

Читать  
онлайн  
Read  
online

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

## Изменения состояния нервной системы у пациентов с вибрационной болезнью

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

**Введение.** Важным аспектом профилактики является динамическое наблюдение за работниками, контактирующими с вибрацией на производстве, что не только составляет основу диагностики вибрационной болезни (ВБ), но и обеспечивает своевременное решение вопросов экспертизы профессиональной пригодности.

**Цель исследования** – установить характер и динамику формирования изменений состояния центральных и периферических проводящих структур у пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации для совершенствования методов лечения и профилактики профессиональной патологии нервной системы.

**Материалы и методы.** Обследован 21 человек, все лица мужского пола, с установленным диагнозом ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации. Было проведено динамическое обследование, показатели изучены в три периода наблюдений – в первом периоде обследование пациентов проводилось в 2014–2015 гг., во втором периоде – в 2017–2018 гг., в третьем периоде – в 2021–2022 гг. Средний возраст пациентов в первом периоде составил  $45 \pm 3,1$  года, во втором –  $47,6 \pm 2,8$  года, в третьем –  $50,8 \pm 2,9$  года. Средний стаж в первом периоде составил  $16,1 \pm 2,1$  года, во втором –  $18 \pm 2,7$  года, в третьем –  $18,6 \pm 2,8$  года. Степень ВБ в периодах диагностировалась следующим образом: в первом периоде ВБ (первой) была подтверждена у 12 человек, ВБ-I – у 7 человек, ВБ-II (второй) – у 2 человек; во втором периоде ВБ – у 1 человека, ВБ-I – у 14 человек, ВБ-II – у 6 человек; в третьем периоде ВБ подтверждена не была, ВБ-I – у 9 человек, ВБ-II – у 12 человек.

**Результаты.** В третьем периоде обследования возрастала латентность N10 и N30 при сравнении с первым периодом. Во втором и третьем периодах возрастала длительность N13–N18 по сравнению с первым периодом. Снижалась скорость проведения импульса (СПИ) по локтевому нерву во втором периоде при сравнении с первым. В третьем периоде выявлено снижение СПИ по большеберцовому нерву при сравнении с первым и вторым периодами. Во втором и третьем периодах снижалась амплитуда потенциала действия локтевого нерва при сравнении с первым периодом, снижалась СПИ по афферентным аксонам локтевого нерва во втором периоде при сравнении с первым. В третьем периоде снижалась СПИ по срединному нерву при сравнении с первым периодом.

**Ограничение исследования.** Ограничением данного исследования является то, что не была проанализирована динамика изменений в зависимости от степени ВБ из-за малого количества наблюдений в выборке.

**Заключение.** Отмечалось прогрессирование синдромов ВБ по периодам наблюдения, что позволило увеличить степень выраженности ВБ. В динамике установлено замедление времени активации нейронов соматосенсорной зоны коры головного мозга и времени прохождения импульса от нейронов шейного утолщения до таламических структур. Выявлено нарушение проведения по аксонам на уровне плечевого сплетения и от плечевого сплетения до нижних отделов ствола мозга. В динамике усугублялись демиелинизирующие изменения моторного компонента периферических нервов верхних и нижних конечностей, при тестировании сенсорных аксонов выраженность изменений прогрессировала на верхних конечностях.

**Ключевые слова:** вибрационная болезнь; динамика; электронейромиография; соматосенсорные вызванные потенциалы

**Соблюдение этических стандартов.** Заключение локального этического Комитета ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» № 32 от 10.09.2019 г. Все исследования проводились только после подписания пациентами информированного добровольного согласия, разработанного Комитетом по биомедицинской этике в установленном порядке.

**Для цитирования:** Русанова Д.В., Сливницына Н.В., Лахман О.Л. Изменения состояния нервной системы у пациентов с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(9): 934–940. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-934-940> <https://elibrary.ru/wtdzvu>

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

**Участие авторов:** Русанова Д.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание и оформление статьи; Сливницына Н.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание и оформление статьи; Лахман О.Л. – концепция и дизайн 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: 02.06.2023 / Принята к печати: 26.09.2023 / Опубликовано: 30.10.2023

Dina V. Rusanova, Natalya V. Slivnitsyna, Oleg L. Lakhman

## Alterations of the nervous system in patients with vibration disease

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

**Introduction.** An important aspect of prevention is the dynamic monitoring of workers exposed to the vibration in the workplace, which not only forms the basis for the diagnosis of occupational intoxication, but also ensures timely resolution of issues of examination of working capacity.

**Materials and methods.** Twenty one male patient with an established diagnosis of vibration disease (VD) associated with exposure to local vibration. A dynamic survey was conducted, 3 observation periods were studied.

**Results.** Over the 3<sup>rd</sup> period of the examination, the latency of N10 and N30 increased when compared with the 1<sup>st</sup> period. In periods 2 and 3, the duration of N13–N18 increased compared to period 1. The rate of pulse conduction (RPC) along the ulnar nerve decreased during period 2 when compared with period 1. Over the period 3, a decrease in RPC along the tibial nerve was revealed when compared with periods 1 and 2. During periods 2 and 3, the amplitude of the ulnar nerve action potential decreased when compared with period 1, along the afferent axons of the ulnar nerve the RPC decreased during period 2 when compared with 1. In period 3, the RPC along the median nerve decreased when compared with period 1.

**Limitations.** The limitation of this study is that the dynamics of changes depending on the degree of vibration disease has not been analyzed. This task was not implemented due to the small number of observations in the sample.

**Conclusion.** The progression of vibration disease syndromes and the degree of severity of vibration disease in dynamics were noted. The time of activation of neurons of the somatosensory zone of the cerebral cortex and the time of passage of the pulse from neurons of the cervical thickening to the thalamic structures in

Original article

dynamics was found to slow down. There were increased disturbances in the conduction of the pulse along the axons at the level of the brachial plexus and from the brachial plexus to the lower parts of the brain stem. Demyelinating changes in the motor component of the peripheral nerves of the upper and lower extremities were aggravated in patients.

**Keywords:** vibration disease; dynamics; electroneuromyography; somatosensory evoked potentials

**Compliance with ethical standards.** Conclusion of the LEK of the Federal State Budgetary Scientific Institution "East Siberian Institute of Medical and Environmental Research" No. 32 dated 09/10/2019. All studies were conducted only after the patients signed an informed consent developed by the Biomedical Ethics Committee in accordance with the established procedure.

**For citation:** Rusanova D.V., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L. Alterations of the nervous system in patients with vibration disease. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(9): 934-940. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-934-940> <https://elibrary.ru/wtdzvu> (In Russ.)

**For correspondence:** Dina V. Rusanova, MD, PhD, DSci, laboratory for 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> Slivnitsyna N.V., <https://orcid.org/0000-0002-8984-2452> Lakhman O.L., <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

**Contribution:** Rusanova D.V. – the concept and design of the research, collection and processing of the material, writing and editing of the article, editing; Slivnitsyna N.V. – the concept and design of the research, collection and processing of the material, writing and editing of the article; Lakhman O.L. – research concept and design, editing. 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.

**Acknowledgment.** This work was carried out within the framework of state assignment.

Received: June 2, 2023 / Accepted: September 26, 2023 / Published: October 30, 2023

## Введение

В настоящее время в различных областях промышленности применение инструментов, являющихся генераторами вибрации, достигло чрезвычайно широких пределов [1, 2]. Среди профессиональных заболеваний вибрационная болезнь (ВБ) занимает одно из ведущих мест. Этиологическим фактором развития заболевания является производственная вибрация. Такие сопутствующие факторы, как статико-динамические нагрузки, охлаждение и смачивание рук, шум, вынужденная рабочая поза, уменьшают сроки развития заболевания и обуславливают некоторые особенности клинической картины заболевания.

В Иркутской области, являющейся высокоурбанизированным регионом страны, проблема сохранения здоровья работающих является одной из важнейших задач для стабильного развития экономики. Однако для большинства предприятий характерны низкий технологический уровень производства, высокая степень износа оборудования, снижение темпов модернизации [3, 4]. Всё перечисленное приводит к тому, что значительной части населения приходится работать в условиях, не соответствующих существующим санитарно-гигиеническим нормам. Большой процент работников постоянно подвергается комплексному воздействию неблагоприятных факторов на производстве.

Закономерно, что неблагоприятные условия труда определяют высокие уровни профессиональной заболеваемости (ПЗ) в ряде отраслей промышленности региона, в том числе в производстве судов и летательных аппаратов [5]. Лидирующее место в структуре ПЗ Иркутской области занимает ВБ, удельный вес которой в разные годы составлял 21,1–35,9% от всех вновь выявленных случаев [6–8].

В настоящее время в теоретических и экспериментальных работах детально изучены стадии развития патологических изменений в организме работающих при воздействии вибрации на производстве [9–12].

Отечественными и зарубежными специалистами доказано, что ВБ чаще вызывается длительным, до 15 лет, воздействием производственной вибрации. Течение заболевания характеризуется разнообразной симптоматикой и сложным патогенетическим механизмом, а также выраженной терапевтической резистентностью. В перспективе возможно нарушение трудоспособности вплоть до инвалидизации пациентов [13–15]. Бабановым С.А. с соавт. (2020) установлено, что для пациентов с ВБ характерно изменение возбудимости и функциональной подвижности сенсомоторной системы, формирование вегетативно-сенсорной полиневропатии, за-

висающие от степени тяжести ВБ, стажа работы в контакте с вибрацией [16]. Кулешовой М.В. и Панковым В.А. и соавт. (2018) в динамике наблюдения воздействия на работников вредных факторов производственной среды выявлено, что с увеличением стажевой дозы вибрации усугубляются проявления клинических синдромов ВБ, снижается качество жизни работников [4].

Однако в перечисленных источниках нет комплексного подхода, касающегося особенностей развития поражения периферических нервов и различных уровней (стволовых, подкорковых и корковых) центральных проводящих структур в динамике при воздействии локальной вибрации на производстве, что и определяет научную новизну и актуальность настоящих исследований.

*Цель исследования* – установить характер и динамику формирования изменений состояния центральных и периферических проводящих структур у пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, для совершенствования методов лечения и профилактики профессиональной патологии нервной системы.

## Материалы и методы

Обследован 21 человек, все лица мужского пола, с установленным диагнозом ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации. Было проведено динамическое обследование, показатели изучены в три периода наблюдений – в первом периоде обследования пациентов проводилось в 2014–2015 гг., во втором периоде – в 2017–2018 гг., в третьем периоде – в 2021–2022 гг. Нами проводилось продольное проспективное исследование. Средний возраст пациентов в первом периоде составил  $45 \pm 3,1$  года, во втором –  $47,6 \pm 2,8$  года, в третьем –  $50,8 \pm 2,9$  года. Средний стаж в первом периоде составил  $16,1 \pm 2,1$  года, во втором –  $18 \pm 2,7$  года, в третьем –  $18,6 \pm 2,8$  года. Степень ВБ в периодах диагностировалась следующим образом: в первом периоде ВБ (первой) была подтверждена у 12 человек, ВБ–II – у 7 человек, ВБII (второй) – у 2 человек; во втором периоде ВБ – у 1 человека, ВБ–II – у 14 человек, ВБII – у 6 человек; в третьем периоде ВБII подтверждена не была, ВБ–II – у 9 человек, ВБII – у 12 человек.

В план обследования входила регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) при стимуляции моторного компонента срединного нерва в области запястья. Соматосенсорные вызванные потенциалы (ВП) отводились при помощи поверхностных чашечковых электродов с точки Эрба, с шейного отдела спинного мозга (остистый

Таблица 1 / Table 1

**Синдромы вибрационной болезни на 100 обследованных (%)**  
**Vibration disease (VD) syndromes per 100 examined cases (%)**

Синдром Syndromes	Период исследования пациентов (n = 21) с ВБ The study period of patients (n = 21) with VD		
	1-й / 1 <sup>st</sup>	2-й / 2 <sup>nd</sup>	3-й / 3 <sup>rd</sup>
Вегетативно-сенсорная полиневропатия: / Autonomic sensory polyneuropathy:	90.47	100	100
нерезко выраженная на верхних конечностях / indistinctly expressed on the upper extremities	42.85 ***1-2	9.52	—
без степени выраженности на верхних конечностях / without severity on the upper extremities	4.76	19.04 ***1-2	—
умеренно выраженная на верхних конечностях / moderately pronounced on the upper extremities	42.85	71.42 **1-2	100 ***1-3, *2-3
Периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей Peripheral angio-dystonic syndrome of the upper extremities	28.57	57.14 **1-2	61.90 ***1-3
Приступы акроангиоспазма пальцев рук / Attacks of acroangiospasm of the fingers	—	9.52	9.52
Остеоартроз локтевых суставов / Osteoarthritis of the elbow joints	—	14.28	14.28
Трофические нарушения на кистях / Trophic disorders on the hands	—	—	4.76

Пр и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2–4: цифрами обозначены номера периодов исследования, между показателями которых выявлены статистически значимые различия; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Note: The numbers indicate the numbers of the study periods, between the indicators of which statistically significant differences were revealed; \*\* –  $p < 0.01$ ; \*\*\* –  $p < 0.001$ .

отросток VII шейного позвонка) и со скальпа (точки С3, С4 по схеме 10–20%). Были проанализированы латентности следующих пиков: N10, N13, N18, N20, P25 и N30; изучалась длительность интервалов N10–N13, N11–N13, N13–N18 и N13–N20 [17]. Также было проведено тестирование моторного и сенсорного компонентов периферических нервов на верхних и нижних конечностях с помощью электронейромиографического обследования, которое осуществлялось на электронейромиографе «Нейро-ЭМГ-Микро» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, Россия). Исследование проводилось в соответствии с общепринятой методикой, применялось стандартное наложение поверхностных электродов [18].

Для статистической обработки полученных результатов использовался пакет прикладных программ «Statistica 6.0». Применялось попарное сравнение количественных показателей с помощью  $t$ -критерия Стьюдента (при нормальном распределении). Сравнение значений, приведённых в процентах, проводилось с применением критерия Фишера ( $F$ -критерий). Для дисперсионного анализа различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты исследований представлены в таблицах в виде среднего и ошибки среднего и процентов.

Согласно принципам, изложенным в декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (принятой с поправками в 2008 г. в г. Хельсинки), «Правилам клинической практики в Российской Федерации» (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 266, принят 19 июня 2003 г.), все исследования проводились только после подписания пациентами информированного согласия, разработанного Комитетом по биомедицинской этике в установленном порядке. Выполненные исследования не ущемляли права пациентов, не подвергали опасности благополучие, а также не причиняли вред состоянию здоровья.

## Результаты

Пациенты с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, предъявляли следующие жалобы: боли в руках, приступообразные парестезии, которые усиливаются в ночное время, плохой сон из-за болей, онемения. Пациенты отмечали снижение силы в руках, зябкость рук в сырую погоду, приступы побеления пальцев рук на холоде, некоторые отмечали боль и ограничение при движении в локтевых или лучезапястных суставах.

При начальной (I) степени ВБ преобладали нейрососудистые нарушения в виде периферического ангиодистонического синдрома рук и (или) нерезко выраженной сенсорной или вегетативно-сенсорной полиневропатии рук.

При I–II степени ВБ отмечались нейрососудистые нарушения в виде периферического ангиодистонического синдрома рук и вегетативно-сенсорной полиневропатии рук и (или) начальные проявления остеоартроза локтевых суставов.

Таблица 2 / Table 2

**Показатели соматосенсорных вызванных потенциалов у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной вибрации ( $M \pm m$ )**

Indicators of somatosensory evoked potentials in VD patients exposed to local vibration ( $M \pm m$ )

Показатель, мс Indicators, ms	Период исследования пациентов (n = 21) с ВБ The study period of patients (n = 21) with VD		
	1-й / 1 <sup>st</sup>	2-й / 2 <sup>nd</sup>	3-й / 3 <sup>rd</sup>
<i>Латентный период основных пиков / The latent period of the main peaks</i>			
N10	9.4 ± 0.03	10.20 ± 0.35	10.35 ± 0.02 <sup>1-3</sup> $p = 0.011$
N11	12.97 ± 0.07	12.54 ± 0.03	12.53 ± 0.04
N13	14.63 ± 0.01	14.28 ± 0.04	14.30 ± 0.03
N18	18.41 ± 0.06	18.67 ± 0.05	18.68 ± 0.60
N20	20.57 ± 0.06	20.81 ± 0.05	20.88 ± 0.05
N23	24.30 ± 0.09	24.76 ± 0.03	24.79 ± 0.08
N30	30.30 ± 0.08	32.08 ± 0.09	34.54 ± 0.05 <sup>1-3</sup> $p = 0.008$ <sup>1-2</sup> $p = 0.001$
<i>Длительность интервалов / Duration of intervals</i>			
N10–N13	4.08 ± 0.06	3.95 ± 0.03	4.34 ± 0.04 <sup>2-3</sup> $p = 0.031$
N11–N13	1.93 ± 0.03	1.69 ± 0.02	1.84 ± 0.03
N13–N18	3.28 ± 0.05	4.12 ± 0.05 <sup>1-2</sup> $p = 0.049$	4.38 ± 0.06 <sup>1-3</sup> $p = 0.008$
N18–N20	2.35 ± 0.03	2.10 ± 0.02	2.25 ± 0.04
N13–N20	6.64 ± 0.05	6.01 ± 0.04	6.05 ± 0.07

Таблица 3 / Table 3

**Показатели моторной скорости проведения у пациентов ( $n = 21$ ) с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной вибрации ( $M \pm m$ )****Indicators of motor conduction speed in VD patients ( $n = 21$ ) exposed to local vibration ( $M \pm m$ )**

Показатель электромиографии Indicator of electroneuromyography	Тестируемые нервы Tested nerves		
	срединный median	локтевой elbow	большеберцовый tibial
<i>1-й период исследования / 1<sup>st</sup> study period</i>			
Амплитуда М-ответа, мВ (The amplitude of the M-response, mV)	7.50 ± 0.19	8.37 ± 1.47	6.67 ± 0.13
СПИ проксимальная, м/с (RPC proximal, m/s)	68.29 ± 1.18	61.72 ± 1.21	–
СПИ в области локтя, м/с (RPC in the elbow area, m/s)	59.38 ± 1.98	49.84 ± 1.04	–
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	50.66 ± 1.24	58.46 ± 1.18	42.05 ± 1.20
Проксимально-дистальный коэффициент (Proximal-distal coefficient)	1.51 ± 0.01	1.16 ± 0.05	–
Резидуальная латентность, мс (Residual latency, ms)	2.12 ± 0.06	1.67 ± 0.04	1.79 ± 0.04
<i>2-й период исследования / 2<sup>nd</sup> study period</i>			
Амплитуда М-ответа, мВ (The amplitude of the M-response, mV)	7.36 ± 1.01	8.36 ± 1.15	6.76 ± 1.21
СПИ проксимальная, м/с (RPC proximal, m/s)	69.90 ± 1.02	65.80 ± 1.13	–
СПИ в области локтя, м/с (RPC in the elbow area, m/s)	59.77 ± 1.19	47.25 ± 1.18	–
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	50.99 ± 1.14	53.50 ± 0.96 <sup>1-2</sup> $p = 0.045$	40.74 ± 0.48
Проксимально-дистальный коэффициент (Proximal-distal coefficient)	1.41 ± 0.01	1.12 ± 0.08	–
Резидуальная латентность, мс (Residual latency, ms)	2.04 ± 0.03	1.58 ± 0.06	1.75 ± 0.05
<i>3-й период исследования / 3<sup>rd</sup> study period</i>			
Амплитуда М-ответа, мВ (The amplitude of the M-response, mV)	7.71 ± 0.99	7.86 ± 0.50	6.62 ± 0.49
СПИ проксимальная, м/с (RPC proximal, m/s)	68.37 ± 2.66	65.88 ± 1.17	–
СПИ в области локтя, м/с (RPC in the elbow area, m/s)	63.08 ± 1.70	46.97 ± 1.08	–
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	47.49 ± 1.62	50.74 ± 1.02 <sup>2-3</sup> $p = 0.041$ <sup>1-3</sup> $p = 0.028$	38.34 ± 1.01 <sup>2-3</sup> $p = 0.019$ <sup>1-3</sup> $p = 0.029$
Проксимально-дистальный коэффициент (Proximal-distal coefficient)	1.33 ± 0.18	1.16 ± 0.02	–
Резидуальная латентность, мс (Residual latency, ms)	2.01 ± 0.63	1.69 ± 0.04	1.69 ± 0.03

Примечание. Здесь и в табл. 4: СПИ – скорость проведения импульса.

Note: Here and in table 4: RPC – the rate of the pulse conduction.

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

При сравнении имеющихся клинических синдромов ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, у обследованных лиц в различные периоды выявлено, что у пациентов в третьем периоде клинические проявления были более значимые, чем у пациентов в первом и во втором периодах.

В табл. 1 представлены основные синдромы ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, и их частота встречаемости в сравниваемых периодах.

Так, в третьем периоде наблюдения умеренно выраженная вегетативно-сенсорная полиневропатия рук отмечалась в 100% случаев относительно 71,42% во втором и 42,85% в первом периоде; периферический ангиодистонический синдром рук в третьем периоде регистрировался в 61,9% случаев относительно 57,14% во втором и 28,57% в первом периоде; приступы побеления пальцев рук в третьем и во втором периодах наблюдались в 14,28% случаев; остеоартроз локтевых суставов в третьем и во втором периодах регистрировался в

14,28% случаев; в то время как трофические нарушения на кистях отмечались только в третьем периоде в 4,76% случаев.

У обследованных пациентов в третьем периоде наблюдения отмечалось статистически значимое возрастание латентности компонентов N10 и N30 при сравнении с первым периодом исследования (табл. 2).

Во втором и третьем периодах исследования возрастала длительность межпикового интервала N13–N18 по сравнению с данными, полученными в первом периоде исследования.

Анализ показателей состояния моторных аксонов у обследованных выявил статистически значимое снижение СПИ в дистальном отделе локтевого нерва у пациентов во втором периоде при сравнении с данными, полученными в первом периоде (табл. 3).

В третьем периоде исследования выявлялось более выраженное, носящее уже субпороговый характер снижение СПИ в дистальном отделе локтевого нерва. Отмечалось снижение СПИ в проксимальном отделе большеберцового нерва при сравнении с показателями, полученными в первом и втором периодах. Снижалась менее значения нормы (менее 50 м/с) СПИ в дистальном отделе срединного нерва в отличие от показателей, полученных в первом и втором периодах исследования.

В нашем исследовании установлено, что во втором и третьем периодах исследования у пациентов снижалась

Таблица 4 / Table 4

Сенсорная скорость проведения импульса у пациентов ( $n = 21$ ) с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной вибрации ( $M \pm m$ )  
The sensory conduction velocity of the pulse in VD patients ( $n = 21$ ) exposed to local vibration ( $M \pm m$ )

Показатель электромиографии Indicator of electroneuromyography	Тестируемые нервы / Tested nerves		
	срединный median	локтевой elbow	большеберцовый tibial
<i>1-й период исследования / 1<sup>st</sup> study period</i>			
Сенсорный ответ, мкВ (Sensory response, mkV)	6.96 ± 0.33	7.55 ± 0.08	6.86 ± 0.09
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	54.02 ± 0.54	48.86 ± 0.06	48.28 ± 1.02
<i>2-й период исследования / 2<sup>nd</sup> study period</i>			
Сенсорный ответ, мкВ (Sensory response, mkV)	6.13 ± 0.07	5.35 ± 0.01 $1-2p = 0.002$	5.91 ± 0.07
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	50.68 ± 0.07	46.87 ± 0.03 $1-2p = 0.044$	48.50 ± 0.15
<i>3-й период исследования / 3<sup>rd</sup> study period</i>			
Сенсорный ответ, мкВ (Sensory response, mkV)	5.01 ± 0.07	5.03 ± 0.06 $1-3p = 0.005$	5.79 ± 0.06
СПИ дистальная, м/с (RPC distal, m/s)	47.04 ± 1.01 $1-3p = 0.042$	47.41 ± 1.14	49.47 ± 1.12

не только амплитуда потенциала действия локтевого нерва при сравнении с данными, полученными в первом периоде, но и скорость проведения импульса по афферентным аксонам локтевого нерва во втором периоде при сравнении с первым периодом (табл. 4).

В третьем периоде обследования установлено снижение скорости проведения импульса по срединному нерву при сравнении с показателями первого периода.

## Обсуждение

Анализ клинической картины обследованных пациентов показал, что в третьем периоде возросло количество случаев диагноза ВБ II степени до 12 человек относительно 6 человек во втором периоде и 2 человек в первом. Уменьшилось количество случаев постановки диагноза ВБ I–II степени в третьем периоде до 9 человек относительно 14 человек во втором периоде; в третьем периоде не диагностировалась ВБ I степени относительно 1 случая во втором и 12 случаев в первом периоде. Следовательно, в течение 7 лет у пациентов наблюдалось прогрессирующее ВБ преимущественно до второй степени выраженности.

Анализ данных изменений показателей состояния центральных и периферических проводящих структур выявил во втором и третьем периодах исследования при сравнении с данными первого периода замедление времени активации нейронов соматосенсорной зоны коры головного мозга и времени прохождения импульса от нейронов шейного утолщения до таламических структур. В третьем периоде исследования при сравнении с данными первого периода регистрировалось статистически значимое возрастание времени проведения по аксонам на уровне плечевого сплетения и проведения от плечевого сплетения до нижних отделов ствола мозга.

По данным регистрации ЭНМГ установлено, что во втором и третьем периодах исследования при сравнении с первым периодом у пациентов статистически значимо снижалась СПИ в дистальном отделе моторного компонента локтевого нерва (до субпороговых значений – 50 м/с) и большеберцового нерва – до показателей менее значения нормы (менее 40 м/с).

Анализ состояния афферентных аксонов выявил снижение СПИ по срединному нерву (менее 50 м/с) в третьем периоде исследования при сравнении с первым периодом. Установлено снижение менее значения нормы СПИ по лок-

тевому нерву во втором периоде при сравнении с первым периодом и статистически значимое снижение амплитуды потенциала действия локтевого нерва во втором и третьем периодах до субпороговых значений – 5 мкВ.

В результате ранее проведенных исследований выявлена зависимость изменений показателей электроэнцефалографии у пациентов с ВБ от дозы воздействующего фактора. Так, при длительном (более 10–15 лет) воздействии вибрации на организм доказаны патологические изменения в структурах головного мозга с вовлечением в процесс нейронов не только коры больших полушарий, но также стволовых и дисэнцефальных отделов [19–21]. В эту же схему укладываются полученные нами данные регистрации ССВП, подтверждающие замедление времени активации нейронов нижних отделов ствола мозга, таламических структур и соматосенсорной зоны коры головного мозга. При ВБ нарушения в центральных отделах нервной системы являются закономерными наряду с изменениями в периферических структурах. Известно, что афферентные импульсы, идущие с периферии, вызывают рефлекторные ответные реакции со стороны нейронов спинного мозга, симпатических ганглиев, ретикулярной формации и высших отделов мозга [22–24].

В результате наших исследований установлена отрицательная динамика изменений в состоянии периферических нервов верхних и нижних конечностей, что свидетельствует о прогрессирующем ВБ. Следует отметить, что изменения в дистальном отделе моторного компонента срединного нерва и локтевого нерва в области локтевого сустава регистрировались уже в первом периоде наблюдения и сохранялись в ходе дальнейшего наблюдения. В динамике отмечалось прогрессирующее снижение СПИ в дистальном отделе моторного компонента локтевого нерва и большеберцового нерва.

В первом периоде наблюдения регистрировалось снижение СПИ по афферентным аксонам локтевого нерва и сенсорного компонента большеберцового нерва – икроножного нерва.

Установленное нами снижение СПИ по афферентным и эфферентным аксонам нижних конечностей у пациентов, контактировавших в своей профессиональной деятельности с локальной вибрацией, может объясняться изменениями в состоянии микроциркуляторного русла, выявленных нами ранее [25]. Авторами доказан факт сопряженности изменений состояния моторных и сенсорных аксонов нижних

конечностей у пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, и показателей, характеризующих процессы микроциркуляции крови. Возможно, именно нарушения микрокровотока являются одной из причин патологических изменений аксонов нижних конечностей в том случае, когда воздействие вредного физического фактора направлено только на руки [26, 27].

Таким образом, проведённое исследование доказывает важность динамического наблюдения патологических изменений в состоянии центральных и периферических проводящих структур пациентов, контактировавших в своей профессиональной деятельности с вибрацией на производстве. Практическое значение полученных данных заключается в том, что раскрытые закономерности формирования демиелинизирующих нарушений в состоянии центральных и периферических проводящих структур позволяют усовершенствовать методы лечения и профилактики профессиональной патологии нервной системы, развившейся от воздействия локальной вибрации. Своевременное трудоустройство пациентов в ранних фазах формирования ВБ будет способствовать предупреждению дальнейшего развития заболевания.

## Заключение

1. В результате проведённых клинических исследований отмечалось прогрессирование синдромов вибрационной болезни, и соответственно возрастала степень выраженности вибрационной болезни в динамике с первого по третий период обследования.

2. В динамике у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной вибрации, изменения показателей состояния центральных афферентных проводящих структур заключались в замедлении времени активации нейронов соматосенсорной зоны коры головного мозга и времени прохождения импульса от нейронов шейного утолщения до таламических структур. Возрастают нарушения проведения импульса по аксонам на уровне плечевого сплетения и от плечевого сплетения до нижних отделов ствола мозга.

3. В динамике у пациентов с вибрационной болезнью, связанной с воздействием локальной вибрации, усугублялись демиелинизирующие изменения моторного компонента периферических нервов верхних и нижних конечностей, при тестировании сенсорных аксонов выраженность изменений прогрессировала на верхних конечностях.

## Литература

(п. п. 2, 11, 12 см. References)

- Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н. Производственный травматизм как критерий профессионального риска. *Проблемы прогнозирования*. 2017; (5): 140–9. <https://elibrary.ru/ykxive>
- Панков В.А., Тюткина Г.А., Кулешова М.В., Корчуганова Л.Ф. Динамика профессиональной заболеваемости в Иркутской области. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2012; 114(7): 81–4. <https://elibrary.ru/plgqfb>
- Кулешова М.В., Панков В.А., Дьякович М.П., Рукавишников В.С., Сливницына Н.В., Казакова П.В. и др. Вибрационная болезнь у работников авиастроительного предприятия: факторы формирования, клинические проявления, социально-психологические особенности. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(10): 915–20. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-915-920> <https://elibrary.ru/skozpr>
- Панков В.А., Лахман О.Л., Пережогин А.Н., Тюткина Г.А., Кулешова М.В., Смирнова О.В. Состояние, динамика профессиональной заболеваемости в Восточной Сибири. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(12): 1171–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175> <https://elibrary.ru/xqzgrz>
- Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Иркутской области. Информационно-аналитический бюллетень за 2021 год. Иркутск; 2022.
- Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области в 2021 году». Иркутск; 2022.
- Панков В.А., Кулешова М.В. Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм в здравоохранении Иркутской области. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 839–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844> <https://elibrary.ru/lxosbk>
- Панков В.А., Катаманова Е.В., Кулешова М.В., Титов Е.А., Картапольцева Н.В., Якимова Н.Л. и др. Динамика морфофункционального состояния центральной нервной системы у белых крыс при вибрационном воздействии. *Медицина труда и промышленной экологии*. 2014; (4): 37–44. <https://elibrary.ru/scevlv>
- Бабанов С.А., Азовскова Т.А., Бараева Р.А. Вибрационная болезнь в свете современных классификационных представлений и развитие последних. *Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве*. 2017; (10): 5–7.
- Шпагина Л.Н., Захаренков В.В., Филимонов С.Н. Особенности клиники и течения вибрационной болезни у шахтёров виброопасных профессий Кузбасского региона. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012; (5–2): 67–9. <https://elibrary.ru/pjbnnd>
- Бабанов С.А., Воробьева Е.В. Особенности психологического статуса лиц с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(2): 36–8. <https://elibrary.ru/pzmpjn>
- Томакова И.А., Томаков В.И. Состояние условий труда, профессиональные заболевания и производственный травматизм в экономике Российской Федерации. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии*. 2016; (2): 95–107. <https://elibrary.ru/ugihty>
- Бабанов С.А. Синдром полинейропатии при вибрационной болезни от воздействия общей вибрации: оценка и прогнозирование (место электроэнцефалографии). *Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях*. 2020; (10): 64–72. <https://doi.org/10.33920/ptg-4-2010-08> <https://elibrary.ru/cmhlaw>
- Торопина Г.Г. *Вызванные потенциалы (Руководство для врачей)*. М.: МЕДпресс-информ; 2016.
- Николаев С.Г. *Электромиография: клинический практикум*. Иваново: Нейрософт; 2019.
- Катаманова Е.В., Нурбаева Д.Ж. Анализ патологической активности ЭЭГ у лиц, подвергавшихся воздействию общей и локальной вибрации. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; (3–4): 570–3. <https://elibrary.ru/vqydih>
- Катаманова Е.В., Лахман О.Л., Нурбаева Д.Ж., Картапольцева Н.В., Судакова Н.Г. Особенности биоэлектрической активности мозга при воздействии на организм вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; (7): 6–9. <https://elibrary.ru/muhgpi>
- Катаманова Е.В., Бичев С.С., Нурбаева Д.Ж. Значение дисфункции структур головного мозга в патогенезе и формировании клинической картины вибрационной болезни. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012; (1): 32–6. <https://elibrary.ru/pbtymn>
- Липенецкая Т.Д., Комлева Л.М., Никитина Л.С. Функция мозга и церебральное и периферическое кровообращение при заболеваниях, вызванных вибрацией, в результате воздействия локальной вибрации. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1988; (7): 42–4.
- Кирьяков В.А., Черепанина Г.В., Сухова А.В. Раннее выявление и комплексная коррекция неврологических проявлений вибрационной болезни у горнорабочих. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; (2): 28–32. <https://elibrary.ru/kmkuhf>
- Абрамович-Поляков Д.К., Пилипенко Н.И., Волошина Р.И. Церебральные рентгеноциркулографические исследования при вибрационной болезни. *Врачебное дело*. 1981; (10): 100–3.
- Русанова Д.В., Кукс А.Н., Лахман О.Л., Сливницына Н.В. Роль микроциркуляции в проводящих структурах нервной системы при вибрационной болезни, отягощённой метаболическим синдромом. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(9): 1035–42. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1035-1042> <https://elibrary.ru/lihoti>
- Кукс А.Н., Кудашова 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/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1096-1101> <https://elibrary.ru/yysdnaq>
- Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Шумейко И.Н., Гидаева М.О. Оценка микроциркуляторных и метаболических нарушений у больных вибрационной болезнью. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2017; 149(2): 27–30. <https://elibrary.ru/ztjfn>

## References

1. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N. Occupational injuries as a criterion of professional risk. *Problemy prognozirovaniya*. 2017; 28(5): 568–74. <https://doi.org/10.1134/S1075700717050045> <https://elibrary.ru/xnolbw> (in Russian)
2. Johanning E., Stillo M., Landsbergis P. Powered-hand tools and vibration-related disorders in US-railway maintenance-of-way workers. *Ind. Health*. 2020; 58(6): 539–53. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2020-0133>
3. Pankov V.A., Tyutkina G.A., Kuleshova M.V., Korchuganova L.F. Dynamics of occupational morbidity rate in Irkutsk region. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)*. 2012; 114(7): 81–4. <https://elibrary.ru/plgqfb> (in Russian)
4. Kuleshova M.V., Pankov V.A., D'yakovich M.P., Rukavishnikov V.S., Slivnitsyna N.V., Kazakova P.V., et al. Vibration disease in employees of an aircraft manufacturing enterprise: factors of formation, clinical manifestations, socio-psychological features. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(10): 915–20. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-915-920> <https://elibrary.ru/skozpr> (in Russian)
5. Pankov V.A., Lakhman O.L., Perezhogin A.N., Tyutkina G.A., Kuleshova M.V., Smirnova O.V. The dynamics of the occupational morbidity rate in the Eastern Siberia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(12): 1171–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175> <https://elibrary.ru/xqzrv> (in Russian)
6. Assessment of the impact of environmental factors on the health of the population of the Irkutsk region. Informational and analytical bulletin for 2021. Irkutsk; 2022. (in Russian)
7. State report «On the sanitary and epidemiological welfare of the population in the Irkutsk region in 2020». Irkutsk; 2021. (in Russian)
8. Pankov V.A., Kuleshova M.V. Occupational morbidity and injuries in health care of the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 839–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844> <https://elibrary.ru/lxosbk> (in Russian)
9. Pankov V.A., Katamanova E.V., Kuleshova M.V., Titov E.A., Kartapol'tseva N.V., Yakimova N.L., et al. Dynamics of morphofunctional state of central nervous system in white rates exposed to vibration. *Meditsina truda i promyshlennoy ekologii*. 2014; (4): 37–44. <https://elibrary.ru/scevl> (in Russian)
10. Babanov S.A., Azovskova T.A., Baraeva R.A. Vibration disease in the light of modern classification concepts and the development of the latter. *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti v sel'skom khozyaystve*. 2017; (10): 5–7. (in Russian)
11. Barnett M.H., Mathey E., Kiernan M.C., Pollard J.D. Axonal damage in central and peripheral nervous system inflammatory demyelinating diseases: common and divergent pathways of tissue damage. *Curr. Opin. Neurol*. 2016; 29(3): 213–21. <https://doi.org/10.1097/wco.0000000000000334>
12. Shen S.C., House R.A. Hand-arm vibration syndrome. *Can. Fam. Physician*. 2017; 63(3): 206–10.
13. Shpagina L.N., Zakharenkov V.V., Filimonov S.N. Peculiarities of clinic and course of vibration disease in the vibration exposed miners of Kuzbass region. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2012; (5–2): 67–9. <https://elibrary.ru/pjbnnd> (in Russian)
14. Babanov S.A., Vorob'eva E.V. Features of the psychoemotional disorders in patients due to exposure to local and general vibration. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2013; 92(2): 36–8. <https://elibrary.ru/pzmpjn> (in Russian)
15. Tomakova I.A., Tomakov V.I. The state of working conditions, occupational diseases, industrial injuries at enterprises of the Russian Federation and the tasks that must be solved. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. 2016; (2): 95–107. <https://elibrary.ru/uguity> (in Russian)
16. Babanov S.A. Polyneuropathy syndrome in vibration disease from exposure to general vibration: assessment and prediction (place of electroneuromyography). *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti na promyshlennykh predpriyatiyakh*. 2020; (10): 64–72. <https://doi.org/10.33920/pro-4-2010-08> <https://elibrary.ru/cmhlaw> (in Russian)
17. Toropina G.G. *Evoked Potentials (A Guide for Doctors) [Vyzvannyye potentsialy (Rukovodstvo dlya vrachey)]*. Moscow: MEDpress-inform; 2016. (in Russian)
18. Nikolaev S.G. *Electroneuromyography: Clinical Practice [Elektromiografiya: klinicheskiy praktikum]*. Ivanovo: Neyrosoft; 2019. (in Russian)
19. Katamanova E.V., Nurbaeva D.Zh. Analysis of pathological activity eeg in individuals exposed to general and local vibrations. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2016; (3–4): 570–3. <https://elibrary.ru/vqydih> (in Russian)
20. Katamanova E.V., Lakhman O.L., Nurbaeva D.Zh., Kartapol'tseva N.V., Sudakova N.G. Bioelectric brain activity features under exposure to vibration. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010; (7): 6–9. <https://elibrary.ru/muhgpi> (in Russian)
21. Katamanova E.V., Bichev S.S., Nurbaeva D.Zh. Value of brain structure dysfunction in pathogenesis and formation of clinical picture of vibration induced disease. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2012; (1): 1–5. <https://elibrary.ru/pbtymn> (in Russian)
22. Lipenetskaya T.D., Komleva L.M., Nikitina L.S. Brain function and cerebral and peripheral circulation in vibration-induced disease from exposure to local vibration. *Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya*. 1988; (7): 42–4. (in Russian)
23. Kir'yakov V.A., Cherepanina G.V., Sukhova A.V. Early diagnosis and complex management of neurologic signs of vibration disease in miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; (2): 28–32. <https://elibrary.ru/kmkuhf>
24. Abramovich-Polyakov D.K., Pilipenko N.I., Voloshina R.I. Cerebral radiocirculographic studies in vibration disease. *Vrachebnoe delo*. 1981; (10): 100–3. (in Russian)
25. Rusanova D.V., Kuks A.N., Lakhman O.L., Slivnitsyna N.V. The role of microcirculation in the conducting structures of the nervous system in patients with vibration disease burdened by metabolic syndrome. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1035–42. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1035-1042> <https://elibrary.ru/lihoti> (in Russian)
26. Kuks A.N., Kudaeva I.V., Slivnitsyna N.V. The state of microcirculation in patients with vibration disease providing metabolic disorders. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(10): 1096–101. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1096-1101> <https://elibrary.ru/ysdnaq> (in Russian)
27. Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N., Shumeiko I.N., 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. <https://elibrary.ru/ztjfn> (in Russian)