

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

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

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ С ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск

**Введение.** Вибрационная болезнь (ВБ) – хроническое профессиональное заболевание, обусловленное продолжительным влиянием производственной вибрации на организм, при длительном контакте с которой формируется полиневропатический синдром.

**Материал и методы.** В условиях клиники обследованы 150 лиц мужского пола. Первая группа – 50 пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации ( $48,7 \pm 3,1$  года); вторая – 50 пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации ( $48,9 \pm 2,8$  года); третья – 50 относительно здоровых лиц, не контактирующих с вибрацией ( $49,1 \pm 2,5$  года). Стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) проводилась по общепринятой методике.

**Результаты.** Результаты ЭНМГ свидетельствуют, что у обследованных пациентов с ВБ регистрируются демиелинизирующие поражения моторного и сенсорного компонентов, наблюдаются изменения скоростных показателей аксонов нервов верхних и нижних конечностей. Анализ показателей F-волны выявил поражение как наиболее быстро-, так и наиболее медленнопроводящих волокон большеберцового и малоберцового нервов у пациентов обеих обследованных групп. Отмечается увеличение максимальной амплитуды F-волны и соотношения F/M, более выраженное у пациентов первой обследованной группы. У пациентов первой и второй групп наблюдается возрастание блоков проведения импульса, более выраженное при сочетании воздействия общей и локальной вибрации.

**Заключение.** Изменения в состоянии периферических нервов верхних конечностей имеют сходный характер у пациентов первой и второй групп и заключаются в наличии процессов демиелинизации моторных и сенсорных аксонов. У пациентов первой группы отмечаются более выраженные нарушения в состоянии моторного компонента обследованных нервов верхних и нижних конечностей, в то время как у лиц второй группы наблюдаются субпороговые изменения на нижних конечностях. Изменения на уровне корешков и в функциональном состоянии нейронов спинного мозга носят более выраженный характер у пациентов второй группы.

**Ключевые слова:** вибрационная болезнь; полиневропатия; электронейромиография; F-волна.

**Для цитирования:** Русанова Д.В., Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Лахман О.Л. Определение функционального состояния периферической нервной системы у пациентов с вибрационной болезнью по показателям электронейромиографии. *Гигиена и санитария*. 2019; 98 (10): 1119-1123. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123>

**Для корреспонденции:** Васильева Лариса Сергеевна, аспирант, врач-невролог клиники ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск. E-mail: [lorik.shalamova@yandex.ru](mailto:lorik.shalamova@yandex.ru)

**Финансирование.** Работа проведена в рамках средств, выделенных на выполнение государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Участие авторов:** концепция и дизайн исследования – Русанова Д.В., Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Лахман О.Л.; сбор и обработка материала – Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Русанова Д.В.; статистическая обработка – Васильева Л.С., Русанова Д.В.; написание текста – Васильева Л.С., Русанова Д.В.; редактирование – Сливницына Н.В., Лахман О.Л.; утверждение окончательного варианта – Русанова Д.В., Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Лахман О.Л.

Поступила 15.07.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: октябрь 2019

Rusanova D.V., Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L.

**DETERMINATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM IN PATIENTS WITH VIBRATION DISEASE BY ELECTRONEUROMIOGRAPHY INDICES***East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 665827, Angarsk, Russian Federation*

**Introduction.** Vibration disease (VD) is a chronic occupational disease caused by the long-term influence of industrial vibration on the body, with prolonged contact with which a polyneuropathic syndrome is formed.

**Material and methods.** 150 males were examined in the clinic. The first group consisted of 50 patients with VD associated with combined exposure to local and General vibration ( $48.7 \pm 3.1$  years); the second – 50 patients with VB associated with exposure to local vibration ( $48.9 \pm 2.8$  years); the third – 50 relatively healthy individuals without contact with vibration ( $49.1 \pm 2.5$  years). Stimulation electroneuromyography (ENMG) was carried out according to the generally accepted method. The results of ENMG show demyelinating lesions of motor and sensory components to be registered in the examined VD patients, changes in the speed indices of axons of nerves of the upper and lower extremities are observed. Analysis of F-wave indices revealed the lesion of both the fastest and the slowest conductive fibers of the tibial and peroneal nerves in patients of both groups. There is an increase in the maximum amplitude of the F-wave and the F/M ratio, more pronounced in patients of the first examined group. In patients of the first and second examined groups, there is an increase in the blocks of the pulse, more pronounced with the combined effect of general and local vibration.

**Conclusion.** Changes in the state of the peripheral nerves of the upper extremities are similar in patients of the first and second groups and consist in the presence of processes of demyelination of motor and sensory axons. In patients of the first group, there are more pronounced disorders in the state of the motor component of the nerves of the upper

and lower extremities, while in persons of the second group there are sub-threshold changes in the lower extremities. Changes at the level of roots and in the functional state of the spinal cord neurons are more pronounced in patients of the second group.

**Key words:** vibration disease; polyneuropathy; electroneuromyography; F-wave.

**For citation:** Rusanova D.V., Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L. Determination of the functional state of the peripheral nervous system in patients with vibration disease by electroneuromyography indices. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98 (10): 1119-1123. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123>

**For correspondence:** Larisa S. Vasileva, postgraduate student, neurologist, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 665827, Angarsk, Russian Federation. E-mail: [lorik.shalamova@yandex.ru](mailto:lorik.shalamova@yandex.ru).

#### Information about authors:

Rusanova D.V., <https://orcid.org/0000-0003-1355-3723>; Vasileva L.S., <https://orcid.org/0000-0002-5643-441X>; Slivnitsyna N.V., <http://orcid.org/0000-0002-8984-2452>; Lakhman O.L., <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

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

**Acknowledgment.** Financing of the work was carried out at the expense of funds allocated for the state assignment of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research

**Contribution:** The concept and design of the study – Rusanova D.V., Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L.; Collection and processing of material Rusanova D.V., Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V.; Statistical processing – Rusanova D.V., Vasileva L.S.; Writing the text – Rusanova D.V., Vasileva L.S.; Editing – Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L.; Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all co-authors.

Received: July 15, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: October 2019

## Введение

Ведущее место в структуре профессиональной патологии уже много лет принадлежит заболеваниям, связанным с воздействием физических факторов. Среди них вибрационная болезнь (ВБ) находится на 2-м месте [1–4]. Установление диагноза напрямую зависит от санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника, в которой указываются все вредные производственные факторы, имеющиеся на предприятии, продолжительность их воздействия в течение смены, превышение предельно допустимого уровня. ВБ формируется при многолетней работе в условиях воздействия вибрации, превышающей предельно допустимый уровень, и характеризуется преимущественным поражением нервной и сосудистой систем [5, 6]. Клинические проявления ВБ зависят от того, с каким видом вибрации сопряжена работа, а также от наличия сопутствующих вредных производственных факторов, которые отягощают течение заболевания: охлаждающий микроклимат, физическая динамическая, статическая нагрузка, вынужденная рабочая поза. Часто на производстве имеется одновременное воздействие локальной и общей вибрации, которое характерно для водителей большегрузной техники, машинистов экскаваторов и трактористов [7–11].

Одним из главных проявлений ВБ является вегетативно-сенсорная полиневропатия конечностей [12–15]. Полиневропатический синдром формируется вследствие демиелинизации проводящих структур конечностей, как моторных, так и сенсорных волокон [16–27].

Цель исследования – оценить состояние периферических проводящих структур у пациентов, контактирующих с локальной вибрацией и при сочетании воздействия локальной и общей вибрации, и выявить особенности развития процесса демиелинизации у них.

## Материал и методы

Были обследованы 150 человек, которые были разделены на 3 группы.

В первую группу вошли 50 пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (средний возраст  $48,7 \pm 3,1$  года).

Вторая группа состояла из 50 пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации (средний возраст составил  $48,9 \pm 2,8$  года).

В третью (контрольную) группу вошли 50 относительно здоровых мужчин, не контактирующих с вибрацией (средний возраст  $49,1 \pm 2,5$  года).

При отборе пациентов критериями исключения являлись: тяжёлая сопутствующая патология, перенесённые черепно-мозговые травмы, острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, операции на позвоночнике, травмы конечностей.

Стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) проводилась по общепринятой методике при помощи электронейромиографа «Нейро-ЭМГ-Микро» фирмы «Нейрософт» (Иваново, Россия). Изучались показатели сенсорного и моторного компонентов, полученные при тестировании срединного и локтевого нервов на верхних конечностях, большеберцового и малоберцового – на нижних, при стандартном наложении поверхностных пластинчатых электродов. Исследование сенсорного компонента нервов проводилось с использованием антидромной методики при стимуляции срединного, локтевого и икроножного нервов.

Регистрация F-волны проводилась при стимуляции малоберцового и большеберцового нервов. Отводящие электроды накладывались как при исследовании M-ответа. Для анализа использовались следующие параметры: минимальная скорость проведения (СПИмин.); максимальная скорость проведения (СПИмакс.); средняя скорость проведения (СПИср.); тахеодисперсия; амплитуда F-волны; соотношение средней амплитуды F-волны к амплитуде M-ответа в процентах (F/M); количество блоков проведения импульса [28, 29].

Обследование пациентов проходило в соответствии с этическим стандартом Хельсинской декларации всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. Все обследованные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Статистическая обработка результатов проведена при помощи программного пакета «Statistica 6.0» (StatSoft, USA, 1999). Методы описательной статистики включали в себя оценку различий величин средних в выборках с нормальным распределением с помощью *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$  и  $0,01$ .

## Результаты

При сравнении показателей, полученных при тестировании моторного компонента нервов на верхних и нижних конечностях, у пациентов первой группы при сравнении с данными второй группы и контрольной наблюдается статистически значимое снижение СПИ в дистальном отделе срединного, большеберцового и малоберцового нервов. При тестировании локтевого нерва регистрируется снижение СПИ в области локтевого сустава и в дистальном отделе нервного ствола у пациентов первой группы по сравнению с контрольной группой.

Во второй группе обследованных выявляется статистически значимое субпороговое снижение СПИ в дистальном отделе срединного нерва на верхних конечностях и большеберцового и малоберцового нервов – на нижних при сравнении с показателями, полученными в контрольной группе. При тестировании локтевого нерва отмечается снижение СПИ в области локтевого сустава (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели состояния моторного компонента периферических нервов в группах обследованных, подвергавшихся воздействию вибрации ( $M \pm m$ )**

Тестируемый нерв	Показатель ЭНМГ					
	Амплитуда М-ответа (мВ)	СПИп, м/с	СПИл, м/с	СПИд, м/с	П/Д коэффициент	РЛ, мс
<i>Пациенты 1-й группы, n = 50</i>						
Срединный	7,28 ± 0,31	70,34 ± 1,31	57,62 ± 1,36 <sup>*1-3</sup>	48,36 ± 0,76 <sup>**1-3</sup>	1,49 ± 0,03	1,89 ± 0,07
Локтевой	7,85 ± 0,21	61,07 ± 1,34 <sup>*1-2</sup>	47,21 ± 1,15 <sup>**1-3</sup>	53,01 ± 1,20 <sup>*1-3</sup>	1,20 ± 0,06	1,51 ± 0,14
Большеберцовый	6,89 ± 0,34	–	–	37,70 ± 0,43 <sup>**1-2, *1-3</sup>	–	1,89 ± 0,06 <sup>*1-2</sup>
Малоберцовый	6,54 ± 0,36	43,57 ± 1,15 <sup>*1-2, **1-3</sup>	–	37,55 ± 0,99 <sup>*1-2, **1-3</sup>	–	2,03 ± 0,58 <sup>*1-3</sup>
<i>Пациенты 2-й группы, n = 50</i>						
Срединный	7,38 ± 0,41	72,13 ± 1,41	59,32 ± 2,67	50,07 ± 1,28 <sup>**2-3</sup>	1,46 ± 0,03	2,03 ± 0,09
Локтевой	7,88 ± 0,07	67,20 ± 1,07	48,41 ± 1,34 <sup>**2-3</sup>	55,81 ± 0,52	1,17 ± 0,04	1,45 ± 0,07
Большеберцовый	7,48 ± 0,49	–	–	41,51 ± 0,48 <sup>**2-3</sup>	–	1,51 ± 0,10
Малоберцовый	5,88 ± 0,44	47,55 ± 1,30 <sup>*2-3</sup>	–	45,22 ± 0,86	–	1,90 ± 0,10
<i>Контрольная группа, n = 50</i>						
Срединный	10,68 ± 0,47	70,04 ± 1,15	64,05 ± 1,63	52,72 ± 0,76	1,30 ± 0,03	2,35 ± 0,09
Локтевой	9,97 ± 0,43	61,76 ± 2,04	61,12 ± 0,11	57,95 ± 0,71	1,14 ± 0,02	1,83 ± 0,09
Большеберцовый	8,86 ± 0,48	–	–	45,83 ± 0,79	–	2,01 ± 0,09
Малоберцовый	7,05 ± 0,45	50,50 ± 0,16	–	46,99 ± 0,91	–	0,91 ± 0,09

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: различия статистически значимы при: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

Таким образом, у обследованных пациентов первой группы отмечаются более выраженные нарушения в состоянии моторного компонента нервов, заключающиеся в демиелинизирующих изменениях нервов верхних и нижних конечностей, в то время как у лиц второй группы наблюдаются субпороговые изменения.

При анализе показателей, полученных в группах пациентов с вибрационной болезнью, выявлено статистически значимое снижение СПИ и возрастание резидуальной латентности при тестировании большеберцового и малоберцового нервов в первой группе обследованных.

По данным анализа F-волны у пациентов первой группы при сравнении с показателями, полученными во второй группе и контрольной группе, отмечается статистически значимое возрастание амплитуды максимального ответа по большеберцовому нерву и соотношения F/M при стимуляции малоберцового нерва. Выявляется статистически значимое снижение значений минимальной, максимальной и средней скорости проведения

импульса по малоберцовому и большеберцовому нервам, возрастает количество блоков проведения импульса (табл. 2).

У пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, при сравнении с данными контрольной группы статистически значимо снижается значение минимальной, максимальной и средней скорости проведения импульса по обоим обследованным нервам нижних конечностей. Отмечается возрастание соотношения F/M и количества блоков проведения импульса, регистрируемое при стимуляции малоберцового нерва.

При сравнении с показателями контрольной группы, полученными при тестировании сенсорного компонента нервов на верхних и нижних конечностях, у пациентов второй группы выявлено статистически значимое снижение СПИ по срединному и локтевому нервам.

У пациентов первой группы относительно контрольной отмечается снижение СПИ по срединному нерву. При тестировании локтевого и икроножного нервов наряду со снижением

Таблица 2

**Данные регистрации F-волны в группах обследованных, подвергавшихся воздействию вибрации ( $M \pm m$ )**

Тестируемый нерв	Показатель F-волны						
	СПИмин, м/с	СПИмакс, м/с	СПИср (м/с)	СПИмакс – СПИ мин, м/с	F/M, %	Амплитуда, мкВ	Блоки
<i>Пациенты 1-й группы, n = 50</i>							
Большеберцовый	41,1 ± 0,7 <sup>*1-3</sup>	51,8 ± 5,9	43,0 ± 0,7 <sup>*1-3</sup>	4,4 ± 0,2	10,5 ± 0,6	422,2 ± 10,7 <sup>*1-2, **1-3</sup>	0,4 ± 0,1
Малоберцовый	39,6 ± 0,5 <sup>*1-3</sup>	46,2 ± 0,7 <sup>*1-3</sup>	42,9 ± 0,5 <sup>*1-3</sup>	7,3 ± 0,7	23,1 ± 3,7 <sup>*1-2, **1-3</sup>	228,7 ± 12,2	14,8 ± 1,8 <sup>*1-3</sup>
<i>Пациенты 2-й группы, n = 50</i>							
Большеберцовый	41,3 ± 1,1 <sup>**2-3</sup>	46,3 ± 1,33 <sup>*2-3</sup>	43,8 ± 1,2 <sup>**2-3</sup>	4,7 ± 0,4	14,2 ± 1,4	366,5 ± 16,2	0,7 ± 0,1
Малоберцовый	39,1 ± 0,7 <sup>**2-3</sup>	45,7 ± 0,7	42,2 ± 0,7 <sup>*2-3</sup>	6,4 ± 0,3 <sup>*2-3</sup>	17,34 ± 0,9 <sup>**2-3</sup>	209,4 ± 14,1	19,6 ± 3,0 <sup>*2-3</sup>
<i>Контрольная группа, n = 50</i>							
Большеберцовый	49,9 ± 0,8	53,0 ± 1,0	51,9 ± 0,9	3,1 ± 1,3	6,7 ± 0,6	311,0 ± 19,1	0,9 ± 0,1
Малоберцовый	48,5 ± 0,9	50,9 ± 1,9	49,3 ± 0,9	2,2 ± 1,1	4,9 ± 0,5	234,1 ± 5,5	5,1 ± 1,18

Таблица 3

**Показатели состояния сенсорного компонента периферических нервов у обследованных, подвергавшихся воздействию вибрации ( $M \pm m$ )**

Тестируемый нерв	Показатель ЭНМГ	
	сенсорный ответ, мкВ	СПИд, м/с
<i>Пациенты первой группы, n = 50</i>		
Срединный	5,34 ± 0,21	47,32 ± 0,49**1-3
Локтевой	4,63 ± 0,17*1-2,*1-3	46,51 ± 0,46*1-3
Икроножный	5,00 ± 0,20*1-2,*1-3	46,11 ± 0,37**1-2,*1-3
<i>Пациенты второй группы, n = 50</i>		
Срединный	6,01 ± 0,29	48,99 ± 0,80*2-3
Локтевой	6,46 ± 0,33	46,73 ± 0,35*2-3
Икроножный	5,95 ± 0,30	49,28 ± 0,80
<i>Контрольная группа, n = 50</i>		
Срединный	5,74 ± 0,32	58,38 ± 0,73
Локтевой	6,27 ± 0,73	57,72 ± 0,79
Икроножный	6,32 ± 0,71	58,61 ± 0,87

СПИ наблюдается субпороговое снижение амплитуды потенциала действия. То есть если во второй группе обследованных выявленные нарушения имеют демиелинизирующий характер, то в первой группе патологические изменения проявляются не только в нарушении проводимости, но и в состоянии нервного ствола (табл. 3).

При сравнении показателей, полученных в группах пациентов с вибрационной болезнью, отмечается статистически значимое снижение амплитуды невралгического потенциала при стимуляции локтевого и икроножного нервов и снижение СПИ по икроножному нерву.

## Обсуждение

Известно, что большое место в структуре профессиональной заболеваемости принадлежит поражению периферической нервной системы [30, 31].

В результате исследования показано, что воздействие вибрации на организм работающего приводит к нарушениям на различном уровне периферических проводящих структур. ЭНМГ-тестирование периферических нервов выявляет демиелинизирующие изменения в дистальных отделах сенсорных и моторных аксонов верхних конечностей у пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации. Обращает на себя внимание снижение СПИ по периферическим нервам на ногах, хотя вибрация в этой группе обследованных воздействовала преимущественно на руки.

В нашем исследовании наряду с показателями состояния моторных и сенсорных аксонов периферических нервов использовались регистрация и анализ показателей F-волны. Известно, что комплексный анализ параметров F-волны позволяет выявлять у пациентов минимальные неврологические расстройства, в том числе радикулопатии, которые в начальных стадиях развития часто не диагностируются из-за отсутствия выраженной клинической симптоматики [32–34]. Необходимость же определения и характера начальных неврологических признаков очевидна, поскольку позволяет своевременно принять меры, направленные на их устранение.

Установлено, что у пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, диагностируются более выраженные изменения на уровне корешков и в функциональном состоянии нейронов спинного мозга, выявляемые по данным анализа показателей F-волны. Перечисленные нарушения наблюдаются у пациентов и второй обследованной группы, изменения статистически значимы при сравнении с данными контрольной группы. Полученные результаты отражают способность мотонейронов к генерации возвратного ответа, что не за-

висит от состояния мышц и определяется прежде всего возбудимостью мотонейронов. Амплитуда F-волны является косвенным показателем поражения аксонов и проводящих элементов при сохранности мотонейронального пула.

Таким образом, анализ параметров F-волны с применением нормативных показателей позволяет комплексно оценить состояние нервно-мышечного аппарата нижних конечностей и существенно повысить уровень ранней диагностики неврологических расстройств, выявить особенности и закономерности возникновения патологии, оценить динамику функциональных нарушений. Аддитивное воздействие локальной и общей вибрации может лежать в основе перечисленных изменений, потенцируя развитие патологических процессов в периферических проводящих структурах.

## Заключение

1. Изменения в состоянии периферических нервов верхних конечностей имеют сходный характер у пациентов с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, и пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, и заключаются в наличии процессов демиелинизации моторных и сенсорных аксонов. У пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, отмечаются более выраженные нарушения в состоянии моторного компонента обследованных нервов, заключающиеся в демиелинизирующих изменениях нервов верхних и нижних конечностей, в то время как у лиц с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, наблюдаются субпороговые изменения на нижних конечностях.

2. У обследованных диагностируются изменения на уровне корешков и в функциональном состоянии нейронов спинного мозга. Выявленные нарушения имеют более выраженный характер у пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации.

## Литература

(пп. 6–8, 10, 11, 20, 21, 23, 24 см. References)

1. 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.
2. Основные положения доклада руководителя Роспотребнадзора Анны Юрьевны Поповой «О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости в Российской Федерации». *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 7: 8–11.
3. Азовскова Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьев Н.Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни. *Русский медицинский журнал*. 2014; 16: 1206–9.
4. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 3: 7–13.
5. Измеров Н.Ф., ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011. 784 с.
9. Кулешова М.В., Панков В.А., Дьякович М.П., Рукавишников В.С., Сливницкая 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.
12. Бабанов С.А., Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии*. 2013; 8: 51–63.
13. Николенко В.Ю., Ласткова Н.Д. От локальной вибрации до вибрационной болезни. *Международный неврологический журнал*. 2011; 1: 131–9.
14. Шпагина Л.Н., Захаренков В.В. Сравнительный анализ клинических проявлений вибрационной болезни разной степени выраженности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2006; 6: 20–3.
15. Непершина О.П., Лагутина Г.Н., Кузьмина Л.П., Скрыпник О.В., Рябинина С.Н., Лагутина А.П. Современный подход к оценке сенсорных нарушений при полинейропатии вибрационного генеза. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 6: 37–42.
16. Шпагина Л.Н., Захаренков В.В., Филимонов С.Н. Вибрационная болезнь у работников угольных предприятий Кузбасса: особенности клиники и характер течения. *Фундаментальные исследования*. 2012; 10: 153–6.
17. Суворов Г.А., Старожук И.А., Тарасова Л.А. *Общая вибрация и вибрационная болезнь*. ДИС АО «Автотаз»; 2003. 152 с.

18. Рукавишников В.С., ред. *Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Севера*. Иркутск: НИЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН; 2008. 208 с.
19. Ткачишин В.С. Вибрационная болезнь. Общие положения патогенеза и механизмов развития. *Медицина транспорта Украины*. 2015; 4 (16): 94–9.
22. Рачин А.П., Анисимова С.Ю. Полинейропатии в практике врача семейной медицины: диагностика и лечение. *Русский медицинский журнал*. 2012; 29: 1470–3.
25. Бойко И.В., Скородумова Т.С., Бабанова О.В. Возможности современной электрофизиологической диагностики полинейропатического синдрома при вибрационной болезни. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007; 11: 39–41.
26. Лагутина Г.Н., Непершина О.П., Кузьмина Л.П., Рудакова И.Е. Современные подходы к диагностике вибрационных нарушений. В кн.: *Современные вопросы здоровья и безопасности на рабочем месте. Материалы I Международного научного форума*. Минск; 2017: 180–4.
27. Панков В.А., Бодиевкова Г.М., Кулешова М.В., Курчевенко С.И., Русанова Д.В., Катаманова Е.В. и др. Состояние функциональных систем организма больных вибрационной болезнью в постконтактном периоде. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 9: 110.
28. Пенкович А.А., Трошин В.В., Бершова И.И., Суетина Е.Н. Клинико-электромиографические сопоставления при вибрационной болезни от локальной вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2006; 9: 27–30.
29. Николаев С.Г. *Практикум по клинической электромиографии. 2-е изд., перераб. и доп.* Иваново: Иван. гос. мед. академия; 2003. 264 с.
30. Бабанов С.А., Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение*. 2013; 21 (35): 1777–84.
31. Трошин В.В., Морозова П.Н. Боль и параметры электромиографии при вибрационной болезни. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; 2: 24–8.
32. Шайхлисламова Э.Р., Валева Э.Т., Волгарева А.Д., Кондрова Н.С., Галимова Р.Р., Масыгутова Л.М. Профессиональные заболевания от воздействия физических факторов в Республике Башкортостан. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 4: 63–70.
33. Иванова Т.Н., Кулакова Н.Г. Диагностическое значение анализа параметров F-волны при воспалительных заболеваниях позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2010; 10: 86–9.
34. Бублик Л.А., Лихолетов А.Н., Джерелей О.Б. Опыт применения стимуляционной миографии (анализ F-волны) в диагностике травматических повреждений грудного отдела спинного мозга. *Травма*. 2012; 12 (3): 35–9.
11. Handford M., Lepine K., Boccia K., Ruddick F., Alyeksyeyeva D., Thompson A. et al. Hand-arm vibration syndrome: Workers' experience with functional impairment and disability. *J Hand Ther*. 2017; 30 (4): 491–9.
12. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding. *Vestnik neurologii, psichiatrii i neirohirurgii*. 2013; 8: 51–63. (in Russian)
13. Nikolenko V.Yu., Lastkova N.D. From local vibration to vibration sickness. *Mezhdunarodnyy neurologicheskiy zhurnal*. 2011; 1: 131–9. (in Russian)
14. Shpagina L.N., Zaharenkov V.V. Comparative analysis of the clinical manifestations of vibration disease of varying severity. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2016; 6: 37–42. (In Russian)
15. Nepershin O.P., Lagutina G.N., Kuz'mina L.P., Skrypnik O.V., Ryabinina S.N., Lagutina A.P. A modern approach to the assessment of sensory impairments in the case of vibration genesis neuropathy. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2016; 6: 37–42. (in Russian)
16. Shpagina L.N., Zaharenkov V.V., Filimonov S.N. Vibration disease in workers of Kuzbass coal enterprises: clinic features and nature of the course. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; 10: 153–6. (in Russian)
17. Suvorov G.A., Starozhuk I.A., Tarasova L.A. *General vibration and vibration disease [Obshchaya vibratsiya i vibratsionnaya bolezn']*. DIS JSC "Avtovaz"; 2003. 152 p. (in Russian)
18. Rukavishnikov V.S., ed. *Vibration disease from the effects of local vibration in miners in Siberia and the North [Vibratsionnaya bolezn' ot vozdeystviya lokal'noj vibratsii u gornorabochih v usloviyah Sibiri i Severa]*. Irkutsk: NTs RVKh VSNs SO RAMS; 2008. 208 p. (in Russian)
19. Tkachishin V.S. Vibration disease. General provisions of pathogenesis and developmental mechanisms. *Meditsina transporta Ukrainy*. 2015; 4 (16): 94–9. (in Russian)
20. Weber G.A., Cardile M.A. The pathologic implications of vibration disease. *Clin Podiatr Med Surg*. 2009; 4 (3): 713–27.
21. Azhary H. Peripheral neuropathy: differential diagnosis and management. *Am Fam Physician*. 2010; 81: 887–92.
22. Rachin A.P., Anisimova S.Yu. Polyneuropathy in the practice of a family medicine doctor: diagnosis and treatment. *Russkiy medicinskiy zhurnal [Russian Medical Journal]*. 2012; 29: 1470–3. (in Russian)
23. Bovenzi M., Giannini F., Rossi S. Vibration-induced multifocal neuropathy in forestry workers: electrophysiological findings in relation to vibration exposure and finger circulation. *Int Arch Occup Environ Health*. 2000; 73 (8): 519–27.
24. Hughes R.A.C. Peripheral neuropathy. *BMJ*. 2002; 324 (7335): 466–9. DOI: 10.1136/bmj.324.7335.466.
25. Bojko I.V., Skorodumova T.S., Babanova O.V. The possibilities of modern electrophysiological diagnosis of polyneuritic syndrome in vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2007; 11: 39–41. (in Russian)
26. Lagutina G.N., Nepershin O.P., Kuz'mina L.P., Rudakova I.E. Modern approaches to the diagnosis of vibration disorders. In: *Current Issues of Health and Safety in the Workplace. Proceedings of the I International Scientific Forum [Materialy I Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma]*. Minsk; 2017: 180–4. (in Russian)
27. Panov V.A., Bodienkova G.M., Kuleshova M.V., Kurchevko S.I., Rusanova D.V., Katamanova E.V. et al. The state of the functional systems of the body of patients with vibration disease in the postexposure period. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Occupational medicine and industrial ecology]*. 2015; 9: 110. (in Russian)
28. Penkovich A.A., Troshin V.V., Bershova I.I., Suetina E.N. Clinical electro-neuromyographic comparisons with vibration disease from local vibration. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2006; 9: 27–30. (in Russian)
29. Nikolaev S.G. *Workshop on Clinical Electroneuromyography. 2<sup>nd</sup> edit. [Praktikum po klinicheskoy elektroneiromiografii. 2-e izd.]*. Ivanovo State Medical Academy; 2003. 264 p. (in Russian)
30. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Russkiy medicinskiy zhurnal. Meditsinskoe obozrenie*. 2013; 35: 1777–84. (in Russian)
31. Troshin V.V., Morozova P.N. Pain and electroneuromyography parameters in vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2013; 2: 24–8. (in Russian)
32. Shajhliislamova E.R., Valeeva E.T., Volgareva A.D., Kondrova N.S., Galimova R.R., Masyagutova L.M. Occupational diseases from the effects of physical factors in the Republic of Bashkortostan. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2018; 4: 63–70. (in Russian)
33. Ivanova T.N., Kulakova N.G. The diagnostic value of the analysis of the parameters of the F-wave in inflammatory diseases of the spine. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2010; 10: 86–9. (in Russian)
34. Bublik L.A., Liholeto A.N., Dzherel'ey O.B. Experience of using stimulation myography (F-wave analysis) in the diagnosis of traumatic injuries of the thoracolumbar spinal cord. *Tравма*. 2012; 12 (3): 35–9. (in Russian)

## References

1. Izmerov N.F., Buhtiyarov I.V., Prokopenko L.V. Issues of occupational morbidity: retrospective and modernity. In: *Proceedings of the XI All-Russian Congress "Profession and Health" [Materialy XI Vserossiyskogo kongressa «Professiya i zdorov'e»]*. Moscow; 2012: 29–36. (in Russian)
2. The main provisions of the report of the head of Rosпотребнадзор Anna Y. Popova "On the state of working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation". *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2014; 7: 8–11. (in Russian)
3. Azovskova T.A., Vakurova N.V., Lavrent'ev N.E. On modern aspects of diagnosis and classification of vibration disease. *Russkiy medicinskiy zhurnal [Russian Medical Journal]*. 2014; 16: 1206–9. (in Russian)
4. Popova A.Yu. Working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2015; 3: 7–13. (in Russian)
5. Izmerov N.F., ed. *Occupational pathology: national leadership [Professional'naya patologiya: nacional'noe rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. 784 p. (in Russian)
6. Sauni R., Toivo P., Paakkonen R. Work disability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*. 2015; 88: 1061–8. DOI: 10.1007/s00420-015-1034-1.
7. Heaven C., Goonetilleke K.S., Ferguson H., Shiralkar S. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. *J Hand Surg Eur*. 2011; 36 (5): 354–63.
8. Shen S.C., House R.A. Hand-arm vibration syndrome. *Can Fam Physician*. 2017; 63 (3): 206–10.
9. Kuleshova M.V., Panov V.A., Djakovic P.M., Rukavishnikov V.S., Slivnitsina N.V., Kazakova P.V. et al. Vibration disease in workers of aircraft enterprises: formation, clinical manifestations, psychosocial features. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (10): 915–20. (in Russian)
10. Buhag K., Moen B.E., Irgens Å. Upper limb disability in Norwegian workers with hand-arm vibration syndrome. *J Occup Med Toxicol*. 2014; 9: 5–15.