

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Русанова Д.В., Лахман О.Л., Сливницына Н.В., Кукс А.Н.

Состояние центральных и периферических проводящих структур у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,
665827, Ангарск

Введение. Вибрационная болезнь (ВБ) сопровождается дисбалансом эндокринной регуляции, развитием метаболического синдрома (МС), приводящими к формированию неврологических осложнений. Одна из причин – нарушения микроциркуляции, вовлекающие в патологический процесс ЦНС и периферические нервы.

Цель исследования – дать комплексную оценку состояния периферических нервов и афферентных проводящих путей у рабочих с ВБ и пациентов с ВБ, отягощённой МС.

Материал и методы. Обследован 41 человек с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (1-я группа), 2-я группа – пациенты с ВБ, отягощённой МС (29 человек), контрольная (3-я) группа – 33 человека. Регистрацию соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) и электронейромиографию проводили на электронейромиографе «Нейро-ЭМГ-Микро», «Нейрософт».

Результаты. Во 2-й группе выявлены нарушения центральных афферентных проводящих путей на уровне шейного отдела позвоночника и соматосенсорной зоны коры, выразившиеся в возрастании латентного периода компонентов P25 и N30 и длительности интервала N11–N13. При тестировании моторного и сенсорного компонентов периферических нервов установлено, что у пациентов с ВБ, отягощённой МС, отмечалось более выраженное снижение скорости проведения импульса (СПИ) по сенсорному и моторному компонентам большеберцового нерва, возрастала резидуальная латентность.

Заключение. Во 2-й группе установлено возрастание частоты встречаемости умеренно выраженной вегетативно-сенсорной полиневропатии рук и ног, периферического ангиодистонического синдрома рук. Выявлены нарушения в состоянии центральных афферентных проводящих путей на уровне шейного отдела позвоночника и корковых структур соматосенсорной зоны коры. Воздействие вибрации и МС приводит к усугублению демиелинизации сенсорных и моторных аксонов периферических нервов, более выраженному на ногах.

К л ю ч е в ы е с л о в а : вибрационная болезнь, связанная с воздействием локальной и общей вибрации; метаболический синдром; соматосенсорные вызванные потенциалы; периферические нервы; электронейромиография

Для цитирования: Русанова Д.В., Лахман О.Л., Сливницына Н.В., Кукс А.Н. Состояние центральных и периферических проводящих структур у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом. Гигиена и санитария. 2020; 99 (10): 1093-1099. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1093-1099>

Для корреспонденции: Русанова Дина Владимировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках средств, выделенных для реализации государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста – Русанова Д.В.; редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – Лахман О.Л.; сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста – Сливницына Н.В.; статистическая обработка материала – Кукс А.Н.

Поступила 10.07.2020

Принята к печати 18.09.2020

Опубликована 30.11.2020

Dina V. Rusanova, Oleg L. Lakhman, Natalya V. Slivnitsyna, Alla N. Kuks

State of central and peripheral conducting structures in patients with vibration disease, burdened with metabolic syndrome

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

Introduction. Vibration disease (VD) is associated with an imbalance of endocrine regulation, the development of metabolic syndrome (MS), which leads to the development of neurological complications. One of the reasons is microcirculation disorders that involve the CNS and peripheral nerves in the pathological process.

The aim of the study is to provide a comprehensive assessment of the state of peripheral nerves and afferent pathways in workers with VD, and patients with VD, burdened with MS.

Material and methods. We examined: 41 patients with VD associated with combined local and general vibration (group 1), group 2 - patients with VD burdened with MS (29 people), control (group 3) - 33 people. Check somatosensory evoked potentials (SSEP) and electroneuro-myography was performed on the NCS system «Neuro-EMG-Micro», «Neurosoft».

Results. In group 2, violations of the central afferent pathways at the level of the cervical spine and the somatosensory cortex were detected, expressed in an increase in the latency period of components P25 and N30 and the duration of the interval N11–N13. When testing the motor and sensory components of peripheral nerves, patients with VD, burdened with MS, were found to have a more pronounced decrease in SPI for the sensory and motor components of the tibial nerve, and increased residual latency.

Discussion. Changes in the central nervous system and peripheral nerves in MS are aggravated by the impact of vibration - changes in carbohydrate, protein, and enzymatic metabolism, triggering processes that lead to polyneuropathy. Exposure to vibration generates chronic stress (external factor MS) associated with activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal system and the development of insulin resistance.

Conclusion. In group 2, there was an increase in moderate autonomous-sensory polyneuropathy of the hands and feet and peripheral angiodystonic syndrome of the hands. Violations in the state of the central afferent pathways at the level of the cervical spine and cortical structures of the somatosensory cortex were detected. Exposure to vibration and MS leads to an aggravation of demyelination of sensory and motor axons of peripheral nerves, expressed in the legs.

К е у в о р д с : vibration disease associated with exposure to local and general vibration; metabolic syndrome; somatosensory evoked potentials; peripheral nerves; electroneuromyography

For citation: Rusanova D.V., Lakhman O.L., Slivnitsyna N.V., Kuks A.N. State of central and peripheral conducting structures in patients with vibration disease burdened with metabolic syndrome. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (10): 1093-1099. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1093-1099> (In Russ.)

For correspondence: Dina V. Rusanova, MD, Ph.D., Laboratory professional and environmentally induced diseases, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru

Information about the authors:

Rusanova D.V., <https://orcid.org/0000-0003-1355-3723>; Lakhman O.L., <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

Slivnitsyna N.V., <https://orcid.org/0000-0002-8984-2452>; Kuks A.N., <https://orcid.org/0000-0003-4685-3669>

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

Acknowledgment. The work was performed within the funds allocated for the implementation of the state task East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Contribution: Rusanova D.V. – research concept and design, material collection and processing, statistical processing, text writing; Lakhman O.L. – editing. Slivnitsyna N.V. – collection and processing, statistical analysis, writing of the text. Kuks A.N. – statistical processing of the material. All coauthors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: July 10, 2020

Accepted: September 18, 2020

Published: November 30, 2020

Введение

В настоящее время в современной промышленности при возрастании объёмов и темпов производства не происходит принципиальных улучшений в условиях труда для работающих, нет широкого внедрения профилактических программ, которые могли бы привести к снижению профессиональной заболеваемости. Наибольшая социальная значимость в этой проблеме принадлежит вибрационной болезни (ВБ) – заболеванию профессиональной этиологии, часто встречающемуся на сегодняшний день и приводящему к снижению трудоспособности и инвалидности [1–6].

Следует отметить, что вибрация имеет тропизм ко многим органам и тканям. Под влиянием вибрации, так же как и при воздействии других профессиональных факторов, запускаются механизмы развития и прогрессирования общих заболеваний, которые отягощают течение и дальнейший прогноз течения профессиональной патологии [7, 8]. У пациентов, имеющих ВБ, отмечается повреждение адаптационно-трофических и нейрогуморальных процессов, под действием которых происходят гормональные сдвиги, возможна инициация процессов дезадаптационного и инволютивного характера, которые приводят к дисбалансу эндокринной регуляции и, как следствие, способствуют развитию метаболической недостаточности [9, 10].

Исследователями на современном этапе уделяется большое внимание изучению процессов, протекающих в организме человека при формировании метаболического синдрома (МС). МС включает в себя комплекс патогенетически связанных между собой обменных нарушений, которые приводят к ускорению развития других патологических состояний, в том числе абдоминальному ожирению, повышению артериального давления, нарушению толерантности к глюкозе, дислипидемии [11, 12]. Имеются результаты, указывающие на более частое по сравнению с данными в популяции формирование МС у рабочих, подвергавшихся воздействию вредных физических факторов, в частности, среди рабочих горнодобывающей и машиностроительной промышленности [13–15].

При развитии МС повышается вероятность развития неврологических осложнений, так как большинство компонентов, формирующих патологическое состояние, и сами по себе, и в результате суммарного воздействия во много раз увеличивают эту вероятность. Под влиянием морфоло-

гических и функциональных изменений, наблюдающихся в первую очередь в микроциркуляторном русле и спровоцированных и/или усугублённых МС, происходит развитие различных проявлений неврологической патологии. При МС поражение в состоянии нервной системы носит универсальный характер, одной из причин которого может являться развитие нарушений микроциркуляции в виде гиперемического, спастического и застойного типа. Перечисленные патологические изменения приводят к вовлечению центральной нервной системы, развитию острых и хронических нарушений мозгового кровообращения, к изменениям в периферической нервной системе, чаще проявляющимся в виде формирования полиневропатии [16–19].

Обобщая вышесказанное, следует сделать вывод, что у пациентов с профзаболеваниями от воздействия физических факторов на производстве, в комплексе с МС, возможно усугубление уже имеющихся нарушений в состоянии аксонов и проводящих структур нервной системы.

Исходя из вышесказанного, представляется актуальным дать комплексную оценку состояния периферических нервов и афферентных проводящих путей у рабочих, подвергающихся в своей профессиональной деятельности сочетанному воздействию локальной и общей вибрации, и пациентов с ВБ, отягощённой МС.

Материал и методы

В исследование включены следующие группы: 1-я группа – пациенты с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (41 человек, средний возраст $49,35 \pm 4,8$ года), и 2-я группа – пациенты с ВБ, вызванной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, отягощённой МС (29 человек, средний возраст $51,18 \pm 6,42$ года). Контрольную группу (3-я группа) составили 33 условно здоровых мужчин репрезентативного возраста ($52 \pm 6,4$ года), не имеющих в профессиональном маршруте контакта с вредными факторами производства. Все группы обследованных сопоставимы по возрасту и стажу.

В обследованных группах представлены следующие профессии: в 1-й группе преимущественно водители лесовоза и машинисты бульдозера – 34,1 и 19,6% соответственно, машинисты экскаватора – 17%, машинисты-крановщики и трактористы – по 12,2%, помощники машиниста экскаватора – 4,9%, во 2-й группе – машинисты

экскаватора и машинисты бульдозера – 37,7 и 20,6%, водители лесовоза, помощники машиниста экскаватора и трактористы – по 13,9%. Неблагоприятными производственными факторами на рабочем месте у обследованных лиц являлись: локальная и общая вибрация, превышающие предельно допустимые уровни (локальная – выше 126 дБ, общая – по оси X и Y выше 112 дБ, по оси Z – выше 115 дБ); шум превышал 80 дБА; вынужденная рабочая поза и стереотипные рабочие движения при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса; нервное перенапряжение работников.

Наличие МС определяли согласно критериям IDF, 2005 г.: абдоминально-висцеральное ожирение (ИМТ > 30 кг/м² и/или ОТ > 94 см) и любые 2 из следующих состояний: гипергликемия натощак ($\geq 6,1$ мм/л венозной крови); артериальное давление $\geq 130/85$ мм рт. ст.; дислипидемия, характеризующаяся повышением уровня триглицеридов плазмы крови > 1,7 мм/л и/или низким уровнем ЛПВП < 1 мм/л. Дополнительными критериями, рекомендуемыми для научных исследований, являются высокая постпрандиальная гликемия, нарушение композиции тела (увеличение общего количества жировой ткани и висцерального её компонента), нарушение толерантности к глюкозе, повышение уровня аполипопротеина В, дисфункция эндотелия, гиперкоагуляция, гиперурикемия и микроальбуминурия.

Регистрацию ССВП и электронейромиографию проводили на электронейромиографе «Нейро-ЭМГ-Микро» («Нейрософт», г. Иваново).

При регистрации показателей ССВП проводили стимуляцию в области запястья срединного нерва. Потенциалы регистрировали в следующих проекциях: в точке Эрба, в шейном отделе позвоночника (на уровне остистого отростка VII шейного позвонка), со скальпа (в точках С3, С4 согласно схеме 10–20%). Анализировали латентный период следующих пиков: N10, N13, N18, N20, P25, N30 и межпиковых интервалов – N10–N13, N11–N13, N13–N18 и N13–N20.

Стимуляционную электронейромиографию (ЭНМГ) проводили по общепринятой методике при наложении поверхностных пластинчатых электродов. Изучали функциональное состояние сенсорных и моторных аксонов, электронейромиографические показатели регистрировали при тестировании срединного и локтевого нервов на верхних конечностях и большеберцового нерва на нижних конечностях. С использованием антидромной методики проводили тестирование сенсорного компонента нервов, стимулировали срединный, локтевой нервы и *n. Suralis* на ногах [20].

Для статистической обработки результатов исследования использовали пакет прикладных программ Statistica 6.0 Stat Soft Inc. (США) (лицензия № AXXR004E642326FA, правообладатель лицензии – ФГБНУ ВСИМЭИ), программы Excel и SNPStats. После проверки на нормальность распределения признаков в выборке методом Шапиро–Уилка сравнение показателей осуществляли параметрическими методами (*t*-критерий Стьюдента). Результаты исследований представлены в виде средней арифметической величины и ее ошибки ($M \pm m$). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$ при сравнении двух групп.

Все научные исследования проводили после подписания обследуемыми информированного согласия в соответствии с принципами, указанными в Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека», принятой с поправками в 2008 г., и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом МЗ РФ № 266 от 19 июня 2003 г. Информированное согласие в установленном порядке было одобрено Комитетом по биомедицинской этике. Проведённые исследования не приводили к ущемлению прав, не причиняли вред здоровью субъектов исследования и не подвергали опасности их благополучие.

Результаты

Основными жалобами пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, были боли в руках, ногах, приступообразные парестезии, которые усиливаются в ночное время, плохой сон из-за болей в руках, ногах, онемения. Пациенты отмечали снижение силы в руках, ногах, зябкость рук и ног в сырую погоду, приступы побеления пальцев рук на холоде, некоторые отмечали боль и ограничение при движении в локтевых суставах.

Клиническая картина ВБ характеризовалась значительным полиморфизмом. При начальной (I) степени ВБ преобладали нейрососудистые нарушения в виде периферического ангиодистонического синдрома рук и/или нерезко выраженной сенсорной или вегетативно-сенсорной полиневропатии рук и ног.

При ВБ умеренной (II) степени выраженности помимо периферического ангиодистонического синдрома и, как правило, умеренно выраженной вегетативно-сенсорной полиневропатии верхних и нижних конечностей отмечали изменения в локтевых суставах, характеризующиеся явлениями остеоартроза с различной степенью выраженности функциональной недостаточности.

При сравнении имеющихся клинических синдромов у обследованных лиц выявлено, что у пациентов с ВБ в сочетании с МС клинические проявления были более значимыми, чем в группе пациентов без МС. Так, умеренно выраженную вегетативно-сенсорную полиневропатию рук наблюдали в 100% случаев, умеренно выраженную вегетативно-сенсорную полиневропатию ног – в 96,5% [95% ДИ (84,0–99,0)] случаев, периферический ангиодистонический синдром рук – в 62,1% [95% ДИ (51,0–75,0)] случаев, остеоартроз локтевых суставов – в 6,9% [95% ДИ (4,0–10,5)] случаев и в 3,4% [95% ДИ (2,0–7,5,0)] – компрессионно-ишемическую невропатию срединных нервов в карпальном канале с двух сторон.

В то время как в группе пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, без МС умеренно выраженную вегетативно-сенсорную полиневропатию рук регистрировали в 75,6% [95% ДИ (55,0–85,0)] случаев, умеренно выраженную вегетативно-сенсорную полиневропатию ног – в 85,4% [95% ДИ (65,0–93,0)] случаев, периферический ангиодистонический синдром рук – в 48,8% [95% ДИ (37,0–62,0)] случаев, остеоартроз локтевых суставов – в 2,4% [95% ДИ (1,5–6,0)] случаев. Компрессионно-ишемическая невропатия в данной группе пациентов не диагностирована, но отмечалось увеличение приступов побеления пальцев рук до 9,8% [95% ДИ (6,0–14,5)], относительно 6,9% [95% ДИ (4,0–10,5)] – в группе пациентов с МС.

При сопоставлении показателей ССВП между пациентами 1-й и 2-й групп установлено, что у пациентов с ВБ, вызванной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, и пациентов с ВБ, отягощённой МС, отмечалось статистически значимое возрастание латентного периода практически всех компонентов при сравнении с данными контрольной группы (табл. 1). Для 1-й группы это латентности показателей N11, N13, N18, N30, для 2-й группы – N10, N11, N13, N18, N20, P25, N30. Следовательно, воздействие вибрации приводит к нарушению состояния афферентных проводящих структур на уровне нейронов спинного мозга, таламических ядер и соматосенсорной зоны коры головного мозга. При сравнении данных, полученных в 1-й и 2-й группах, отмечалось статистически значимое возрастание латентности компонентов P25 и N30 и длительности интервалов N11–N13 во 2-й группе.

Таким образом, при ВБ, отягощённой МС, выявляются более выраженные изменения показателей, полученных при регистрации ССВП.

При сопоставлении показателей, полученных при тестировании моторного компонента нервов на верхних и нижних

Таблица 1

Показатели соматосенсорных вызванных потенциалов у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной и общей вибрации, и с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом, $M \pm m$

Компонент	Тестируемый нерв		
	1-я группа, $n = 41$	2-я группа, $n = 29$	3-я, контрольная группа, $n = 33$
<i>Длительность латентного периода, мс</i>			
N10	10,41 ± 0,07	9,09 ± 0,09 ^{*3}	9,81 ± 0,09
N11	12,93 ± 0,12 ^{**3}	12,68 ± 0,08 ^{**3}	11,09 ± 0,10
N13	14,68 ± 0,13 ^{*3}	15,03 ± 0,14 ^{**3}	13,72 ± 0,08
N18	18,99 ± 0,02 ^{*3}	18,88 ± 0,14 ^{*3}	18,24 ± 0,15
N20	21,35 ± 0,12	21,31 ± 0,21 ^{**3}	20,70 ± 0,18
P25	25,17 ± 0,24	25,61 ± 0,14 ^{*1, **3}	23,49 ± 0,23
N30	31,94 ± 0,22 ^{**3}	32,73 ± 0,37 ^{*1, **3}	29,83 ± 0,88
<i>Длительность интервалов, мс</i>			
N10–N13	4,20 ± 0,14	4,33 ± 0,12	3,83 ± 0,13
N11–N13	1,78 ± 0,07	2,70 ± 0,10 ^{*1}	1,95 ± 0,09
N13–N18	4,21 ± 0,21	3,68 ± 0,16	3,68 ± 0,14
N18–N20	2,37 ± 0,11	2,79 ± 0,16	2,2 ± 0,11
N13–N20	6,37 ± 0,20	6,05 ± 0,22	5,8 ± 0,06

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: различия статистически значимы: ^{*1}, ^{*3} — по сравнению с 1-й и 3-й группами соответственно, $p < 0,05$; ^{**3} — по сравнению с 3-й группой, $p < 0,01$.

конечностях, у пациентов 1-й группы при сравнении с контрольной группой отмечалось статистически значимое снижение скорости проведения импульса (СПИ) в дистальном отделе срединного и большеберцового нервов (табл. 2).

При сравнении с данными контрольной группы показателей, полученных при тестировании локтевого нерва, установ-

лено статистически значимое снижение СПИ в дистальном отделе нервного ствола и уменьшение ниже нормы (менее 50 м/с) в области локтевого сустава. У пациентов 2-й группы отмечалось статистически значимое снижение СПИ в дистальном отделе нервного ствола при тестировании срединного и локтевого нервов. При тестировании большеберцового нерва снижались амплитуда М-ответа и СПИ, возрастала резидуальная латентность. Полученные факты свидетельствуют о том, что у обследованных пациентов 2-й группы отмечаются более выраженные нарушения в состоянии моторного компонента нервов верхних и нижних конечностей.

При сравнении показателей, зарегистрированных у лиц с ВБ, и ВБ, отягощённой МС, отмечали статистически значимое возрастание времени резидуальной латентности и снижение скорости проведения по большеберцовому нерву во 2-й группе.

При сопоставлении показателей, полученных при обследовании пациентов 1-й и 2-й групп, с данными контрольной группы выявлено статистически значимое снижение скорости проведения импульса по нервам верхних и нижних конечностей у лиц с ВБ. Причём снижение СПИ у пациентов обеих групп было ниже значений нормы (менее 50 м/с) (табл. 3).

При тестировании икроножного нерва наряду со снижением СПИ зарегистрировано субпороговое снижение амплитуды потенциала действия. То есть патологические изменения наблюдаются не только в нарушении проводимости, но и в состоянии нервного ствола. Во 2-й группе обследованных при сравнении с данными, полученными в контрольной группе, установлено статистически значимое снижение скорости проведения по сенсорным аксонам нервов верхних и нижних конечностей и субпороговое снижение амплитуды локтевого нерва.

При сравнении показателей верхних и нижних конечностей, зарегистрированных у лиц с ВБ, и ВБ, отягощённой МС, в группе последних установлено статистически значимое снижение амплитуды сенсорного компонента локтевого нерва и снижение скорости проведения по икроножному нерву.

Таблица 2

Показатели состояния моторного компонента периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной и общей вибрации, и с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом, $M \pm m$

Электронейромиографический показатель	Тестируемый нерв								
	срединный			локтевой			большеберцовый		
	группа								
	1-я, $n = 41$	2-я, $n = 29$	3-я, контрольная, $n = 33$	1-я, $n = 41$	2-я, $n = 29$	3-я, контрольная, $n = 33$	1-я, $n = 41$	2-я, $n = 29$	3-я, контрольная, $n = 33$
Амплитуда М-ответа, мВ	7,26 ± 0,31	7,74 ± 0,45	10,68 ± 0,47	7,91 ± 0,23	7,39 ± 0,30	9,97 ± 0,43	7,07 ± 0,37	6,34 ± 0,52	8,86 ± 0,48
Скорость проведения импульса, м/с:									
в проксимальном отделе нервного ствола	69,43 ± 1,73	74,16 ± 1,36	70,04 ± 1,15	60,80 ± 1,48	67,38 ± 1,74	61,76 ± 2,04	—	—	—
в области локтевого сустава	57,58 ± 1,62	55,35 ± 1,75	64,05 ± 1,63	47,70 ± 1,33 ^{*3}	45,08 ± 1,21 ^{*3}	61,12 ± 0,11	—	—	—
в дистальном отделе нервного ствола	48,07 ± 0,76 ^{*3}	48,38 ± 0,97 ^{*3}	52,72 ± 0,76	52,53 ± 1,27 ^{*3}	52,34 ± 1,45 ^{*3}	57,95 ± 0,71	37,63 ± 0,34 ^{**3}	34,66 ± 0,68 ^{*1, **3}	45,83 ± 0,79
Проксимально-дистальный коэффициент	1,47 ± 0,04	1,53 ± 0,03 ^{*3}	1,30 ± 0,03	1,21 ± 0,04	1,30 ± 0,04 ^{*3}	1,14 ± 0,02	—	—	—
Резидуальная латентность, мс	1,85 ± 0,08	1,92 ± 0,09	2,35 ± 0,09	1,51 ± 0,16	1,39 ± 0,09	1,83 ± 0,09	1,52 ± 0,40	2,60 ± 0,47 ^{*1, *3}	2,01 ± 0,09

Таблица 3

Показатели состояния сенсорного компонента периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной и общей вибрации, и с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом, $M \pm m$

Электронейро- миографический показатель	Тестированный нерв								
	срединный			локтевой			икроножный		
	группа								
	1-я, n = 41	2-я, n = 29	3-я, контрольная, n = 33	1-я, n = 41	2-я, n = 29	3-я, контрольная, n = 33	1-я, n = 41	2-я, n = 29	3-я, контрольная, n = 33
Сенсорный ответ, мкВ	5,27 ± 0,23	5,72 ± 0,27	5,74 ± 0,32	5,76 ± 0,18	4,77 ± 0,21 ^{*1.*3}	6,27 ± 0,73	5,21 ± 0,23 ^{*3}	5,85 ± 0,29	6,32 ± 0,31
Скорость проведения импульса в дистальном отделе нервного ствола, м/с	47,17 ± 0,48 ^{*3}	46,45 ± 0,61 ^{*3}	58,38 ± 0,73	46,37 ± 0,45 ^{*3}	45,63 ± 0,57 ^{*3}	57,72 ± 0,79	46,24 ± 0,43 ^{*3}	43,00 ± 0,26 ^{*1.*3}	58,61 ± 0,87

Таким образом, данные, полученные при регистрации ССВП, показали, что у обследованных пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, наблюдались изменения, заключающиеся в увеличении времени постсинаптической активации задних рогов спинного мозга и активации нейронов соматосенсорной зоны коры головного мозга. У пациентов с ВБ, отягощённой МС, изменения в состоянии центральных афферентных проводящих путей имеют более выраженный характер, который заключался в возрастании времени проведения волны возбуждения на уровне шейного утолщения спинного мозга и нарушений в состоянии проводящих структур соматосенсорной зоны головного мозга.

Анализ исследования эфферентных и афферентных аксонов у пациентов с ВБ, отягощённой МС, показал, что у пациентов формируются более выраженные изменения вследствие демиелинизирующего поражения моторного и сенсорного компонентов большеберцового нерва.

Обсуждение

ВБ той или иной степени выраженности занимает второе место среди профзаболеваний, значительно снижая здоровье и качество жизни трудоспособного населения [21, 22]. Воздействие вредных факторов способствует возникновению производственно-обусловленной соматической патологии, имеющей значительные социальные последствия, негативно влияющей на качество и продолжительность жизни.

При воздействии производственной вибрации на организм работающих возникают изменения, которые способствуют формированию и развитию нейрогуморальной и гормональной дисфункций, проявляющихся изменениями в содержании стероидов, минералокортикоидов, нарушается функция щитовидной железы. Одновременно с вибрационной патологией выявляется патологическое течение адаптационно-трофических и нейрогуморальных процессов, приводящих к гормональным сдвигам. В конечном итоге развивается дисбаланс в эндокринной системе, формируется метаболическая недостаточность. Перечисленные процессы лежат в основе формирования МС [23, 24].

Компоненты МС могут повышать риски развития неврологических проявлений, а под влиянием их комплексного воздействия эта вероятность многократно возрастает. Морфологические и функциональные изменения, в первую очередь – в системе микроциркуляции, спровоцированные МС, лежат в основе развития различных проявлений неврологической патологии [25]. При МС поражение нервной системы носит универсальный характер. У обследованных лиц отмечается вовлечение центральной нервной системы,

развиваются острые и хронические нарушения мозгового кровообращения. В периферических нервах протекают демиелинизирующие процессы, приводящие к формированию полиневропатии. В 2 раза чаще, чем в популяции без нарушений углеводного обмена, у пациентов с наличием МС выявляется поражение периферических аксонов и проводящих структур центральной нервной системы. Причём в большинстве случаев признаки поражения периферической нервной системы носят субклинический характер и определяются только при углублённом электрофизиологическом исследовании [26].

Полученные в ходе исследования результаты ЭНМГ-тестирования подтверждают вышеизложенное. У пациентов с ВБ, отягощённой МС, при сравнении с данными, полученными в группе пациентов с ВБ, выявлено статистически значимое возрастание времени резидуальной латентности и снижение скорости проведения импульса по моторным и сенсорным компонентам аксонов нижних конечностей и по сенсорным – верхних конечностей.

Анализ исследований, посвящённых нейрофизиологическим механизмам, лежащим в основе МС, показал уменьшение объёма нейронов головного мозга, нарушение ветвления дендритов и нейрогенеза в различных отделах головного мозга, больше выраженное в гиппокампе [27, 28]. У пациентов под влиянием действия провоспалительных цитокинов наблюдаются патологические изменения в состоянии проводящих путей головного мозга, нарушается нейротрансмиттерная передача в структурах ЦНС. Вышесказанное объясняет результаты, полученные авторами при изучении состояния центральных афферентных проводящих структур у пациентов с ВБ.

Таким образом, у пациентов с ВБ, отягощённой МС, формируется своего рода порочный круг, так как выраженность изменений в структурах центральной нервной системы и периферических нервов, развивающихся при метаболическом синдроме, значительно усугубляется при воздействии вибрации. Механизмы, лежащие в основе формирования ВБ, влияют не только на обменные процессы, изменяя углеводный обмен, но и нарушают белковый, ферментативный и холестеринный обмены, окислительно-восстановительные процессы, выявляющиеся преимущественно в нервной системе в виде демиелинизации и распада осевых цилиндров с развитием полиневропатии. Воздействие вибрации лежит в основе хронического стресса [29–32]. Стресс является внешним фактором развития метаболического синдрома, связанным с активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, поддержанием высокого уровня кортизола в организме, что в свою очередь является одной из причин развития инсулинорезистентности.

Заключение

1. У пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации и отягощённой МС, установлены более выраженные неврологические проявления, заключающиеся в возрастании частоты встречаемости умеренно выраженной вегетативно-сенсорной полиневропатии рук и ног, периферического ангиодистонического синдрома рук.

2. У пациентов с ВБ, отягощённой МС, выявлены нарушения в функциональном состоянии центральных афферентных проводящих путей на уровне шейного отдела позвоночника и структур соматосенсорной зоны коры головного мозга.

3. Установлено, что комбинированное воздействие вибрации и МС приводит к усугублению процессов демиелинизации как сенсорных, так и моторных аксонов периферических нервов, более выраженному на ногах.

Литература

(п.п. 6, 10–12, 14, 19, 26, 28, 32 см. References)

1. Ткачешин В.С. Вибрационная болезнь. Общие положения патогенеза и механизмов развития. *Медицина транспорта Украины*. 2015; (4): 94–9.
2. Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Лапко И.В., Богатырева И.А., Антошина Л.И., Ошкoderов О.А. Воздействие производственной вибрации на организм человека на молекулярно-клеточном уровне. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (9): 34–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-34-43>
3. Сухова А.В., Кирьяков В.А., Богатырева И.А. Эффективность системной терапии вибрационной болезни. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (9): 53–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-53-58>
4. Сухова А.В., Крючкова Е.Н. Оценка состояния костной ткани у рабочих виброопасных профессий. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(6): 542–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-542-546>
5. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(7): 424–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429>
7. Быковская Т.Ю., Пиктушанская И.Н., Горблянский Ю.Ю., Шабалкин А.И., Пиктушанская Т.Е. Сахарный диабет II типа у работников с вредными условиями труда в Ростовской области. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2011; (1–1): 187–90.
8. Лапко И.В., Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Антошина Л.И., Ошкoderов О.А. Влияние производственной вибрации на развитие инсулинорезистентности и сахарного диабета второго типа. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (2): 30–3.
9. Колесов В.Г., Русанова Д.В., Лахман О.Л., Лизарев А.В. Гормональные механизмы периферической невропатии при вибрационной болезни. *Медицина труда и промышленная экология*. 2005; (10): 16–20.
13. Кирьяков В.А., Крылова И.В., Никитина Г.В., Сааркоппель Л.М., Желова А.В. Патогенетические аспекты метаболического синдрома при вибрационной болезни (обзор литературы). *Медико-экологические проблемы работающих*. 2009; (4): 65–8.
15. Суворов И.М., Карлов В.А., Кормушин В.В. Состояние нейромоторной регуляции у больных диабетом 2-го типа от воздействия локальной вибрации. *Гигиена и санитария*. 1985; 65(2): 75–6.
16. Шишикова В.Н. Особенности развития неврологических осложнений у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и метаболическим синдромом: возможность коррекции и профилактики. *Терапевтический архив*. 2015; (1): 135–9. <https://doi.org/10.17116/terarkh2015871109-114>
17. Кукс А.Н., Кудяева И.В., Сливницына Н.В. Состояние микроциркуляции у пациентов с вибрационной болезнью, имеющих метаболические нарушения. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(10): 1096–101. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123>
18. Хасанов А.Х., Бакиров Б.А., Давлетшин Р.А., Шарипова И.А., Кудлай Д.А. Влияние эндотелиальной дисфункции на гендерно-сосудистую и нейрокогнитивную гетерогенность при мультифокальном атеросклерозе у пожилых пациентов. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(4): 129–37. <https://doi.org/10.17116/profmed201922041129>
20. Николаев С.Г. *Практикум по клинической электронной миографии*. Иваново; 2003.
21. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В. Вопросы профессиональной заболеваемости: ретроспектива и современность. В кн.: *Материалы XI Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье»*. М.; 2012: 29–36.
22. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (3): 7–13.
23. Крылова И.В., Иванова Д.С., Кирьяков В.А., Алиев А.Ф. Факторы риска развития метаболического синдрома у работников при воздействии вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; (12): 19–22.
24. Азовская Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьева Н.Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни. *Русский медицинский журнал*. 2014; 22(16): 1206–9.
25. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Шумейко Н.И., Гидаева М.О. Оценка микроциркуляторных и метаболических нарушений у больных вибрационной болезнью. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2017; 149(2): 27–30.
27. Ванчакова Н.П. Метаболический синдром с позиции пограничной психиатрии. *Учёные записки СПбГМУ им. акад. И.П.Павлова*. 2013; 20(2): 8–11.
29. Шпигель А.С. Концентрация в крови тиреоидных гормонов и их реакция на тиролиберин при вибрационной патологии. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1990; (2): 54–66.
30. Давыдова Н.С., Лизарев А.В., Абраматец Е.А., Иванская Т.И. Нарушение основных параметров стресс-реализирующей системы при действии на организм локальной вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2003; (3): 32–5.
31. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности вибрационной болезни горняков при современных технологиях добычи рудного сырья в Колском Заполярье. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2016; 60(6): 312–6. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316>

References

1. Tkachishin V.S. Vibratory disease. The general provisions of pathogenesis and mechanisms of development. *Meditsina transporta Ukrainy*. 2015; (4): 94–9. (in Russian)
2. Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Lapko I.V., Bogatyreva I.A., Antoshina L.I., Oshkoderov O.A. Impact of occupational vibration on molecular and cell level of human body. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; (9): 34–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-34-43> (in Russian)
3. Sukhova A.V., Kir'yakov V.A., Bogatyreva I.A. Efficiency of systemic therapy of vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; (9): 53–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-53-58> (in Russian)
4. Sukhova A.V., Kryuchkova E.N. Assessment of the status of bone tissue in the working vibration threatening occupations. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2018; 97(6): 542–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-542-546> (in Russian)
5. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Kur'evov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(7): 424–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429> (in Russian)
6. Sackler A.M., Weltman H.S. Effects of vibration on the endocrine system of male and female rate. *Aerosp. Med.* 2016; 37(2): 158–66.
7. Bykovskaya T.Yu., Piktushanskaya I.N., Gorblyanskiy Yu.Yu., Shabalkin A.I., Piktushanskaya T.E. Metabolic syndrome occurrence in the workers engaged with hard physical labour in Rostov region. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2011; (1–1): 187–90. (in Russian)
8. 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. (in Russian)
9. Kolesov V.G., Rusanova D.V., Lakhman O.L., Lizarev A.V. Humoral mechanisms of peripheral neuropathy in vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2005; (10): 16–20. (in Russian)
10. Sakakibara H., Maeda S., Yonekawa Y. Thermotactile threshold testing for the evaluation of sensory nerve function in vibration-exposed patients and workers. *Occup. Environ. Health*. 2012; 75(1–2): 90–6. Doi: 10.1007/s004200100282. (in Russian)

11. Sadosky A., Schaefer C., Mann R., Bergstrom F., Baik R., Parsons B., et al. Burden of illness associated with painful diabetic peripheral neuropathy among adults seeking treatment in the US: results from a retrospective chart review and cross-sectional survey. *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* 2013; 6: 79–92. <https://doi.org/10.2147/dmso.s37415>
12. Asghar O., Petropoulos I.N., Alam U., Jones W., Jeziorska M., Marshall A., et al. Corneal confocal microscopy detects neuropathy in subjects with impaired glucose tolerance. *Diabetes Care.* 2014; 37(9): 2643–6. <https://doi.org/10.2337/dc14-0279>
13. Kir'yakov V.A., Krylova I.V., Nikitina G.V., Saarkoppel' L.M., Zheglova A.V. Pathogenetic aspects of metabolic syndrome at vibrating disease. *Mediko-ekologicheskie problemy rabotayushchikh.* 2009; (4): 65–8. (in Russian)
14. Sackler A.M., Weltman H.S. Effects of vibration on the endocrine system of male and female rats. *Acrosp. Med.* 2016; 37(2): 158–66.
15. Suvorov I.M., Karlov V.A., Kormushin V.V. Neurohormonal regulation in patients with vibration disease caused by local vibrations. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 1985; 65(2): 75–6. (in Russian)
16. Shshikova V.N. Specific features of neurological complications developing in patients with type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome: Possibility for correction and prevention. *Terapevticheskiy arkhiv.* 2015; (1): 135–9. <https://doi.org/10.17116/terarkh2015871109-114> (in Russian)
17. Kuks A.N., Kudaeva I.V., Slivnitsyna N.V. The state of microcirculation in patients with vibration disease with metabolic disorders. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2019; 98(10): 1096–101. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123> (in Russian)
18. Khasanov A.Kh., Bakirov B.A., Davletshin R.A., Sharipova I.A., Kudlay D.A. Influence of endothelial dysfunction on gender-vascular and neurocognitive heterogeneity in multifocal atherosclerosis in elderly patients. *Profilakticheskaya meditsina.* 2019; 22(4): 129–37. <https://doi.org/10.17116/profmed201922041129> (in Russian)
19. Lopes-Vicente W.R.P., Rodrigues S., Cepeda F.X., Jordão C.P., Costa-Hong V., Dutra-Marques A.C.B., et al. Arterial stiffness and its association with clustering of metabolic syndrome risk factors. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2017; 9: 87–91. <https://doi.org/10.1186/s13098-017-0286-1>
20. Nikolaev S.G. Workshop on Clinical Electroneuromyography [Praktikum po klinicheskoy elektroneyromiografii]. Ivanovo; 2003. (in Russian)
21. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V. Issues of occupational morbidity: retrospect and modernity. In: *Materials of the XI All-Russian Congress «Profession and Health» [Materialy XI Vserossiyskogo kongressa «Professiya i zdorov'ye»]*. Moscow; 2012: 29–36. (in Russian)
22. Popova A.Yu. Working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2015; (3): 7–13. (in Russian)
23. Krylova I.V., Ivanova D.S., Kir'yakov V.A., Aliev A.F. Risk factors for metabolic syndrome in workers exposed to vibration. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2009; (12): 19–22. (in Russian)
24. Azovskova T.A., Vakurova N.V., Lavrent'eva N.E. On modern aspects of diagnostics and classification of vibration disease. *Russkiy meditsinskiy zhurnal.* 2014; 22(16): 1206–9. (in Russian)
25. Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N., Shumeyko N.I., Gidayatova M.O. The valuation of microcirculatory and metabolic disorders in the patients with vibration disease. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk).* 2017; 149(2): 27–30. (in Russian)
26. Callaghan B.C., Xia R., Banerjee M., de Rekeneire N., Harris T.B., Newman A.B., et al. Metabolic syndrome components are associated with symptomatic polyneuropathy independent of glycemic status. *Diabetes Care.* 2016; 39(5): 801–7. <https://doi.org/10.2337/dc16-0081>
27. Vanchakova N.P. Metabolic syndrome from the position of the edge of psychiatry. *Uchenye zapiski SPbGMU im. akad. I.P.Pavlova.* 2013; 20(2): 8–11. (in Russian)
28. Alberti K.G., Eckel R.H., Grundy S.M., Zimmet P.Z., Cleeman J.I., Donato K.A., et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation. Task force on epidemiology and prevention. *Circulation.* 2009; 120(16): 1640–5. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192644>
29. Shpigel' A.S. Concentration in the blood thyroid hormones and their reaction to thyroliberin in vibration pathology. *Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya.* 1990; (2): 54–66. (in Russian)
30. Davydova N.S., Lizarev A.B., Abramats E.A., Ivanskaya T.I. Disorders in main stress effector parameters under local vibration. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2003; (3): 32–5. (in Russian)
31. Syurin S.A., Shilov V.V. The characteristics of vibration disease of miners in conditions of modern technologies of mining ore raw materials in the Kola High North. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii.* 2016; 60(6): 312–6. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316> (in Russian)
32. Burström L., Nilsson T., Walström J. Combined exposure to vibration and cold. *Barents Newsletters on Occupational Health and Safety.* 2015; 18(1): 17–8.