

EDN: <https://elibrary.ru/lyqfik>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-4-249-255>

УДК 616-001.34+616-008.9:616.8

© Коллектив авторов, 2023

Русанова Д.В., Лахман О.Л.

Особенности поражения проводящих структур нервной системы у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом и метаболическим синдромом

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12-а микрорайон, 3, а/я 1170, г. Ангарск, 665826

Введение. Интерес представляют процессы, развивающиеся при вибрационной болезни (ВБ) в сочетании с метаболическим синдромом (МС) или сахарным диабетом (СД), сочетанные формы заболеваний ухудшают их течение и прогноз. **Цель исследования** — дать оценку особенностям состояния центральных афферентных проводящих структур и периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом.

Материалы и методы. Обследованы 155 рабочих с ВБ — I группа с установленным диагнозом ВБ (86 человек); II — с ВБ сочетанной с СД (30 человек); III — с ВБ, отягощённой МС (39 человек). Проводилось электронейромиографическое обследование и регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов, при стимуляции срединного нерва в области запястья. Точки отведения — точка Эрба, шейный отдел спинного мозга, со скальпа в области проекции прецентральной извилины. Применялся многофакторный дискриминантный анализ с пакета прикладных программ STATISTICA «Discriminant analysis» — версия 6 фирмы StatSoft Inc. (США).

Результаты. При ВБ, осложнённой МС, изменения были в дистальном отделе моторных аксонов, при ВБ, отягощённой СД, снижалась амплитуда моторного компонента срединного и большеберцового нервов, скорость проведения импульса в проксимальном отделе срединного нерва. Соматосенсорные вызванные потенциалы при ВБ в сочетании с МС выявили увеличение латентности N13 и N20. При ВБ, отягощённой СД, возрастала длительность N13–N18, N13–N20, латентность N18, N20, N30.

Ограничения исследования. Ограничением исследования является применение несвязанных выборок для статистического анализа. Доказательным должно было бы считаться изучение состояния центральных и периферических проводящих структур в связанных выборках: метаболический синдром и далее — сахарный диабет.

Выводы. Закономерностями поражения периферических нервов при ВБ, связанной с воздействием общей и локальной вибрации, отягощённой СД или МС, являлись нарушения афферентных аксонов верхних и нижних конечностей, а также изменения в дистальных отделах моторного компонента большеберцового и срединного нервов. Особенности состояний периферических нервов при ВБ, отягощённой СД, было комплексное вовлечение в патологический процесс моторного компонента, характеризующееся изменением амплитуды, времени прохождения импульса на уровне концевых немиелинизированных волокон срединного и большеберцового нервов и изменениями в проксимальном отделе срединного нерва. При ВБ, осложнённой МС, патологические изменения были характерны для дистального отдела моторных аксонов. Закономерности поражения афферентных проводящих структур при ВБ, отягощённой СД или МС, состояли в нарушении активности нейронов шейного отдела спинного мозга и соматосенсорной зоны коры. Особенностью состояния центральных афферентных проводящих структур при ВБ, отягощённой СД, являлось замедление проведения афферентной волны возбуждения в области таламических структур до соматосенсорной зоны коры, нарушение проведения от ствола до корковых проекций соматосенсорной зоны. При ВБ, осложнённой МС — время проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела позвоночника и соматосенсорной зоны коры.

Этика. Заключение ЛЭК Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» № 32 от 10.09.2019 года.

Ключевые слова: вибрационная болезнь; метаболический синдром; сахарный диабет; электронейромиография; соматосенсорные вызванные потенциалы

Для цитирования: Русанова Д.В., Лахман О.Л. Особенности поражения проводящих структур нервной системы у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом и метаболическим синдромом. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(4): 249–255. <https://elibrary.ru/lyqfik> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-4-249-255>

Для корреспонденции: Русанова Дина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru

Участие авторов:

Русанова Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание и оформление статьи, редактирование;

Лахман О.Л. — концепция и дизайн исследования, редактирование.

Финансирование. Финансирование осуществлялось в рамках выполнения Государственного задания по фундаментальным и поисковым научным исследованиям. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 01.03.2023 / Дата принятия к печати: 07.03.2023 / Дата публикации: 10.04.2023

Dina V. Rusanova, Oleg L. Lakhman

Features of damage to the conductive structures of the nervous system in patients with vibration disease, burdened with diabetes mellitus and metabolic syndrome

East Siberian Institute of Medical and Environmental Research, 12th Microdistrict, 3, Angarsk, 665826

Introduction. Of interest are the processes developing in vibration disease (VD) in combination with metabolic syndrome (MS) or diabetes mellitus (DM), combined forms of diseases worsen their course and prognosis.

The study aims to assess the features of the state of central afferent conductive structures and peripheral nerves in patients with vibration disease, burdened with diabetes mellitus or metabolic syndrome.

Materials and methods. The scientists have examined 155 workers with VD — group one with an established diagnosis of VD (86 people); group two — with VD combined with DM (30 people); group three — with VD burdened with MS (39 people). The authors have conducted the electroneuromyographic examination and registration of somatosensory evoked potentials, with stimulation of the median nerve in the wrist. Abduction points — Erb point, cervical spinal cord, from the scalp of the projection area of the precentral gyrus. The researchers have applied multivariate discriminant analysis from the STATISTICA — version 6 application software package of StatSoft Inc (USA).

Results. With VD complicated by MS, changes were in the distal part of the motor axons, with VD burdened with DM, the amplitude of the motor component of the median and tibial nerves decreased, the speed of the pulse in the proximal part of the median nerve. Somatosensory evoked potentials in VD in combination with MS revealed an increase in latency of N13 and N20. The duration of N13–N18, N13–N20, latency N18, N20, N30 increased in the case of WB, burdened with DM.

Limitations. The limitation of the study is the use of unrelated samples for statistical analysis. The study of the state of central and peripheral conductive structures in connected samples should be considered evidence-based: metabolic syndrome and further — diabetes mellitus.

Conclusion. *The patterns of peripheral nerve damage in VD associated with exposure to general and local vibration, burdened with DM or MS, were disorders of afferent axons of the upper and lower extremities, as well as changes in the distal parts of the motor component of the tibial and median nerves. The features of the peripheral nerve states in VD, burdened with DM, were the complex involvement of the motor component in the pathological process, characterized by changes in the amplitude, pulse transit time at the level of the terminal unmyelinated fibers of the median and tibial nerves and changes in the proximal part of the median nerve. In VD complicated by MS, pathological changes were characteristic of the distal part of the motor axons. The patterns of afferent conductive structures lesion in VD, burdened with DM or MS, consisted in a violation of the activity of neurons of the cervical spinal cord and the somatosensory cortex. The peculiarity of the state of the central afferent conducting structures in VD, burdened with DM, was the slowing down of the afferent excitation wave in the area of thalamic structures to the somatosensory zone of the cortex, a violation of the conduction from the trunk to the cortical projections of the somatosensory zone. In case of VD, complicated by MS — the time of the afferent excitation wave at the level of the cervical spine and the somatosensory cortex.*

Éthics. Conclusion of the MEC of the Federal State Budgetary Scientific Institution "East Siberian Institute of Medical and Environmental Research" No. 32 dated 09.10.2019.

Keywords: vibration disease; metabolic syndrome; diabetes mellitus; electroneuromyography; somatosensory evoked potentials

For citation: Rusanova D.V., Lakhman O.L. Features of damage to the conductive structures of the nervous system in patients with vibration disease, burdened with diabetes mellitus and metabolic syndrome. *Med. truda i prom ekol.* 2023; 63(4): 249–255. <https://elibrary.ru/lyqfik> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-4-249-255> (in Russian)

For correspondence: Dina V. Rusanova, the Senior Researcher at the Laboratory of Professional and Environmentally Conditioned Pathology, East Siberian Institute of Medical and Environmental Research, Cand. of Sci. (Biol.). 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>

Contribution:

Rusanova D.V. — concept and design of research, collection and processing of material, writing and design of the article, editing;

Lakhman O.L. — concept and design of research, editing.

Funding. The funding was carried out within the framework of the State Task on fundamental and Exploratory scientific research. The study had no funding.

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

Received: 01.03.2023 / Accepted: 07.03.2023 / Published: 00.00.2023

Введение. Вибрационная болезнь (ВБ), занимающая одно из ведущих мест в профпатологии, характеризуется многообразием проявлений. Данный факт определяется сложностью патологических механизмов, которые участвуют в формировании симптомов заболевания. Неблагоприятные последствия для здоровья, связанные с воздействием вибрации, хорошо описаны, детализированы ключевые расстройства, вызванные локальной и общей вибрацией [1–5].

Важную роль в патогенезе ВБ играют сосудистые нарушения, обусловленные повреждающим действием вибрации на эндотелий сосудов [6–7]. Эндотелиальная дисфункция принадлежит одна из важных ролей в развитии демиелинизирующей патологии, так, например, фактором, способствующим развитию демиелинизации, может являться снижение содержания NO. Известно влияние содержания NO на процессы электрогенеза миелинизированных и немиелинизированных нервных волокон [8, 9]. Ряд авторов подтверждает недостаточную продукцию NO при эндотелиальной дисфункции поскольку оксид азота принимает участие в регуляции практически всех функций эндотелия и, кроме того, является соединением, наиболее чувствительным к повреждению [10, 11].

При хроническом воздействии вибрации на организм работающих происходит расстройство баланса в адрено- и холинреактивных структурах, что приводит к повышению тонуса неспецифических структур ретикулярной формации, а также к нарушению в корково-подкорковых связях. Протекание перечисленных процессов способствует формированию метаболической недостаточности, которая, в свою очередь, приводит к дистрофическим нарушениям в отделах, как центральной нервной системы, так и в периферических нервах. Регистрируются демиелинизирующие изменения, распад осевых цилиндров, что приводит к развитию полиневропатии [1, 12–14].

Так как доказан системный характер вовлечения структур нервной системы в процессы, развивающиеся под воздействием вибрации, актуальным является изучение механизмов развития, методов терапии и профилактики вибрационной болезни, в том числе, при сочетании с метаболическим синдромом (МС) и сахарным диабетом (СД) [15–16].

Необходимо изучение сочетанных видов патологических изменений в организме у лиц, подвергавшихся воздействию вибрации на производстве, усугубляющих те-

чение заболевания, прогноз, и приводящим к изменениям классических проявлений. Актуальным являются выявление особенностей поражения структур нервной системы и разработка критериев, позволяющих выявлять изменения в периферических нервах и центральных проводящих путях при ВБ, отягощённой метаболическим синдромом или сахарным диабетом.

Цель исследования — дать оценку особенностям состояния центральных афферентных проводящих структур и периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с сочетанным воздействием общей и локальной вибрации, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом.

Материалы и методы. Всего в работе было обследовано 155 рабочих с диагнозом ВБ: в I группу вошло 86 человек с установленным диагнозом ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации ($n=86$ человек); II группа — с диагнозом ВБ, отягощённой сахарным диабетом ($n=30$ человек); III группа — с ВБ, имеющей метаболический синдром ($n=39$ человек).

Диагноз ВБ обследованным пациентам был установлен с учётом данных санитарно-гигиенической характеристики условий труда, стажа работы, а также согласно результатам клинко-функционального обследования. Метаболический синдром и сахарный диабет были диагностированы в соответствии с критериями Международной федерации диабета [17].

Была проведена стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) по стандартной методике с применением электронейромиографа «Нейро-ЭМГ-Микро» «Нейрософт» г. Иваново. Проводилось исследование центральных афферентных проводящих структур (регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов — ССВП), были изучены показатели состояния сенсорных и моторных аксонов срединного, локтевого и большеберцового нервов. Сенсорные аксоны периферических нервов тестировались по антидромной методике. Регистрация (ССВП) проводилась при стимуляции срединного нерва в области запястья. Вызванные потенциалы регистрировались с точки Эрба, с шейного отдела спинного мозга (остистый отросток VII шейного позвонка) и со скальпа (точки С3, С4 согласно схеме 10–20%) [18].

При статистической обработке полученных результатов использовался пакет программ *STATISTICA 6.0 Stat Soft Inc.* (США). Нами был применён многофакторный дискриминантный анализ «*Discriminant analysis*» из имеющегося пакета программ для определения статистически значимых отличительных признаков. С использованием метода шаговых процедур проводилась оценка информативности показателей, определялась величина $F \geq 3,5$, которая служила граничным значением F -включений; мера D^2 Махаланобиса была критерием классификации. Был установлен критический уровень значимости $p < 0,05$ для проверки статистических гипотез.

Результаты. При вибрационной болезни, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, пациентами предъявлялись жалобы на боли в руках и ногах ноющего характера, которые беспокоили преимущественно во время отдыха и ночью. Наблюдалось снижение силы в верхних и нижних конечностях, а также приступы парестезий в ночное время и при подъёме рук вверх. Пациенты отмечали зябкость в руках, приступы побеления пальцев рук на холоде, беспокоило ограничение активных движений из-за боли в суставах рук.

У пациентов в I группе выявленная симптоматика заболевания коррелировала со степенью выраженности ВБ. При первой степени основным клиническим проявлением были нейрососудистые нарушения на верхних конечностях: выявлялся периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей, полинейропатия верхних и нижних конечностей с сенсорными нарушениями. У пациентов с II (умеренной) степенью выраженности ВБ отмечалась полинейропатия верхних и нижних конечностей с сенсорными и вегетативно-трофическими нарушениями, периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей наблюдался более чем в $1/3$ случаев, на побеление пальцев рук на холоде жаловались 17 пациентов.

Во II группе пациентов с ВБ, осложнённой сахарным диабетом, выявлялись боли в руках у 21 пациента и в ногах — у 26, онемение рук было у 25, в ногах — у 28 обследованных. На чувство «ползания мурашек» (парестезии) в руках предъявляли жалобы 24 пациента, в ногах — 29 пациентов. На замерзание рук и ног обращали внимание 10 обследованных. У 21 пациента встречался суставной синдром в виде остеоартроза коленных суставов, локтевых суставов — у 12 обследованных. Согласно опросу, боли в ногах и онемение у пациентов II группы носили более выраженный характер при сравнении с лицами I группы.

Пациенты с ВБ, отягощённой метаболическим синдромом (III группа), жаловались также на боли в руках и ногах 29 человек, на онемение рук — 30 человек, ног — 35 человек. Чувство «ползания мурашек» (парестезий) на руках отмечали 19, а на ногах — 25 пациентов, замерзание рук на холоде в сырую погоду — 7 обследованных, ног — 13 обследованных.

Анализ результатов электрофизиологических исследований установил, что у пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием общей и локальной вибрации, отмечалось снижение скорости проведения импульса (СПИ) в дистальном отделе срединного нерва у 70 человек (от 42,1 до 50,2 м/с), в проксимальном — у 48 человек (от 44,5 до 50,1 м/с), локальное демиелинизирующее поражение моторного компонента локтевого нерва в области локтевого сустава отмечалось у 79 человек (от 38,4 до 46,2 м/с). Снижалась СПИ по моторному компоненту большеберцового нерва у 81 обследованного (от 32,6 до 38,9 м/с).

В группе лиц с ВБ, отягощённой сахарным диабетом, установлено следующее: выявлена более СПИ по моторным аксонам срединного нерва у 16 обследованных в проксимальном отделе (от 41,1 до 46,2 м/с, при нормальных значениях не менее 50 м/с), у 28 обследованных — в дистальном отделе нервного ствола (от 37,1 до 44,6 м/с). По локтевому нерву отмечалась сниженная СПИ в области локтевого сгиба в 24 случаях (от 40,2 до 46,7 м/с), а в дистальных отделах по моторным аксонам — в 28 (от 42,5 до 48,9 м/с). На ногах снижение СПИ регистрировалось в 25 случаях (от 27,3 м/с до 38,2 м/с, норма — не менее 40 м/с). При тестировании сенсорного компонента установлено, что сниженная СПИ по срединному нерву встречается у 24 пациентов (от 42,0 до 46,8 м/с, норма — не менее 50 м/с), а по локтевому нерву — у 28 обследованных (от 40,0 до 48,3 м/с), по икроножному — у всех обследованных (от 42,1 до 48,3 м/с).

В ранее проведённых исследованиях выявлены характерные нарушения состояния центральных и периферических проводящих структур у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом

[20]. Установлено, что у пациентов снижалась СПИ в дистальном отделе моторного компонента срединного нерва в 24 случаях (от 42,6 до 46,7 м/с), локтевого нерва — в 34 случаях (от 41,2 до 47,6 м/с). В области локтевого сустава при тестировании локтевого нерва СПИ снижалась у 34 (от 39,5 до 45,6 м/с), а по моторному компоненту большеберцового нерва — у 31 обследованного (от 30 до 36,6 м/с). По сенсорному компоненту снижение на руках регистрировалось в 34 случаях для срединного нерва (от 42,4 до 48,5 м/с), для локтевого нерва — в 30 случаях (от 41,2 до 47,8 м/с), по икроножному нерву СПИ снижалась у 35 обследованных (от 42,2 до 47,8 м/с).

Из выше приведённых данных видно, что состояние моторного и сенсорного компонентов периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом, характеризуется более выраженными демиелинизирующими изменениями, заключавшимися в снижении СПИ как на верхних, так и на нижних конечностях.

При анализе изменений в состоянии аксонов центральных афферентных проводящих структур у обследованных выявлено увеличение показателей у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом, практически на всем протяжении от шейного отдела позвоночника до соматосенсорной зоны коры головного мозга (рисунок). Более выраженное замедление времени проведения импульса наблюдается у пациентов с ВБ, отягощённой сахарным диабетом.

После изучения характера установленных изменений, выявленных при тестировании центральных и периферических проводящих структур обследованных пациентов, закономерным является вопрос о специфичности нарушений для рассмотренных патологических состояний, отягощающих течение вибрационной болезни. Учитывая позиции доказательной медицины, далее нами определялись статистически значимые и информативные ЭНМГ-показатели, которые могли быть характерными для эффективной диагностики поражений периферических нервов, формирующихся при воздействии вибрации на производстве, и осложнённых сахарным диабетом или метаболическим синдромом соответственно. Нами был проведён дискриминантный анализ, в ходе которого данные, полученные при проведении обследований пациентов II и III групп, сравнивались с результатами, определёнными у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с

сочетанным воздействием общей и локальной вибрации (I группа).

Выявленные наиболее информативные ЭНМГ показатели представлены в **таблице 1**.

Из полученных результатов видно, что характерными закономерными изменениями при ВБ, осложнённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом, являлось поражение сенсорных аксонов периферических нервов верхних и нижних конечностей (срединного, локтевого и икроножного нервов), дистального отдела моторного компонента большеберцового и срединного нервов.

У пациентов с вибрационной болезнью, осложнённой метаболическим синдромом, патологические изменения были характерны для дистального отдела моторных аксонов, у пациентов с сахарным диабетом вовлечение в патологический процесс периферических нервов сопровождалось снижением амплитуды моторного компонента срединного и большеберцового нервов. Развитие демиелинизирующих изменений, заключавшееся в снижении СПИ в проксимальном отделе срединного нерва, чаще встречалось у пациентов с сахарным диабетом ($p=0,002$), чем у пациентов с наличием метаболического синдрома ($p=0,012$).

Данные, полученные при проведении дискриминантного анализа показателей, определённых при регистрации ССВП, представлены в **таблице 2**. Выявлено, что наиболее характерными изменениями при вибрационной болезни, отягощённой метаболическим синдромом, были изменения латентного периода компонентов N13 (отражающего постсинаптическую активацию задних рогов спинного мозга) и N20 (характеризующего первичную корковую активацию нейронов соматосенсорной зоны).

Для пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой сахарным диабетом, вовлечённым в патологический процесс, наряду со структурами шейного отдела позвоночника, оказался не только весь комплекс показателей, характеризующий проведение от таламических структур до проводящих путей коры головного мозга (длительность интервала N13–N18, латентность компонентов N18, N20, N30), но и длительность интервала N13–N20.

Обсуждение. Установлено, что к закономерным признакам поражения периферических нервов при вибрационной болезни, отягощённой метаболическим синдромом или сахарным диабетом, относятся нарушения в афферентных аксонах нервов на верхних и нижних конечностях.

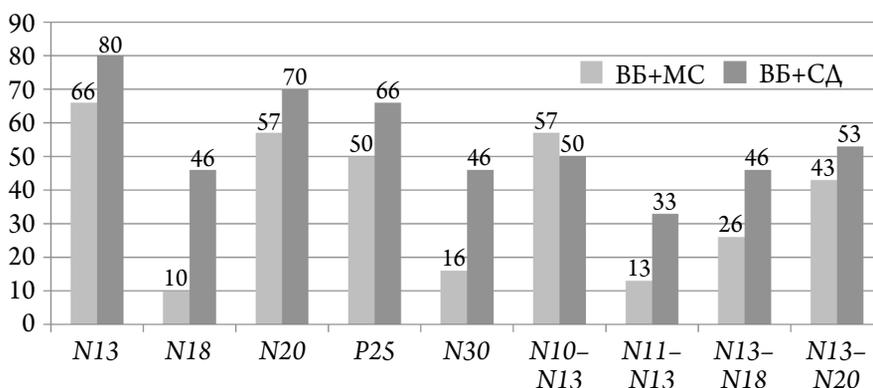


Рисунок. Процент увеличения показателей ССВП более значения нормы у обследованных

Figure. The percentage increase in somatosensory evoked potentials over the normal value in the examined

Таблица 1 / Table 1

Достоверность наиболее информативных показателей электронейромиографии
Reliability of the most informative indicators of electroneuromyography

Показатели	F-включения	p
Вибрационная болезнь, отягощённая сахарным диабетом		
Скорость проведения импульса икроножного нерва	87,35	0,00001
Скорость проведения импульса сенсорного компонента локтевого нерва	79,14	0,00001
Скорость проведения импульса сенсорного компонента срединного нерва	71,12	0,00001
Скорость проведения импульса в дистальном отделе большеберцового нерва	28,89	0,00001
Амплитуда моторного компонента большеберцового нерва	20,97	0,00002
Скорость проведения импульса в дистальном отделе срединного нерва	37,54	0,0001
Скорость проведения импульса в области локтевого сустава локтевого нерва	27,78	0,0001
Резидуальная латентность большеберцового нерва	9,76	0,0002
Амплитуда моторного компонента срединного нерва	18,87	0,0005
Скорость проведения импульса в проксимальном отделе срединного нерва	5,24	0,002
Амплитуда моторного компонента локтевого нерва	10,34	0,002
Резидуальная латентность локтевого нерва	5,28	0,02
Вибрационная болезнь, отягощённая метаболическим синдромом		
Скорость проведения импульса икроножного нерва	82,46	0,00001
Скорость проведения импульса сенсорного компонента локтевого нерва	66,35	0,00001
Скорость проведения импульса сенсорного компонента срединного нерва	46,35	0,00001
Скорость проведения импульса в дистальном отделе большеберцового нерва	32,69	0,00001
Скорость проведения импульса в области локтевого сустава локтевого нерва	31,74	0,00001
Скорость проведения импульса в дистальном отделе срединного нерва	12,72	0,0007
Резидуальная латентность локтевого нерва	7,49	0,008
Скорость проведения импульса в проксимальном отделе срединного нерва	6,69	0,012

стях, изменения в дистальном отделе моторного компонента большеберцового нерва на нижних конечностях и срединного нерва — на верхних.

Для вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом, выявлены следующие особенности в состоянии периферических нервов: комплексное вовлечение в патологический процесс структур моторного компонента, т. е. амплитуды М-ответа, времени, необходимого для проведения импульса по концевым немиелинизированным волокнам срединного и большеберцового нервов. Также большой вклад вносили изменения, характеризующие состояние проксимального отдела моторного компонента срединного нерва.

Доказана высокая эффективность электронейромиографического исследования в диагностике вибрационных полинейропатий. Установлено, что у стажированных пациентов, контактирующих с общей вибрацией, происходят изменения со стороны проведения импульса по двигательным волокнам, прежде всего нижних конечностей, о чём говорит изменение скоростных показателей проведения по большеберцовому нерву, статистически значимо ниже нормативных [19]. У пациентов с ВБ было зарегистрировано замедление СПИ ($p < 0,001$), как по сенсорным, так и моторным волокнам срединного и локтевого нервов и увеличение терминальной латентности в сравнении с группой здоровых лиц, что свидетельствует о развитии у них вегетативно-сенсорной полинейропатии верхних конечностей [20]. Cook R., Бабановым С.А. с соавторами доказано, что при сочетании ВБ с сахарным диабетом выяв-

Таблица 2 / Table 2

Достоверность наиболее информативных показателей соматосенсорных вызванных показателей
Reliability of the most informative indicators of somatosensory evoked indicators

Показатели	F-включения	p
Вибрационная болезнь, отягощённая сахарным диабетом		
Латентный период компонента N13	10,63	0,001
Длительность интервала N13–N20	9,34	0,003
Длительность интервала N13–N18	5,58	0,020
Латентный период компонента N30	3,40	0,006
Латентный период компонента N20	1,75	0,019
Латентный период компонента N18	0,54	0,046
Вибрационная болезнь, отягощённая метаболическим синдромом		
Латентный период компонента N13	5,58	0,021
Латентный период компонента N10	4,75	0,034
Латентный период компонента N20	3,06	0,045

ляются удлинением терминальной латентности, замедление скорости проведения импульса по сенсорным аксонам при относительном сохранении функциональной активности моторных единиц [21–22].

Наши исследования установили высокую информативность ЭНМГ показателей, характеризующих не только состояние сенсорного, но и моторного компонента нервов: скорости проведения в проксимальном отделе нервного ствола верхних конечностей при метаболическом синдроме ($p=0,012$) и сахарном диабете ($p=0,02$); амплитуды М-ответа аксонов верхних конечностей ($p=0,005$) и нижних конечностей ($p=0,002$) при сахарном диабете. Полученные результаты подтверждают необходимость применения электронейромиографии в качестве диагностического метода при обследовании лиц с подозрением на профзаболевание и коморбидную патологию.

При анализе показателей ССВП установлены закономерности поражения афферентных проводящих структур, характерные для развития вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом. К закономерностям относится: время, необходимое для активации нейронов шейного отдела спинного мозга, а также соматосенсорной зоны коры головного мозга. Показатели, характеризующие замедление проведения афферентной волны возбуждения по проводящим структурам в таламической области, в соматосенсорной зоне коры головного мозга, нарушение времени центрального проведения, являются особенностями типичными для вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом.

Таким образом, к маркерам, характеризующим процессы усугубления функционального состояния структур центральной нервной системы и периферических нервов у пациентов с вибрационной болезнью, отягощённой метаболическим синдромом, т. е. на этапе, предшествующем развитию сахарного диабета, относятся показатели, характеризующие состояние афферентных аксонов периферических нервов на верхних и нижних конечностях, состояние дистального отдела моторного компонента большеберцового и срединного нерва. К этим же показателям относится время, необходимое для проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела позвоночника и по структурам соматосенсорной зоны коры головного мозга. В дальнейшем, при развитии у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с сочетанным воздействием общей и локальной вибрации, сахарного диабета, выявляется усугубление выявленных нарушений, заключающихся в вовлечении в патологический процесс концевых немиелинизированных волокон и проксимальных отделов моторных аксонов периферических нервов, а также нарушении времени проведения импульса на всем протяжении афферентных проводящих структур от ниж-

них отделов ствола до соматосенсорной зоны коры головного мозга.

Выявление наиболее информативных показателей электронейромиографического обследования и регистрации соматосенсорных вызванных потенциалов оптимизирует проведение трудоёмких и затратных по времени электрофизиологических методик. Согласно полученным результатам, можно рекомендовать необходимость своевременного проведения коррекции лечения, чтобы избежать серьёзных осложнений, опасных для жизни пациента, а также снижения количества полиморбидных пациентов среди работников виброопасных профессий.

Выводы:

1. Закономерностями поражения периферических нервов при вибрационной болезни, связанной с воздействием общей и локальной вибрации, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом, являлись нарушения в афферентных аксонах периферических нервов верхних и нижних конечностей, а также изменения в дистальных отделах моторного компонента большеберцового и срединного нервов.

2. Особенности состояний периферических нервов при вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом, было комплексное вовлечение в патологический процесс моторного компонента, характеризующееся изменением амплитуды, времени проведения импульса на уровне концевых немиелинизированных волокон срединного и большеберцового нервов и изменениями в проксимальном отделе срединного нерва. При вибрационной болезни, осложнённой метаболическим синдромом патологические изменения были характерны для дистального отдела моторных аксонов.

3. Закономерности поражения афферентных проводящих структур при вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом или метаболическим синдромом, состояли в нарушении активности нейронов шейного отдела спинного мозга и соматосенсорной зоны коры головного мозга.

4. Особенностью состояния центральных афферентных проводящих структур при вибрационной болезни, отягощённой сахарным диабетом, являлось замедление проведения афферентной волны возбуждения в области таламических структур до соматосенсорной зоны коры головного мозга, нарушение проведения от ствола до корковых проекций соматосенсорной зоны головного мозга. При вибрационной болезни, осложнённой метаболическим синдромом — увеличение времени проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела позвоночника и соматосенсорной зоны коры головного мозга.

Список литературы

1. Азовскова Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьев Н.Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни. *Русский медицинский журнал*. 2014; 16: 1206–9.
2. Желгова А.В., Федина И.Н. Современные подходы к проведению профилактических осмотров рабочих виброопасных профессий. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1048–51.
3. Бабанов С.А., Вакурова Н.В., Азовскова Т.А. *Вибрационная болезнь. Оптимизация диагностических и лечебных мероприятий*. Самара: Офорт; 2012: 160.
4. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 3: 7–13.
5. Krajnak K.M. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *J. Toxicol Environ Health*. 2018; 21(5): 320–4.
6. 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.
7. Cooke R., Sathra S. Vascular hand-arm vibration syndrome-magnetic resonance angiography. *Occup Med (Lond)*. 2016; 66(9): 756–60.
8. Кузнецова И.В., Евстигнеев Д.А., Глухова Н.В., Глухов В.П. Действие экзогенного оксида азота (NO) на длительные следовые потенциалы миелинизированных нервных волокон амфибий. *Современные проблемы науки и образования*. 2008; 1: 56–74.
9. Rodionova N.N., Allakhverdiev E.S., Maksimov G.V. Study of myelin structure changes during the nerve fibers demyelination. *PLoS One*. 2017; 12(9): 185–92.

10. Бувальцев В.И. Дисфункция эндотелия как новая концепция профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. *Международный медицинский журнал*. 2001; 3: 202–8.
11. Landmesser U., Hornig B., Drexler H. Endothelial function. A critical determinant in atherosclerosis? *Circulation*. 2014; 109: II27–II33.
12. Saarkoppel L.M., Kir'yakov V.A., Oshkoderov O.A. Role of contemporary biomarkers in vibration disease diagnosis. *Med. Tr. Prom Ekol*. 2017; (2): 6–11.
13. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors — a systematic review. *Noise Health*. 2019; 21(101): 125–41.
14. Ijaz A.H.S., Karimi H., Ahmad A., Gilani S.A. The effects of whole-body vibration on gait after chronic stroke: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Pak Med Assoc*. 2021; 71(11): 2511–4.
15. Лапко И.В., Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Антошина Л.И. Влияние производственной вибрации на развитие инсулинорезистентности и сахарного диабета второго типа. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 2: 30–3.
16. Alberti K.G. 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.
17. National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009; 120(16): 1640–5.
18. Николаев С.Г. *Электронеиromиография: клинический практикум*. Иваново: ПресСто; 2019.
19. Катаманова Е.В., Нурбаева Д.Ж. Математический подход к диагностике степени выраженности профессиональной полиневропатии. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; 11–1: 71–5.
20. Шавловская О.А. Нарушение функции нейромоторного аппарата верхних конечностей, вызванное локальной вибрацией. *Неврология нейropsychиатрия, психосоматика*. 2015; 7(2): 67–74.
21. Cook R. Is carpal tunnel syndrome caused by work with vibrating tools? *Occup Med (Lond)*. 2020; 70(6): 449–54.
22. Бабанов С.А., Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *Медицинское обозрение*. 2013; 21(35): 1777–82.

References

1. Azovskova T.A., Vakurova N.V., Lavrent'ev N.E. On modern aspects of the diagnosis and classification of vibration disease. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2014; 16: 1206–9 (in Russian).
2. Zheglova A.V., Fedina I.N. Modern approaches to conducting preventive inspections of workers of vibration-hazardous professions. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(11): 1048–51 (in Russian).
3. Babanov S.A., Vakurova N.V., Azovskova T.A. *Vibration disease. Vibracionnaya bolezn'. Optimizaciya diagnosticheskikh i lechebnykh meropriyatij*. Samara: Ofort; 2012 (in Russian).
4. Popova A.Yu. Sostoyanie uslovij truda i professional'naya zaboлеваemost' v Rossijskoj Federacii. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; 3: 7–13 (in Russian).
5. Krajnak K.M. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *J. Toxicol Environ Health*. 2018; 21(5): 320–34.
6. Kuks A.N., Kudaeva I.V., Slivnicyna N.V. The state of microcirculation in patients with vibration disease with metabolic disorders. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(10): 1096–110 (in Russian).
7. Cooke R., Sadhra S. Vascular hand-arm vibration syndrome-magnetic resonance angiography. *Occup Med (Lond)*. 2016; 66(9): 756–60.
8. Kuznetsova I.V., Evstigneev D.A., Glukhova N.V., Glukhov V.P. Effect of exogenous nitric oxide (NO) on long-term trace potentials of myelinated amphibian nerve fibers. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2008; 1: 56–74 (in Russian).
9. Rodionova N.N., Allakhverdiev E.S., Maksimov G.V. Study of myelin structure changes during the nerve fibers demyelination. *PLoS One*. 2017; 12(9): 185–92.
10. Buvaltsev V.I. Endothelial dysfunction as a new concept of prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Mezhdunarodnyj medicinskij zhurnal*. 2001; 3: 202–8 (in Russian).
11. Landmesser U., Hornig B., Drexler H. Endothelial function. A critical determinant in atherosclerosis? *Circulation*. 2014; 109: 1127–33.
12. Saarkoppel L.M., Kir'yakov V.A., Oshkoderov O.A. Role of contemporary biomarkers in vibration disease diagnosis. *Med. Tr. Prom Ekol*. 2017; (2): 6–11.
13. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors — a systematic review. *Noise Health*. 2019; 21(101): 1255–141.
14. Ijaz A.H.S., Karimi H., Ahmad A., Gilani S.A. The effects of whole-body vibration on gait after chronic stroke: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Pak Med Assoc*. 2021; 71(11): 125–41.
15. Lapko I.V., Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Antoshina L.I. The influence of industrial vibration on the development of insulin resistance and type 2 diabetes mellitus. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; 2: 30–3 (in Russian).
16. Alberti K.G. 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.
17. National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009; 120(16): 1640–5.
18. Nikolaev S.G. *Elektroneiromiografiya: klinicheskij praktikum*. Ivanovo: PresSto; 2019. (in Russian)
19. Katamanova E.V., Nurbayeva D.J. Mathematical approach to the diagnosis of the severity of professional polyneuropathy. *Mezhdunaronyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2016; 71; 11–5 (in Russian).
20. Shavlovskaya O.A. Violation of the function of the neuromotor apparatus of the upper extremities caused by local vibration. *Nevrologiya neyropsikhiatriya. psichosomatika*. 2015; 7(2): 67–74 (in Russian).
21. Cook R. Is carpal tunnel syndrome caused by work with vibrating tools? *Occup Med (Lond)*. 2020; 70(6): 449–54.
22. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Medicinskoe obozrenie*. 2013; 21(35): 1777–82 (in Russian).