



Шевченко О.И., Лахман О.Л.

Адаптационная реактивность церебрального энергетического обмена у лиц с вибрационной болезнью и сахарным диабетом II типа

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

Введение. Знание вариантов адаптации реактивности церебрального энергетического обмена (ЦЭО) при стрессе важны для определения особенностей развития вибрационной болезни (ВБ) при коморбидном течении сахарного диабета II типа (СД 2) и успешности восстановления в реабилитационном периоде.

Цель исследования – изучить варианты адаптации реактивности церебрального энергетического обмена при стрессе у лиц с сахарным диабетом II типа и вибрационной болезнью (ВБ), обусловленной одновременным воздействием локальной и общей вибрации.

Материалы и методы. Особенности адаптации при стрессе изучались методом нейроэнергетического картирования (НЭК) с измерением уровня постоянного потенциала (УПП). Сформированы группы пациентов: I-я (n = 94) – с ВБ, 2-я (n = 38) – с коморбидной патологией (ВБ и СД 2), 3-я (n = 39) – с СД 2.

Результаты. Установлено, что более 60% всех обследованных имеют ригидную реакцию на физический и эмоциональный стресс. Адекватная реакция восстановления ЦЭО в постгипервентиляционном периоде в большинстве случаев отмечалась только в I-й группе. У пациентов 2-й группы чаще встречались извращённая (39%) и ригидная (32%) реакции восстановления УПП, в 3-й группе – извращённая и чрезмерная реакции (33 и 28% соответственно), характеризующие расстройство физиологической адаптации при наличии СД 2.

Ограничения исследований. Ограничения состоят в краткой характеристике условий труда, отсутствии результатов изучения воздействия производственного шума на церебральную гемодинамику, небольшом объёме обработанных данных иностранных источников по изучаемому вопросу. **Заключение.** При коморбидном течении ВБ и СД 2 возникает стойкое нарушение адаптации к стрессу, что подтверждается ригидностью показателя УПП в ответ на гипервентиляцию и тест быстрых словесных ответов, а также неадекватностью реакций при восстановлении нейроэнергетического обмена в постгипервентиляционном периоде.

Ключевые слова: вибрационная болезнь; сахарный диабет; адаптационная реактивность; церебральный энергетический обмен; 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 информированное согласие на участие в исследовании. Имеется заключение локального этического комитета (ЛЭК) (протокол № 5 от 14.11.2012 г.).

Для цитирования: Шевченко О.И., Лахман О.Л. Адаптационная реактивность церебрального энергетического обмена у лиц с вибрационной болезнью и сахарным диабетом II типа. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(6): 561–566. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-561-566> <https://elibrary.ru/mxfzvc>

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, разработка плана исследования, сбор данных по НЭК, написание текста, формулировка выводов; Лахман О.Л. – участие в формировании концепции исследования, редактирование. 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.

Поступила: 14.04.2023 / Принята к печати: 07.06.2023 / Опубликовано: 30.07.2023

Oxana I. Shevchenko, Oleg L. Lakhman

Adaptive reactivity of cerebral energy metabolism in individuals with vibration disease and diabetes mellitus type 2

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

Introduction. Knowledge of adaptation options on the example of the reactivity of cerebral energy metabolism (CEM) under stress is important for determining the features of the development of vibration disease in the comorbid course of diabetes mellitus type 2 (DM2), the success of recovery in the rehabilitation period.

Objective of the study was adaptation options using the example of cerebral energy metabolism reactivity under stress in individuals with vibration disease caused by the simultaneous effect of local and general vibration (SLGV) and type 2 diabetes mellitus.

Materials and methods. Features of adaptation under stress were studied by the method of neuroenergy mapping with the measurement of the level of constant potential (DC-potential level). Groups were formed: I (n = 94) – patients with SLGV, II (n = 38) – with comorbid pathology (SLGV and DM 2), III (n = 39) – with DM2.

Results. More than 60% of all examined patients were established to be characterized by a rigid response to physical and emotional stress. Adequate CEM recovery reaction in the posthyperventilation period in the predominant number of cases was observed only in group I. In patients of group II, perverse (39%) and rigid (32%) reactions of recovery of DC-potential level were more common, group III – perverted and excessive response (33 % and 28%, respectively), characterizing the disorder of physiological adaptation in the presence of DM2.

Limitations. The limitations of the work are presented in the form of a brief description of working conditions, lack of study of the impact of industrial noise on cerebral hemodynamics, insufficient depth of the study of foreign literature materials on the issue under study.

Conclusion. The comorbid course SLGV and DM2 causes a persistent impairment of adaptation to stress, which is confirmed by the rigidity of the DC-potential level in response to hyperventilation, quick verbal response test, and the inadequacy of response during the restoration of neuroenergy exchange in the posthyperventilation period.

Keywords: vibration disease; type 2 diabetes mellitus; adaptive reactivity; cerebral energy metabolism; neuroenergy mapping

Compliance with ethical standards. Examination of patients was carried out in accordance with the ethical standard of the Declaration of Helsinki of the world association “Ethical principles for conducting scientific medical research involving humans”, as amended in 2000. and “Rules of Clinical Practice in the Russian Federation”, approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 dated 06/19/2003. All examined signed an informed consent to participate in the study and there is a conclusion of the local ethical committee (LEC) (protocol No. 5 dated 11/14/2012).

For citation: Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Adaptive reactivity of cerebral energy metabolism in individuals with vibration disease and diabetes mellitus type 2. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(6): 561–566. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-561-566> <https://elibrary.ru/mxfzqv> (In Russ.)

For correspondence: Oksana I. Shevchenko, MD, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Occupational and Ecological Pathology, East Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation. E-mail: oich68@list.ru

Information about the authors:

Shevchenko O.I., <https://orcid.org/0000-0003-4842-6791> Lakhman O.L., <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

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: April 14, 2023 / Accepted: June 7, 2023 / Published: July 30, 2023

Введение

Поскольку головной мозг (ГМ) является основным регуляторным органом, актуально изучение его адаптационных способностей, нейронной пластичности как основополагающих факторов при уточнении прогноза болезни, перспектив восстановления утраченных функций после травмирующих событий, регресса последствий структурных изменений. Реактивность адаптации метаболизма мозга всецело зависит от качества протекания процессов возбуждения и торможения в нервной системе [1]. Известно, что воздействие производственной вибрации вызывает ослабление высшей нервной деятельности, сенсорный конфликт, снижает резистентность организма к формированию сопутствующей патологии [2, 3]. У пациентов с вибрационной болезнью (ВБ) наблюдается усиление церебрального энергообмена (ЦЭО). При сахарном диабете II типа (СД 2) в большинстве случаев отмечаются нарушения ЦЭО, развитие окислительного стресса [4, 5], которые характеризуют ослабление регулирующей функции коры ГМ. Совместное протекание этих заболеваний сопровождается увеличением уровня постоянного потенциала (УПП), коррелирующего с активностью резервного анаэробного пути метаболизма [6], в височно-центральных областях, что нарушает сбалансированное функционирование ретикуло-лимбико-кортикальных нейронных связей [5, 7]. По мере развития ВБ у пациентов нарастают адаптационные нарушения, что подтверждается выявляемыми нейрососудистыми, нейрометаболическими, вестибулокоординаторными, когнитивными нарушениями [8–10].

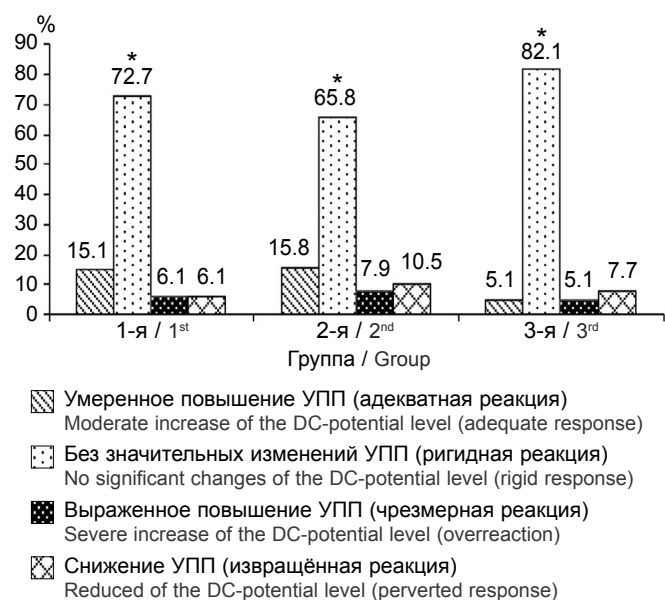
Поскольку достижение адаптации при стрессе осуществляется прежде всего за счёт перестройки энергетических обменных процессов в организме [11–13], представляет интерес изучение у лиц с ВБ и СД 2 ауторегуляции внутренних функций, возможностей адаптационной реактивности нейроэнергообмена при моделировании физического и когнитивного (эмоционального) стресса. Знание особенностей реактивности ЦЭО, типа адаптационной дизрегуляции, важно для выбора терапии, направленной на восстановление деятельности целенаправленного произвольного поведения, опосредованно влияющей на процесс морфофункциональной перестройки повреждённых церебральных систем при коморбидном течении ВБ.

Цель исследования – изучить варианты адаптации реактивности церебрального энергетического обмена при стрессе у лиц с сахарным диабетом II типа и вибрационной болезнью (ВБ), обусловленной одновременным воздействием локальной и общей вибрации.

Материалы и методы

В 1-ю группу вошли 94 пациента с ВБ, обусловленной одновременным воздействием локальной и общей вибрации, средний возраст обследованных составил 54,9 (50,2–56,4) года. Вторая группа состояла из 38 пациентов с коморбидной патологией (ВБ и СД 2), средний возраст которых составлял 54,2 (47,5–58,1) года, а длительность заболевания СД 2 – 7,2 (5,2–9,7) года. В 3-ю группу вошли 39 пациентов с СД 2, средний возраст составил 53,1 (48,4–58,7) года, длительность заболевания СД 2 – 12,3 (12,4–13,4) года. У пациентов всех групп в 100% случаев установлена вегетативно-сенсорная полиневропатия нижних конечностей. Пациенты с ВБ работали во вредных условиях труда классов 3.1–3.4. Уровни локальной вибрации превышали 126 дБ, общей вибрации – 113 дБ. Диагноз ВБ установлен с учётом данных санитарно-гигиенической характеристики условий труда, стажа работы, результатов клинико-функционального обследования. Критериями включения в исследование являлись мужской пол, наличие письменного информированного согласия, установленный диагноз ВБ и (или) СД II типа, отсутствие контакта с вибрацией на момент исследования в течение 1–3 лет, возраст 40–66 лет. Критерии исключения пациентов из исследования – наличие коморбидной патологии, которая могла бы повлиять на результаты исследования ЦЭО (субфебрильное состояние, наличие в анамнезе травм головного мозга, синдрома диабетической стопы, выраженной органной недостаточности, побочное действие лекарственных препаратов).

Для достижения поставленной цели применяли метод нейроэнергокартирования (НЭК), позволяющий регистрировать уровень постоянного потенциала (УПП). Активные хлорсеребряные электроды располагали на голове по схеме 10 × 20, референтный электрод – на запястье правой руки. По степени выраженности изменений УПП определяли уровень интенсивности энергетического обмена [14]. Адаптационные возможности, вариант адаптивной реакции оценивали с помощью функциональных афферентных проб по величине отклонений УПП от исходного значения: проводили трёхминутную гипervентиляцию, моделирующую физический стресс, с постгипervентиляционным периодом (3 мин) и тест быстрых словесных ответов (ТБСО), моделирующий эмоциональный когнитивный стресс. Различали адекватную реакцию (умеренное повышение УПП), ригидную реакцию (отсутствие изменений УПП), извращённую реакцию (снижение УПП ниже фонового), чрезмерную реакцию (выраженное повышение УПП). По степени восстановления нейрометаболизма в постгипervентиляционном



* – различия статистически значимы между вариантами реакций, $p < 0,05$. differences are statistically significant between response options, $p < 0.05$.

Рис. 1. Варианты адаптивных реакций, полученные с помощью гипервентиляционной пробы.

Fig. 1. Variants of adaptive response obtained with the help of hyperventilation test.

периоде (ПГВП) оценивали состояние адаптации в поддержании гомеостаза: полное восстановление к фоновым значениям УПП (адекватная реакция), отсутствие восстановления (ригидная реакция), снижение УПП ниже фонового значения (чрезмерная реакция), дальнейшее нарастание уровня УПП (извращённая реакция) [15–17].

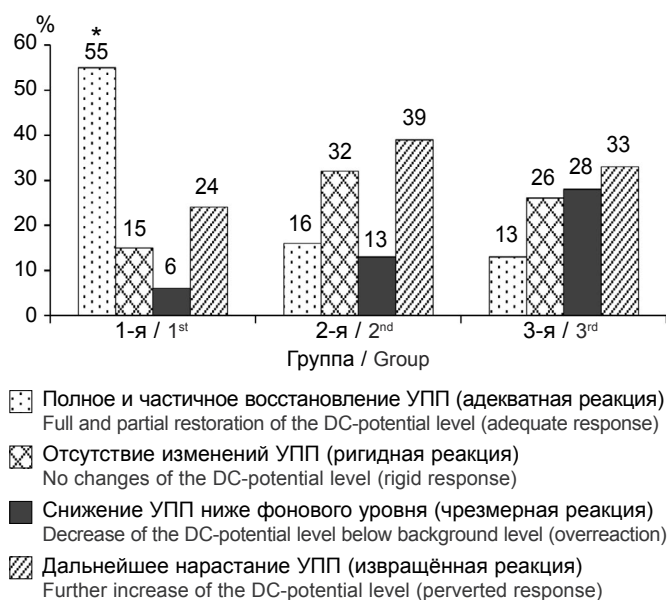
Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 (Stat Soft Inc., США). Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Исследование выполнено с разрешения локального этического комитета, в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2008 г.), «Правилами надлежащей клинической практики» (утв. приказом Минздрава России 01.04.2016 г. № 200н).

Результаты

В ранее проведённых исследованиях у пациентов с ВБ с нарушениями обмена веществ нами показана активность ЦЭО, определяемая фоновым УПП. Установлено преобладание доли лиц с умеренно повышенным УПП, что указывало на усиление анаэробного гликолиза, опосредованно влияющего на состояние адаптационных механизмов [5]. Полученные данные инициировали дальнейший анализ особенностей ЦЭО (по данным НЭК с проведением функциональных аферентных проб), направленного на изучение реакций нейровегетативного статуса на физический и эмоциональный стресс при коморбидном течении ВБ и СД 2.

В результате определения специфики адаптационного ответа на физический стресс (при проведении пробы с гипервентиляцией) у пациентов всех групп установлено преобладание ригидной реакции (в среднем в 74% случаев) (рис. 1). Данный факт свидетельствует о неадекватной



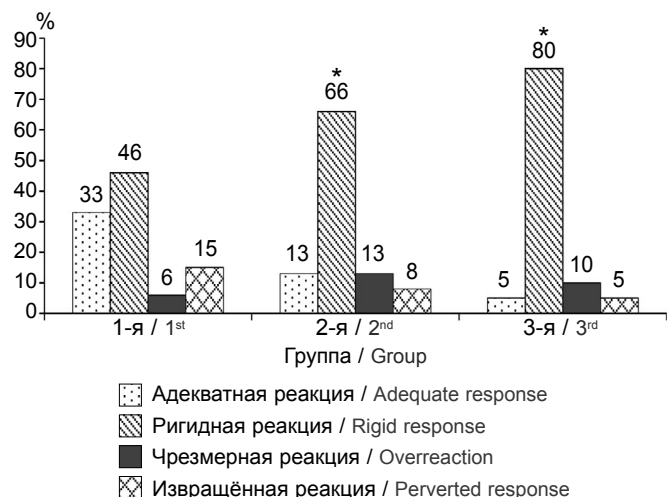
* – различия статистически значимы между вариантами реакций, $p < 0,05$. differences are statistically significant between response options, $p < 0.05$.

Рис. 2. Восстановление церебрального энергетического обмена в постгипервентиляционном периоде.

Fig. 2. Recovery of cerebral energy metabolism in the post-hyperventilation period.

реакции на гипоксическую нагрузку в условиях гипоксии – неспособности вегетативной нервной системы (ВНС) менять свой гомеостаз в условиях физического стресса. При этом чрезмерная и извращённая реакции зарегистрированы в практически одинаковых малых пропорциях. Адекватная реакция на физический стресс чаще отмечалась в 1-й и 2-й группах (см. рис. 1).

В ПГВП полное или частичное восстановление усреднённого показателя УПП за три минуты к фоновому уровню регистрировалось в преобладающем числе случаев только в группе пациентов с ВБ (рис. 2).



* – различия статистически значимы между вариантами реакций, $p < 0,05$. differences are statistically significant between response options, $p < 0.05$.

Рис. 3. Варианты адаптивных реакций, полученные с помощью теста быстрых словесных ответов.

Fig. 3. Variants of adaptive responses obtained using a test of quick verbal responses.

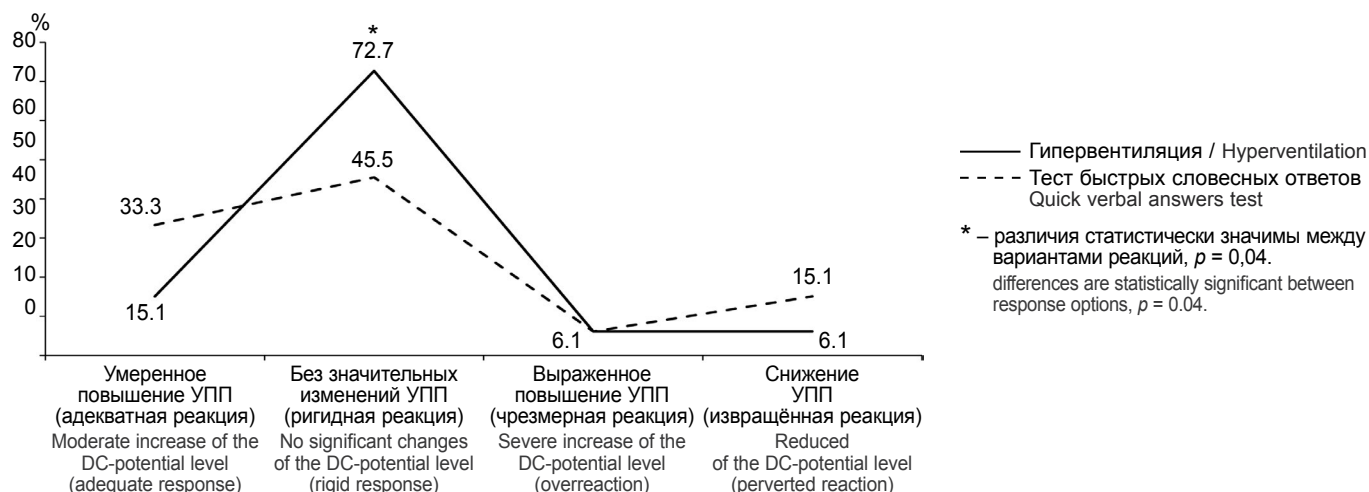


Рис. 4. Изменение усреднённого УПП у пациентов с ВБ при моделировании физического и эмоционального стресса.

Fig. 4. Change in mean DC-potential level in patients with VD when modelling physical and emotional stress.

У пациентов с диагностированным СД 2 в ПГВП чаще отмечалась извращённая реакция, при которой уровень ЦЭО поднимался выше фонового более чем в 1,5 раза. В работах Князевой И.В. и соавт. (2014) и Соколовой Л.П. и соавт. (2021) отмечено, что извращённый тип реакций встречался у пациентов с психовегетативным синдромом в сочетании с когнитивными нарушениями [17, 18].

Проведение ТБСО позволило оценить адаптационные возможности организма в обеспечении жизнедеятельности в ответ на эмоциональное стрессовое воздействие (рис. 3).

Следует отметить, что реакция и на эмоциональную, и на физическую нагрузку в во всех группах имела преимущественно ригидный характер. При сопоставлении адаптационной реактивности ЦЭО в зависимости от вида стресса только в 1-й группе выявленные особенности имели статистически значимые различия: лиц с ригидной реакцией на гипервентиляцию было в 1,5 раза больше, чем при выполнении ТБСО ($p = 0,04$) (рис. 4).

Обсуждение

В результате анализа данных, полученных с помощью функциональных афферентных проб, определена степень адаптации в обеспечении жизнедеятельности обследованных пациентов. Преобладание во всех группах лиц, у которых при проведении гипервентиляции и ТБСО усреднённый показатель УПП не имел значимых изменений (в 1,2–1,4 раза), позволяет говорить о ригидном варианте адаптации ЦЭО, который, по данным литературы, сопряжён с астеническими состояниями, характерными для периферической вегетативной недостаточности [19–22].

У пациентов с ВБ при сравнительном сопоставлении изменений фонового УПП в зависимости от вида воздействия стресса зарегистрировано статистически значимое превышение числа случаев ригидной реакции на гипервентиляцию по сравнению с эмоциональной нагрузкой. Это позволяет предположить, что хроническое комбинированное воздействие локальной и общей вибрации как физического стрессора является приоритетным патогенетическим фактором в формировании и развитии нарушения ЦЭО, снижение стрессоустойчивости у пациентов с ВБ.

При оценке способности адаптации в поддержании гомеостаза (степень восстановления УПП к исходному (фоновому) уровню в ПГВП) установлено, что в 1-й группе в 55% случаев наблюдалась адекватная реакция восстановления ЦЭО. Тогда как во 2-й и 3-й группах отмечено преобладание извращённого типа реакций, что указывает на снижение выносливости и плохую адаптацию пациентов с СД 2 к

физическому стрессу. Исследованиями Князевой И.В. и соавт. (2014), Евтушенко П.П. и соавт. (2014) показано, что извращённая реакция восстановления в ПГВП (продолжение нарастания усреднённого УПП) чаще встречалась у лиц с астено-депрессивным синдромом [23, 24]. По всей вероятности, пациенты с диагностированным СД 2 (2-я и 3-я группы) в отличие от лиц 1-й группы больше предрасположены к развитию астенических и тревожно-депрессивных расстройств. Не исключено, что при коморбидном течении ВБ и СД 2 усугубляется поражение лимбико-ретикулярных структур мозга, определяющих стресс-реализующую функцию гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы [3, 25, 26].

Таким образом, функциональные афферентные пробы, активирующие нервно-психические процессы, каскад приспособительных реакций к стрессовым условиям, позволили выявить нарушение адаптации ВНС у большинства обследованных пациентов. Отсутствие изменений УПП в ответ на физическую и эмоциональную нагрузку свидетельствует о декомпенсации регуляторной функции ВНС, проявляющейся жёстким сохранением гомеостаза, невозможностью организма адаптироваться к любой нагрузке, угрожающей истощением энергетических ресурсов [24, 27].

Ограничения исследования. Работа имеет ряд ограничений, связанных с краткой характеристикой условий труда, небольшим объёмом обработанных данных иностранной литературы по изучаемому вопросу.

Заключение

Установлено, что для обследованных лиц во всех группах характерна ригидная реакция на физический и эмоциональный стресс, проявляющаяся вместо должного увеличения УПП в ответ на гипервентиляцию и ТБСО отсутствием его изменений.

У пациентов с ВБ отмечено преобладание негативных реакций ЦЭО на физический стресс по сравнению с эмоциональным. При восстановлении ЦЭО в ПГВП у пациентов с ВБ чаще регистрировалось адекватное восстановление УПП до фонового уровня, у пациентов с ВБ при коморбидном течении СД 2 и у пациентов с СД 2 отмечалась преимущественно извращённая реакция.

Хроническое одновременное воздействие локальной и общей вибрации у пациентов с ВБ в сочетании СД 2 вызывает снижение стрессоустойчивости, стойкое нарушение адаптации к физическому и эмоциональному стрессу, что подтверждается ригидностью УПП при восстановлении нейроэнергообмена в постгипервентиляционном периоде.

Литература

1. Соколова Л.П., Черняев С.А. Нейрофункциональная активность мозга: возрастной аспект. *Терапия*. 2020; 6(3): 15–20. <https://doi.org/10.18565/therapy.2020.3.15-20> <https://elibrary.ru/tjujvd>
2. 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. <https://elibrary.ru/trlor>
3. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О. Коморбидные состояния у больных вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(7): 718–22. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-7-718-722> <https://elibrary.ru/afhzb>
4. Маснавиева Л.Б., Кудяева И.В., Авраменко К.А., Чистова Н.П., Дьякович О.А. Окислительный метаболизм липопротеинов у лиц с вибрационной болезнью и метаболическими нарушениями. *Экология человека*. 2021; (10): 51–6. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-10-51-56> <https://elibrary.ru/ejwuwa>
5. Шевченко О.И., Лакман О.Л. Особенности распределения уровня постоянного потенциала у пациентов с вибрационной болезнью в сочетании с метаболическими нарушениями. *Экология человека*. 2020; (10): 38–44. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-38-44> <https://elibrary.ru/ojijwo>
6. Соколова Л.П. Улучшение адаптационных возможностей мозга – базовый фактор профилактики cerebrovasкулярных заболеваний. *Терапия*. 2020; 6(3): 33–8. <https://doi.org/10.18565/therapy.2020.3.33-38> <https://elibrary.ru/octfnj>
7. 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> <https://elibrary.ru/crskhg>
8. Johansson B.V. Brain plasticity in health and disease. *Keio J. Med.* 2004; 53(4): 231–46. <https://doi.org/10.2302/kjm.53.231>
9. Луныков В.А., Урясов О.М., Панфилов Ю.А. *Профессиональные болезни: учебное пособие для студентов 4 курса лечебного факультета*. Рязань; 2017.
10. Котиринич И.А. Клинические особенности вибрационной патологии от воздействия общей низкочастотной вибрации и статодинамической перегрузки при управлении самодвижущейся техникой. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2006; (3): 96–8. <https://elibrary.ru/kyndpj>
11. Колесникова Л.Р., Макарова О.А., Натяганова Л.В., Долгих М.И., Коротков Л.И. Перестройка метаболизма и физиологических функций организма под воздействием стресса. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2018; 3(6): 15–22. <https://doi.org/10.29413/ABS.2018-3.6.2> <https://elibrary.ru/ytwrwx>
12. Кирсанов В.М. Оценка степени адаптации индивида на основе показателей энергетического потенциала головного мозга и психодиагностического обследования. *Инновации в науке*. 2012; (8–1): 64–8. <https://elibrary.ru/renydx> <https://elibrary.ru/renydx>
13. Фокин В.Ф., Медведев Р.Б., Пономарева Н.В., Шабалина А.А., Лагода О.В., Танашян М.М. Латерализация билатерального кровотока по центральных и периферических артериях при когнитивной нагрузке у больных дисциркуляторной энцефалопатией. *Асимметрия*. 2018; 12(2): 74–84. <https://doi.org/10.18454/ASY.2018.2.14185> <https://elibrary.ru/rtdizr>
14. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Способ оценки энергетического состояния головного мозга. Патент РФ № 2135077С1; 2019.
15. Соколова Л.П. Адаптация к стрессу – основополагающий фактор жизнеспособности и когнитивной активности. *Клиническая геронтология*. 2011; (5–6): 16–20. <https://elibrary.ru/obgaml>
16. Соколова Л.П., Князева И.В., Евтушенко П.П., Аветисова К.Н. Особенности адаптации метаболизма мозга и формирование заболеваний нервной системы. *Евразийский союз ученых*. 2016; (29–1): 65–8. <https://elibrary.ru/xclyjf>
17. Князева И.В., Соколова Л.П., Шмырев В.И., Борисова Ю.В., Денисов Д.Б. Особенности адаптации к физическому стрессу при когнитивных расстройствах на фоне психовегетативного синдрома. *Международный журнал экспериментального образования*. 2014; (11–2): 70–1. <https://elibrary.ru/sxvwwj>
18. Соколова Л.П., Федин А.И., Черняев С.А., Борисова Ю.В. Вегетативные расстройства при COVID-19: применение психотропной терапии с целью предупреждения постковидных психосоматических осложнений. *Лечебное дело*. 2021; (3): 107–13. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2021-12365> <https://elibrary.ru/nahuwa>
19. Крыжановский Г.Н., Карабань И.Н., Магаева С.В., Карабань П.В. Компенсаторные и восстановительные процессы при паркинсонизме. Киев: Ин-т геронтологии АМН Украины; 1995.
20. Авдей Г.М. Астения и cerebrovasкулярная патология. *Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа*. 2012; 3(15): 15–22. <https://elibrary.ru/pbhgnh>
21. Чутко Л.С., Сурушкина С.Ю., Яковенко Е.А., Анисимова Т.И., Сергеев А.В., Крюкова Е.М. и др. Клинические особенности астении в рамках расстройств адаптации. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021; 121(7): 55–63. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112107155> <https://elibrary.ru/xcbfy>
22. Соколова Л.П., Старых Е.В. Астенический синдром в общетерапевтической практике. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2022; 122(4): 44–51. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212204144> <https://elibrary.ru/ziwgru>
23. 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; (10–3): 165. <https://elibrary.ru/stiojg>
24. Евтушенко П.П., Соколова Л.П., Шмырев В.И., Ардашев В.Н., Борисова Ю.В. Реакции метаболизма мозга на физический и эмоциональный стресс у кардиологических пациентов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014; (11–2): 72–2. <https://elibrary.ru/sxvwwd>
25. Лапо И.В., Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Антошина Л.И., Ошкодеров О.А. Влияние производственной вибрации на развитие инсулинорезистентности и сахарного диабета второго типа. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (2): 30–3. <https://elibrary.ru/ygbnob>
26. Tsigos C., Chrousos G.P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J. Psychosom. Res.* 2002; 53(4): 865–71. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(02\)00429-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(02)00429-4)
27. Шникова В.Н. Астенический синдром в неврологической и общетерапевтической практике. *Consilium Medicum*. 2020; 22(9): 65–7. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200343> <https://elibrary.ru/zjaevi>

References

1. Sokolova L.P., Chernyaev S.A. Neurofunctional brain activity: age aspect. *Terapiya*. 2020; 6(3): 15–20. <https://doi.org/10.18565/therapy.2020.3.15-20> <https://elibrary.ru/tjujvd> (in Russian)
2. Rukavishnikov V.S., Pankov V.A., Kuleshova M.V., Katamanova E.V., Kartapol'tseva N.V., Rusanova D.V., et al. On theory of sensory conflict under exposure to physical factors: main principles and concepts of formation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (4): 1–6. <https://elibrary.ru/trlor> (in Russian)
3. Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N., Gidayatova M.O. Co-morbid conditions in the vibration disease patients. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(7): 718–22. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-7-718-722> <https://elibrary.ru/afhzb> (in Russian)
4. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Avramenko K.A., Chistova N.P., D'yakovich O.A. Oxidative modifications of lipoproteins in patients with vibration disease and metabolic disorders. *Ekologiya cheloveka*. 2021; (10): 51–6. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-10-51-56> <https://elibrary.ru/ejwuwa> (in Russian)
5. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Constant potential distribution in patients with vibration disease combined with metabolic disorders. *Ekologiya cheloveka*. 2020; (10): 38–44. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-38-44> <https://elibrary.ru/ojijwo> (in Russian)
6. Sokolova L.P. Improving the adaptive capacity of the brain is a basic factor in the prevention of cerebrovascular diseases. *Terapiya*. 2020; 6(3): 33–8. <https://doi.org/10.18565/therapy.2020.3.33-38> <https://elibrary.ru/octfnj> (in Russian)
7. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. State of energy brain exchange in patients with professional diseases from influence of physical factor. *Ekologiya cheloveka*. 2020; (2): 18–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-2-18-23> <https://elibrary.ru/crskhg> (in Russian)
8. Johansson B.V. Brain plasticity in health and disease. *Keio J. Med.* 2004; 53(4): 231–46. <https://doi.org/10.2302/kjm.53.231>
9. Lunyakov V.A., Uryas'ev O.M., Panfilov Yu.A. *Occupational Diseases: A Textbook for 4th Year Students of the Faculty of Medicine [Professional'nye bolezni: uchebnoe posobie dlya studentov 4 kursa lechebnogo fakul'teta]*. Ryazan'; 2017. (in Russian)
10. Kotirnich I.A. Clinical features of vibration-induced pathologies after exposure to whole-body vibration and static-dynamic overloads in driving self-propelled technic. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (3): 96–8. <https://elibrary.ru/kyndpj> (in Russian)
11. Kolesnikova L.R., Makarova O.A., Natyaganova L.V., Dolgikh M.I., Korytov L.I. Metabolism and physiological functions adjustment of the organism under stress influence. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2018; 3(6): 15–22. <https://doi.org/10.29413/ABS.2018-3.6.2> <https://elibrary.ru/ytwrwx> (in Russian)
12. Kirsanov V.M. Assessment of the degree of adaptation of an individual based on indicators of the energy potential of the brain and psychodiagnostic examination. *Innovatsii v nauke*. 2012; (8–1): 64–8. <https://elibrary.ru/renydx> (in Russian)
13. Fokin V.F., Medvedev R.B., Ponomareva N.V., Shabalina A.A., Lagoda O.V., Tanashyan M.M. Lateralization of bilateral blood flow in the central and

- peripheral arteries during cognitive load in patients with dyscirculatory encephalopathy. *Asimmetriya*. 2018; 12(2): 74–84. <https://doi.org/10.18454/ASY.2018.2.14185> <https://elibrary.ru/rtdizr> (in Russian)
14. Fokin V.F., Ponomareva N.V. A method for assessing the energy state of the brain. RF patent RU 2 135 077 C1; 2019. (in Russian)
 15. Sokolova L.P. Adaptation to stress – the basic factor of vitality and cognitive activity. *Klinicheskaya gerontologiya*. 2011; (5–6): 16–20. <https://elibrary.ru/obgaml> (in Russian)
 16. 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. *Evrasiyskiy soyuz uchenykh*. 2016; (29–1): 65–8. (in Russian)
 17. Knyazeva I.V., Sokolova L.P., Shmyrev V.I., Borisova Yu.V., Denisov D.B. Features of adaptation to physical stress in cognitive disorders against the background of psychovegetative syndrome. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2014; (11–2): 70–1. <https://elibrary.ru/sxvwwj> (in Russian)
 18. Sokolova L.P., Fedin A.I., Chernyaev S.A., Borisova Yu.V. Autonomic disorders in COVID-19: using psychotropic therapy for prevention of post-covid psychosomatic complications. *Lechebnoe delo*. 2021; (3): 107–13. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2021-12365> <https://elibrary.ru/nahuwa> (in Russian)
 19. Kryzhanovskiy G.N., Karaban' I.N., Magaeva S.V., Karaban' P.V. *Compensatory and recovery processes in parkinsonism [Kompensatornye i vosstanovitel'nye protsessy pri parkinsonizme]*. Kyiv: Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of Ukraine; 1995. (in Russian)
 20. Avdey G.M. Asthenia and cerebrovascular pathology. *Vostochnaya Evropa*. 2012; 3(15): 15–22. <https://elibrary.ru/pbhgnh> (in Russian)
 21. Chutko L.S., Surushkina S.Yu., Yakovenko E.A., Anisimova T.I., Sergeev A.V., Kryukova E.M., et al. Clinical features of asthenia in the context of adjustment disorders. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2021; 121(7): 55–63. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112107155> <https://elibrary.ru/xcbfya> (in Russian)
 22. Sokolova L.P., Starykh E.V. Asthenic syndrome in general therapeutic practice. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2022; 122(4): 44–51. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212204144> <https://elibrary.ru/ziwrpu> (in Russian)
 23. 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*. 2014; (10–3): 165. (in Russian)
 24. Evtushenko P.P., Sokolova L.P., Shmyrev V.I., Ardashev V.N., Borisova Yu.V. Brain metabolic responses to physical and emotional stress in cardiac patients. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2014; (11–2): 72–2. <https://elibrary.ru/sxvwwd> (in Russian)
 25. Lapko I.V., Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Antoshina L.I., Oshkoderov O.A. Influence of occupational vibration on development of resistance to insulin and of II type diabetes mellitus. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; (2): 30–3. <https://elibrary.ru/ygbnob> (in Russian)
 26. Tsigos C., Chrousos G.P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J. Psychosom. Res.* 2002; 53(4): 865–71. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(02\)00429-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(02)00429-4)
 27. Shishkova V.N. Asthenic syndrome in neurological and general therapeutic practice. *Consilium Medicum*. 2020; 22(9): 65–7. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200343> <https://elibrary.ru/zjaevi> (in Russian)