью // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98, № 10. С. 1068–1073. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1068-1073

26. 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.

27. Abdalla Abbas M., Guenther A., Galantucci S., Fawi G., Comi G., Kwan J., Corea F. Microbial Risk Factors of Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases: Potential Therapeutical Options // *The Open Neurology Journal*. 2008. N 2 (1). P. 20–24. DOI: 10.2174/1874205X00802010020

28. De Backer D. Lactic acidosis // *Intensive Care Medicine*. 2003. N 29. P. 699–702.

29. Erkinjuntti T., Roman J., Gauthier S. Treatment of vascular dementia - evidence from clinical trials with cholinesterase inhibitors // *Journal of the Neurological Sciences*. 2004. N 15 (226). P. 63–66.

30. Geer E. B., Shen W. Gender differences in insulin resistance, body composition, and energy balance // *J. Gen. Intern. Med.* 2009. N 6 (1). P. 60–75. DOI: 10.1016/j.genm.2009.02.002. PMID: 19318219.

31. Levy B., Sadoune L. O., Gelot A. M., Bollaert P. E., Nabet P., Larcan A. Evolution of lactate/pyruvate and arterial ketone body ratios in the early course of catecholamine-treated septic shock // *Crit Care Med*. 2000. N 28. P. 114–119.

32. Park C. R. Cognitive effects of insulin in the central nervous system // *Neurosci Biobehav Rev*. 2001. N 25. P. 311–323. PMID: 11445137.

33. 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. Abdilova G. B., Berdimuratova Zh. S., Nurakhova A. D. Comparative assessment of the lactate level in critical conditions. *Vestnik khirurgii Kazakhstana* [Bulletin of surgery of Kazakhstan]. 2015, 1, pp. 8-11. [In Russian]

2. 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]

3. Anaev E. H. Lactate and lungs: from theory to practice. *Pul'monologiya* [Pulmonology]. 2014, 6, pp. 108-114. [In Russian]

4. Bogolepova I. N., Malofeeva L. I., Sveshnikov A. V., Lovchitskaya A. O. Neural organization of cortical fields as an indicator of interhemispheric asymmetry of the brain of men and women. *Asimmetriya* [Asymmetry]. 2017, 11 (3), pp. 5-16. [In Russian]

5. Boravova A. I., Ponomareva N. V., Fokin V. F. Connection of the level of constant potential of the brain and the Kerdo index in Schoolgirls 11-14 years. *Asimmetriya* [Asymmetry]. 2019, 13 (4), pp. 86-96. [In Russian]

6. Vasileva L. S., Slivnitsyna N. V., Lakhman O. L., Shevchenko O. I. Possibilities of applying modern neurophysiological methods in the diagnosis of vibration disease. *Acta Biomedica Scientifica* [Acta Biomedica Scientifica]. 2018, 3 (6), pp. 82-87. DOI: 10.29413/ABS.2018-3.6.11 [In Russian]

7. Vein A. M. *Lektsii po neurologii nespetsificheskikh sistem mozga. 3-e izd.* [Lectures on the neurology of nonspecific systems of the brain. 3rd ed.]. Moscow, 2010, 112 p.

8. Volokitina T. V., Anikina N. Yu., Kottsova O. N., Griбанov A. V. Manifestations of environmental adaptability of cerebral energy exchange in young residents of the Arctic region of the North with different vegetative tone. *Sovremennye*

problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. 2018, 6, p. 93. [In Russian]

9. Deputat I. S., Gribanov A. V., Bol'shevidtseva I. L. Features of the energy exchange of the brain in the inhabitants of the European North of Russia in old age (on the example of the Arkhangelsk region). *Vestnik SAFU. Seriya "Mediko-biologicheskie nauki"* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Medical and Biological Sciences]. 2016, 4, pp. 5-12. [In Russian]

10. Klymenko L. L., Deev A. I., Soyustova E. L. Cerebral energy metabolism in type 2 diabetes in the elderly. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical gerontology]. 2010, 16 (7-8), pp. 26-32. [In Russian]

11. Klimentenko L. L., Protasova O. V., Maksimova I. A. the level of constant potential as a marker of cerebral energy exchange in type 2 diabetes. *Internacional'nyy zhurnal immunoreabilitatsii* [International Journal on Immunorehabilitation]. 2010, 12 (2), pp. 191-192. [In Russian]

12. Knyazeva I. V., Sokolova L. P., Shmyrev V. I., Borisova Yu. V., Denisov D. B. Adaptive possibilities of maintaining homeostasis in patients with cognitive disorders against the background of psychovegetative syndrome. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2014, 10, pp. 165. [In Russian]

13. Kozhevnikova I. S., Anikina N. Yu., Volokitina T. V., Kottsova O. N., Gribanov A.V., Pankov M. N. Factor structure of ecological adaptability of cerebral energy metabolism in young people living in the Arctic North. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of medical and biological research]. 2018, 6 (4), pp. 340-347. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.340 [In Russian]

14. *Oslozheniya sakharnogo diabeta: lechenie i profilaktika* [Complications of diabetes: treatment and prevention]. Ed. Dedov I. I. and Shestakova M. V. Moscow, 2017, 744 p.

15. Rukavishnikov V. S., Pankov V. A., Kuleshova M. V., Katamanova E. V., Kartapol'tseva N. V., Rusanova D. V., Bodienkova G. M., Titov E. A. To the theory of sensory conflict under the influence of physical factors: basic provisions and regularities of formation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015, 4, pp. 1-6. [In Russian]

16. Sel'e G. M. *Ocherki ob adaptatsionnom sindrome* [Essays on the adaptation syndrome]. Moscow, 1960, 255 p.

17. Simonenko V. B., Zhuravleva S. I., Zykova A. A. Features of sympatho-adrenal activity in patients with type 2 diabetes mellitus with arterial hypertension. *Voennomeditsinskii zhurnal*. 2009, 10, pp. 74-75. [In Russian]

18. Sokolova L. P., Knyazeva I. V., Sukhareva E. A. Disorders of mental performance under stress and their correction. *Terapiya* [Therapy]. 2016, 4, pp. 122-126. [In Russian]

19. Sychev V. V., Shatrova N. V. Sexual differences in the level of constant potential in the state of wakefulness and their pathophysiological assessment. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2019, 2, pp. 153-162. DOI: 10.17513/spno.28734. [In Russian]

20. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy physiology of the brain]. Moscow, 2003, 249 p.

21. Fokin V. F., Ponomareva N. V., Kononov R. N., Krotenkova M. V., Medvedev R. B., Lagoda O. V., Tanashyan M. M. The correlation of dynamic characteristics

of functional interhemispheric asymmetry with connectivity in patients with chronic cerebrovascular diseases. *Asimetriya* [Asymmetry]. 2019, 13 (3), pp. 40-49. DOI: 10.25692/ASY.2019.13.3.004 [In Russian]

22. Fokin V. F., Ponomareva N. V., Krotenkova M. V., Kononov R. N., Tanashyan M. M., Lagoda O. V. Factors determining dynamic properties of functional interhemispheric asymmetry. *Asimetriya* [Asimetriya]. 2011, 5 (1), pp. 5-19. [In Russian]

23. Khasnulin V. I. Maladaptation, pathology and asymmetry of the brain. *Arkhiv psikiatrii* [Archive of psychiatry]. 1997, 12-13, pp. 23-26. [In Russian]

24. Khomskaya E. D. *Neiropsikholgiya* [Neuropsychology], 4th ed. Saint-Petersburg, 2007, 496 p.

25. Shevchenko O. I., Rusanova D. V., Lakhman O. L. Neurophysiological and neuropsychological features of patients with professional sensorineural hearing loss. *Gigiya i Sanitariya*. 2019, 98 (10), pp. 1068-1073. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1068-1073 [In Russian]

26. Shmyrev V. I., Vit'ko N. K., Mironov N. P., Sokolova L. P., Borisova Yu. V., Fokin V. F. Neuroenergokartirovanie vysokoinformativnyi metod otsenki funktsional'nogo sostoyaniya mozga. *Dannye neuroenergokartirovaniya pri kognitivnykh narusheniyakh i snizhenii umstvennoi rabotosposobnosti* [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.

27. Abdalla Abbas M., Guenther A., Galantucci S., Fawi G., Comi G., Kwan J., Corea F. Microbial Risk Factors of Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases: Potential Therapeutical Options. *The Open Neurology Journal*. 2008, 2 (1), pp. 20-24. DOI: 10.2174/1874205X00802010020

28. De Backer D. Lactic acidosis. *Intensive Care Medicine*. 2003, 29, pp. 699-702.

29. Erkinjintti T., Roman J., Gauthier S. Treatment of vascular dementia - evidence from clinical trials with cholinesterase inhibitors. *Journal of the Neurological Sciences*. 2004, 15 (226), pp. 63-66.

30. Geer E. B., Shen W. Gender differences in insulin resistance, body composition, and energy balance. *Gen Med*. 2009, 6 (1), pp. 60-75. DOI: 10.1016/j.genm.2009.02.002. PMID: 19318219

31. Levy B., Sadoune L. O., Gelot A. M., Bollaert P. E., Nabet P., Larcan A. Evolution of lactate/pyruvate and arterial ketone body ratios in the early course of catecholamine-treated septic shock. *Crit Care Med*. 2000, 28, pp. 114-119.

32. Park C. R. Cognitive effects of insulin in the central nervous system. *Neurosci Biobehav Rev*. 2001, 25, pp. 311-323. PMID: 11445137.

33. 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