



Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д., Бычковская Т.А., Кунгурова А.А.

## Особенности применения ишемического прекондиционирования для коррекции вибрационной полинейропатии верхних конечностей

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия

**Введение.** Исследование способов нефармакологической коррекции вибрационной полинейропатии является актуальным ввиду высокой распространенности вибрационной болезни у рабочих в различных отраслях промышленности и высокой частоты случаев нетрудоспособности. Ишемическое прекондиционирование показало свою эффективность для коррекции проявлений вибрационных полинейропатий. Компрессии нервов в туннелях на фоне полинейропатического поражения часто встречаются при вибрационной болезни, что диктует необходимость изучения эффективности метода при разных формах вибрационной полинейропатии.

**Цель исследования** — изучить эффективность ишемического прекондиционирования при разных формах вибрационной полинейропатии.

**Материалы и методы.** Обследованы 29 пациентов с установленным диагнозом вибрационной болезни. В группу 1 вошли 18 человек с полинейропатией верхних конечностей, не осложненной компрессией нервов, в группу 2 — 11 человек с компрессионными осложнениями полинейропатии. Пациенты обеих групп получали лечение методом ишемического прекондиционирования. Обследования включали неврологический осмотр, электронейромиографическое исследование до и после курса ишемического прекондиционирования, проведенное по запатентованной методике.

**Результаты.** Отмечено уменьшение чувствительных нарушений, улучшение проведения импульсов по сенсорным волокнам нервов верхних конечностей после курса ишемического прекондиционирования в группе пациентов без компрессионных нейропатий. В группе пациентов с полинейропатиями, осложненными компрессией нервов в туннелях, положительный эффект был менее выраженным.

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено оценкой клинико-электронейромиографических показателей до и после проведения курса ишемического прекондиционирования у 29 больных вибрационной болезнью вследствие воздействия локальной вибрации.

**Заключение.** Метод ишемического прекондиционирования эффективен для нефармакологической коррекции вибрационной полинейропатии. Компрессионные нейропатии являются предикторами более низкой эффективности метода, поэтому важен отбор пациентов для лечения данным способом с предпочтительным включением лиц с неосложненными вибрационными полинейропатиями.

**Ключевые слова:** ишемическое прекондиционирование; вибрационные полинейропатии; компрессионные нейропатии; лечение вибрационной болезни

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование выполнено неинвазивными методами и соответствует этическим стандартам биоэтического комитета НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (протокол № 5 от 26.12.2018 г.), разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» с поправками 2013 г., и «Правилами надлежащей клинической практики», утвержденными приказом Минздрава России № 200н от 1 апреля 2016 г. Все обследуемые пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Для цитирования:** Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д., Бычковская Т.А., Кунгурова А.А. Особенности применения ишемического прекондиционирования для коррекции вибрационной полинейропатии верхних конечностей. *Гигиена и санитария.* 2023; 102(7): 695–699. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-695-699> <https://elibrary.ru/huavod>

**Для корреспонденции:** Ямщикова Анастасия Валерьевна, ст. науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк. E-mail: [anastyam@bk.ru](mailto:anastyam@bk.ru)

**Участие авторов:** Ямщикова А.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, сбор данных литературы, статистическая обработка, написание текста; Флейшман А.Н. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Мартынов И.Д. — редактирование; Бычковская Т.А. — сбор и обработка данных; Кунгурова А.А. — сбор и обработка данных. 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.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 06.04.2023 / Принята к печати: 07.06.2023 / Опубликована: 30.08.2023

Anastasia V. Yamshchikova, Arnold N. Fleishman, Ilya D. Martynov, Tatiana A. Bychkovskaya, Alla A. Kungurova

## Features of the use of ischemic preconditioning for the correction of vibration polyneuropathy of the upper extremities

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

**Introduction.** The study of the methods for non-pharmacological correction of vibration polyneuropathy is relevant in view of the high prevalence of vibration disease in various industries, and high occurrence of disability of workers. Ischemic preconditioning has shown its effectiveness in correcting the manifestations of vibration polyneuropathies. The high frequency of nerve compression in tunnels against the background of polyneuropathic lesions in vibration disease dictates the need to study the effectiveness of the method in various forms of vibration polyneuropathy.

**The aim of the study** was to investigate the effectiveness of ischemic preconditioning in various forms of vibration polyneuropathy.

**Materials and methods.** Twenty nine patients with a proven diagnosis of vibration disease were examined and treated using the ischemic preconditioning. They were divided into 2 groups: group 1 — 18 individuals with upper extremities polyneuropathy without nerve compression, group 2 — 11 subjects with compression complications of polyneuropathy. The examinations included neurological survey, electroneuromyographic investigation before and after the course of ischemic preconditioning conducted according to a patented technique.

**Results.** A decrease in sensory disturbances and improvement in the impulse conduction along the sensory fibers of the nerves of the upper extremities after a course of ischemic preconditioning in the group of the patients without compression neuropathies were noted. In the group of the patients with polyneuropathies complicated by the nerve compression in tunnels, the positive effect was less significant.

**Limitations.** The study was limited by the assessment of clinical and electroneuromyographic parameters in 29 patients with vibration disease due to the exposure to local vibration before and after the course of ischemic preconditioning.

**Conclusion.** The method of ischemic preconditioning is effective as a method for non-pharmacological correction of vibration polyneuropathy. Compression neuropathies are predictors of lower efficiency of the method, and therefore it is important to select patients for the treatment by this method with the preferred neuropathy of the patients with uncomplicated vibration polyneuropathies.

**Keywords:** ischemic preconditioning; vibration polyneuropathies; compression neuropathies; treatment of vibration disease

**Compliance with ethical standards.** The study was performed by non-invasive methods and complies with the ethical standards of the Bioethical Committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases (protocol No.5 of 26.12.2018), elaborated in accordance with the Declaration of Helsinki by the World Medical Association “Ethical Principles for Conducting Scientific Research Involving Humans” as amended in 2013 and “Rules of Good Clinical Practice”, approved by the Order of the Ministry of Health of Russian Federation No. 200n dated April 1, 2016. All examined patients signed a voluntary informed consent to participate in the study.

**For citation:** Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Martynov I.D., Bychkovskaya T.A., Kungurova A.A. Features of the use of ischemic preconditioning for the correction of vibration polyneuropathy of the upper extremities. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(7): 695–699. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-695-699> <https://elibrary.ru/huavod> (In Russ.)

**For correspondence:** Anastasia V. Yamshchikova, senior researcher of the applied neurophysiology laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: [anastyam@bk.ru](mailto:anastyam@bk.ru)

#### Information about the authors:

Yamshchikova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-6609-8923>

Fleishman A.N., <https://orcid.org/0000-0002-2823-4074>

Martynov I.D., <https://orcid.org/0000-0001-5098-9185>

Bychkovskaya T.A., <https://orcid.org/0000-0001-8602-0405>

Kungurova A.A., <https://orcid.org/0000-0002-6804-2966>

**Contribution:** Yamshchikova A.V. – the concept and design of the study, collection and processing of material, collection of literature data, statistical processing, writing a text; Fleishman A.N. – the concept and design of the study, editing; Martynov I.D. – editing; Bychkovskaya T.A. – collection and processing of material; Kungurova A.A. – collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: April 6, 2023 / Accepted: June 7, 2023 / Published: August 30, 2023

## Введение

В Российской Федерации вибрационная болезнь сохраняет лидирующие позиции в структуре профессиональной патологии от воздействия физических факторов [1]. Основным синдромом вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации является полинейропатическое поражение преимущественно сенсорных волокон верхних конечностей [2–4]. Вибрационные полинейропатии (ПНП) приводят к стойкому болевому синдрому, выраженным нарушениям чувствительности, что резко ограничивает трудоспособность работников. Установлено, что вибрационные ПНП верхних конечностей осложняются компрессионными поражениями нервов в 20–50% случаев [5–7]. Ранее в наших исследованиях на основе комплексного структурно-функционального анализа с применением ультразвукового и электронейромиографического исследований периферических нервов при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации было показано, что вибрационные ПНП верхних конечностей можно разделить на две группы: осложнённые компрессионными нейропатиями и ПНП без компрессий [7]. Установлено, что компрессии нервов в данной выборке пациентов возникают практически у каждого второго пациента. Чаще диагностировались синдромы кубитального и карпального каналов, в 16% случаев встречалось сочетание нескольких туннельных синдромов. С учётом высокой частоты выявления компрессионных осложнений актуальным становится вопрос эффективности лечения разных форм вибрационной ПНП.

Органопротективные эффекты метода ишемического preconditionирования (ИП) в условиях гипоксии всесторонне изучаются. Органопротекция осуществляется за счёт повышения активности антиоксидантных ферментных систем [8], уменьшения эндотелиальной дисфункции [9], усиления ангиогенеза [10], уменьшения ангиоспазма в результате усиления парасимпатического тонуса и улучшения кровообращения в preconditionируемом органе [11, 12]. Ранее в наших исследованиях было выявлено улучшение функции проведения по периферическим нервам у пациентов с вибрационной полинейропатией [13], однако эффективность метода при различных формах нейропатий изучена недостаточно.

*Цель исследования* – изучение эффективности ишемического preconditionирования при разных формах вибрационной полинейропатии.

## Материалы и методы

В результате комплексного электронейромиографического и ультразвукового обследования 29 пациентов с вибрационной ПНП верхних конечностей были разделены на две группы: в группу 1 вошли 18 человек с полинейропатией без осложнений, в группу 2 – 11 человек с компрессионными нейропатиями. Всем пациентам ранее был установлен диагноз вибрационной болезни, связанной с воздействием локальной вибрации. Возраст обследуемых в обеих группах составлял  $54 \pm 3,5$  и  $52 \pm 2,5$  года соответственно, стаж трудовой деятельности, сопряжённой с воздействием локальной вибрации, –  $27,4 \pm 7,9$  и  $28,8 \pm 5,7$  года соответственно. По возрасту и стажу группы были сопоставимы.

Критерии исключения из исследования: травмы периферических нервов верхних конечностей в анамнезе, острый артериальный или венозный тромбоз.

Всем респондентам было проведено клинико-электронейромиографическое обследование верхних конечностей до и после воздействия. Клиническое исследование включало оценку болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), чувствительных нарушений с помощью опросника TSS (Total Symptom Score), вибрационной чувствительности (ВЧ) камертоном 128 Гц на уровне дистального межфалангового сустава 2-го пальца руки.

Электронейромиографическое (ЭНМГ) обследование верхних конечностей выполнялось на миографе «Нейро-ЭМГ-микро» (Нейрософт, Россия) по стандартной методике. Оценивались показатели сенсорного проведения – амплитуды сенсорных ответов (Ас, мкВ) и скорости проведения импульса по сенсорным волокнам (СПИс, м/с) срединных и локтевых нервов с двух сторон, приведённые к среднему арифметическому значению.

Сеансы ишемического preconditionирования верхних конечностей лицам обеих групп проводились ежедневно согласно методике, описанной в патенте № 2702866 [14]. Нейротрофическую терапию во время исследования пациенты не получали.

### Клинико-электронейромиографические показатели пациентов обследуемых групп до и после ишемического прекодиционирования, $Me (Q_1; Q_3)$

#### Clinical and electroneuromyographic parameters of the examined groups before and after ischemic preconditioning, $Me (Q_1; Q_3)$

Показатель Index	Группа (Group) 1 <i>n</i> = 18		Группа (Group) 2 <i>n</i> = 11	
	до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure	до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure
Визуально-аналоговая шкала, баллы Visual Analog Scale, scores	5.0 (4.0; 5.75)	4.0 (3.0; 4.0)**	5.0 (4.0; 6.0)	5.0 (4.0; 6.0)
Общая шкала симптомов Total Symptom Score	6.5 (5.1; 7.41)	6.0 (4.1; 6.99)**	6.99 (5.66; 7.66)	6.66 (5.33; 7.33)
Вибрационная чувствительность, с Vibration sensitivity, s	10.0 (9.0; 14.0)	14.0 (11.0; 18.0)**	8.0 (7.0; 9.0)*	10.0 (8.5; 11.0)**
Усреднённая сенсорная скорость проведения импульса, м/с Average sensor velocity of impulse conduction, m/s	43.5 (41.9; 45.0)	49.6 (48.0; 52.7)**	42.7 (40.9; 44.2)	44.6 (43.5; 47.1)**
Усреднённая амплитуда сенсорных ответов, мкВ Average sensor response amplitude, $\mu$ V	9.5 (5.2; 12.4)	12.6 (9.3; 14.0)**	5.0 (4.2; 6.1)*	6.0 (4.3; 7.5)

Примечание. *n* – число обследуемых; \* – статистически достоверное различие показателей по критерию Манна – Уитни (при  $p < 0,05$ ); \*\* – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при  $p < 0,05$ ).

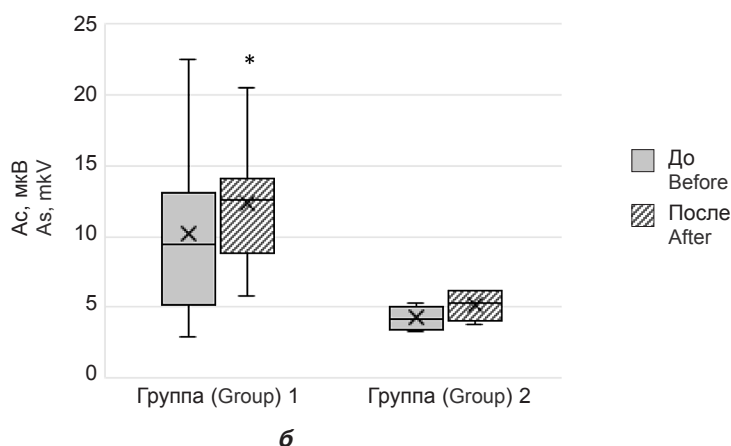
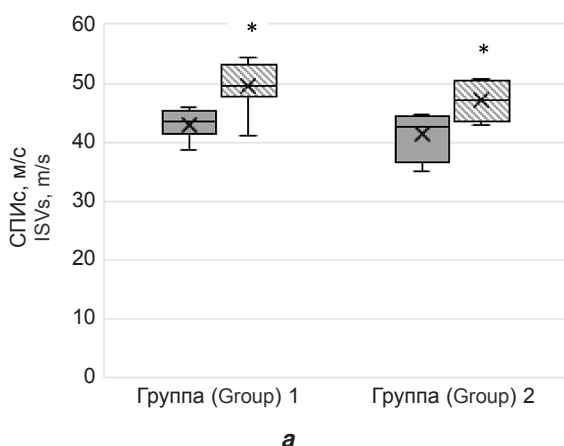
Note: *n* – number of test subjects; \* – statistically reliable difference in the indices according to the Mann – Whitney criterion (at  $p < 0.05$ ); \*\* – statistically significant difference in the indices before and after the exposure according to the Wilcoxon criterion (at  $p < 0.05$ ).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Biostat 2009. Проверка характера распределения данных осуществлялась с помощью теста Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении данные представляли в виде среднего арифметического и *SD* (стандартного отклонения), при распределении данных, отличном от нормального, – в виде медиан (*Me*) и квартилей (25%; 75%). Значимость различий признаков в независимых группах оценивали с помощью непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни (с учётом небольшой выборки), в зависимых группах до и после воздействия – с помощью непараметрического критерия Уилкоксона (достоверными считались различия, уровень значимости которых отвечал условию  $p < 0,05$ ).

### Результаты

Пациенты обеих групп предъявляли схожие жалобы на боли и онемение в кистях, парестезии, при обследовании выявлены нарушения вибрационной чувствительности. Исходно, до применения ИП, в группе лиц с компрессионными нейропатиями определяли более выраженное нарушение вибрационной чувствительности и низкий сенсорный ответ (достоверно ниже *As*), по остальным показателям группы не отличались (см. таблицу).

После курса ишемического прекодиционирования у пациентов без компрессионных нейропатий (группа 1) выявлено значимое улучшение всех показателей: уменьшение болевого синдрома и нарушений чувствительности, улучше-



Изменения электронейромиографических параметров сенсорного проведения по нервам верхних конечностей на фоне применения ишемического прекодиционирования в обследуемых группах: а – усреднённая сенсорная скорость проведения импульса (СПИС) до и после ишемического прекодиционирования в обследуемых группах; б – усреднённая амплитуда сенсорных ответов (*As*) до и после ишемического прекодиционирования в обследуемых группах; \* – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при  $p < 0,05$ ).

Changes in the electroneuromyographic indices of sensory conduction along the nerves of the upper extremities against the background of the use of ischemic preconditioning in the examined groups: а – the average sensor velocity of impulse conduction (ICVs) before and after the ischemic preconditioning in the examined groups; б – average sensor response amplitude (*As*) before and after the ischemic preconditioning in the examined groups; \* – statistically significant difference in the indices before and after the exposure according to the Wilcoxon criterion (at  $p < 0.05$ ).

ние сенсорного проведения по нервам верхних конечностей. В то же время в группе 2 у пациентов с компрессионными осложнениями зарегистрировано достоверное улучшение вибрационной чувствительности и СПИС, тогда как субъективные жалобы не уменьшились, а амплитуда сенсорных ответов выросла незначительно (см. таблицу).

Сравнительная клиническая эффективность ИП у пациентов с вибрационными ПНП представлена на рисунке.

Достоверное увеличение скорости проведения по сенсорным волокнам выявлено в обеих группах, однако в группе неосложнённых ПНП показатель восстанавливался практически до нормативного, тогда как прирост амплитудного показателя в группе лиц с компрессионными нейропатиями был статистически незначимым.

## Обсуждение

Наше исследование показало эффективность ишемического прекодиционирования в коррекции проявлений вибрационной полинейропатии, что выражалось в уменьшении у пациентов нарушений чувствительности, увеличении скоростных и амплитудных сенсорных показателей проведения по нервам верхних конечностей. Известные на сегодняшний день механизмы кардиопротекции могут лежать в основе и других эффектов, в том числе нейропротективного. Основными, на наш взгляд, являются улучшение кровообращения в прекодиционируемом органе [9–11], изменение вегетативной регуляции с усилением парасимпатических влияний [11, 12] и уменьшение вазоспазма, снижение апоптоза эндотелиальных и шванновских клеток. Положи-

тельное влияние ИП на показатели проведения по нервам, особенно на амплитудные параметры, более выражено при отсутствии дополнительной компрессии нервов. Улучшение проведения по нервам верхних конечностей у пациентов с вибрационной полинейропатией без туннельных синдромов выражалось в уменьшении субъективных проявлений заболевания. Более низкая эффективность ИП при наличии компрессионных осложнений может быть объяснена наличием механического препятствия для восстановления микроциркуляции и аксонального транспорта, наличием отёка нервных стволов [15–17]. Выявленная характеристика действия ИП показывает важность отбора пациентов для того или иного вида лечения, в том числе для ИП.

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено изучением клинических и электронейромиографических характеристик периферической нервной системы верхних конечностей на фоне ишемического прекодиционирования у 29 пациентов с вибрационной болезнью, обусловленной воздействием локальной вибрации.

## Заключение

Ишемическое прекодиционирование эффективно в комплексной терапии вибрационных полинейропатий, не осложнённых компрессией нервов в туннелях. Наличие компрессионных нейропатий является предиктором более низкой эффективности ишемического прекодиционирования. Отбор пациентов для коррекции полинейропатии данным методом должен осуществляться в пользу пациентов без туннельных синдромов верхних конечностей.

## Литература

(п.п. 9–11, 16 см. References)

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году». М.; 2022.
2. Непершина О.П., Латунина Г.Н., Рудакова И.Е. Диагностические критерии ранних признаков воздействия вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 707–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-707-708> <https://elibrary.ru/ngygit>
3. Фаздалова М.Р., Хайруллина Л.Х. Полинейропатия от воздействия производственной вибрации и физических перегрузок. *Трансляционная медицина*. 2018; 5(S3): 356. <https://elibrary.ru/uvfqzv>
4. 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): 1119–23. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123> <https://elibrary.ru/axgepk>
5. Жулёв С.Н. *Ранняя диагностика и лечение основных форм невропатий (диабетических, компрессионно-ишемических, вибрационных)*: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб.; 2010.
6. Кирьяков В.А., Жеглова А.В., Алиев А.Ф., Крылова И.В., Сухова А.В. Совершенствование диагностики и лечения туннельных невропатий верхних конечностей у горнорабочих при вибрационной патологии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; 51(1): 34–8. <https://elibrary.ru/ndvcwx>
7. Ямщикова А.В., Гидаятowa М.О., Флейшман А.Н., Кунгурова А.А. Анализ поражения периферической нервной системы при вибрационной болезни. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 765–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-765-769> <https://elibrary.ru/jsscnn>
8. Чефранова Ж.Ю., Яценко Е.А., Лысых Е.А., Капустина З.А. Феномен прекодиционирования в аспектах ишемического повреждения головного мозга. *Медицина*. 2019; 7(1): 109–22. <https://doi.org/10.29234/2308-9113-2019-7-1-109-122> <https://elibrary.ru/qpwfwz>
12. Щербакowa Е.С., Загидуллин Н.Ш., Сафина Ю.Ф., Загидуллин Ш.З. Влияние ишемического прекодиционирования на артериальную жесткость и вариабельность ритма сердца у больных ишемической болезнью сердца. В кн.: *Артериальная гипертензия 2017 как междисциплинарная проблема: сборник тезисов XIII Всероссийского конгресса*. М.; 2017.
13. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятowa М.О., Кунгурова А.А. Влияние ишемического прекодиционирования на течение полинейропатии при вибрационной болезни. *Медицина труда и промышленная экология*. 2021; 61(1): 59–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63> <https://elibrary.ru/kelpvv>
14. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятowa М.О. Способ коррекции автономной и сенсорной полинейропатии у больных вибрационной болезнью. Патент РФ № 2702866; 2019.
15. Скоромец А.А., Герман Д.Г., Ирецкая М.В., Брандман Л.Л. *Туннельные компрессионно-ишемические моно- и мультиневропатии: руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015.
17. Москвитин А.В., Васильев Ю.Н., Шабунина А.А., Быков Ю.Н., Секунда Ю.И. *Компрессионно-ишемические невропатии: аспекты патогенеза, мануальная и медикаментозная терапия: учебное пособие для врачей*. Иркутск; 2013.

## References

1. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021». Moscow; 2022. (in Russian)
2. Nepershin O.P., Latunina G.N., Rudakova I.E. Diagnostic criteria for early signs of vibration exposure. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 707–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-707-708> <https://elibrary.ru/ngygit> (in Russian)
3. Fazdalova M.R., Khayrullina L.Kh. Polyneuropathy from exposure to industrial vibration and physical overload. *Translyatsionnaya meditsina*. 2018; 5(S3): 356. <https://elibrary.ru/uvfqzv> (in Russian)
4. Rusanova D.V., Vasil'eva 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. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(10): 1119–23. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1119-1123> <https://elibrary.ru/axgepk> (in Russian)
5. Zhulev S.N. *Early diagnosis and treatment of the main forms of neuropathies (diabetic, compression-ischemic, vibration)*: Diss. St. Petersburg; 2010. (in Russian)
6. Kir'yakov V.A., Zheglava A.V., Aliev A.F., Krylova I.V., Sukhova A.V. Improving diagnosis and treatment of tunnel upper limb neuropathies in miners with vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2011; 51(1): 34–8. <https://elibrary.ru/ndvcwx> (in Russian)
7. Yamshchikova A.V., Gidayatova M.O., Fleishman A.N., Kungurova A.A. Analysis of disorders of the peripheral nervous system in vibration disease. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(7): 765–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-765-769> <https://elibrary.ru/jsscnn> (in Russian)

## Original article

8. Chefranova Zh.Yu., Yatsenko E.A., Lysykh E.A., Kapustina Z.A. Phenomenon of preconditioning in the aspects of the ischemic brain damage. *Meditsina*. 2019; 7(1): 109–22. <https://doi.org/10.29234/2308-9113-2019-7-1-109-122> <https://elibrary.ru/qpowfz> (in Russian)
9. Rytter N., Carter H., Pii P., Sørensen H., Ehlers T., Holmegaard F., et al. Ischemic preconditioning improves microvascular endothelial function in remote vasculature by enhanced prostacyclin production. *J. Am. Heart Assoc.* 2020; 9(15): e016017. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.016017>
10. Shaked G., Czeiger D., Abu Arar A., Katz T., Harman-Boehm I., Sebbag G. Intermittent cycles of remote ischemic preconditioning augment diabetic foot ulcer healing. *Wound Repair. Regen.* 2015; 23(2): 191–6. <https://doi.org/10.1111/wrr.12269>
11. Enko K., Nakamura K., Yunoki K., Miyoshi T., Akagi S., Yoshida M., et al. Intermittent arm ischemia induces vasodilatation of the contralateral upper limb. *J. Physiol. Sci.* 2011; 61(6): 507–13. <https://doi.org/10.1007/s12576-011-0172-9>
12. Shcherbakova E.S., Zagidullin N.Sh., Safina Yu.F., Zagidullin Sh.Z. Effect of ischemic preconditioning on arterial stiffness and heart rate variability in patients with coronary heart disease. In: *Arterial Hypertension 2017 as an Interdisciplinary Problem: Collection of Abstracts of the XII All-Russian Congress [Arterial'naya gipertoniya 2017 kak mezhdisciplinarnaya problema: sbornik tezisev XIII Vserossiyskogo kongressa]*. Moscow; 2017. (in Russian)
13. Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N., Gidayatova M.O., Kungurova A.A. The effect of ischemic preconditioning on the course of polyneuropathy in vibration disease. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2021; 61(1): 59–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63> <https://elibrary.ru/kelpv> (in Russian)
14. Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N., Gidayatova M.O. Method of correction of autonomic and sensory polyneuropathy in patients with vibration disease. Patent RF No. 2702866; 2019. (in Russian)
15. Skoromets A.A., German D.G., Iretskaya M.V., Brandman L.L. *Tunnel Compression-Ischemic Mono- and Multineuropathies: Guidelines [Tunnel'nye kompressionno-ishemicheskie mono- i mul'tinevropatii: rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. (in Russian)
16. Rempel D.M., Diao E. Entrapment neuropathies: pathophysiology and pathogenesis. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2004; 14(1): 71–5. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.009>
17. Moskvitin A.V., Vasil'ev Yu.N., Shabunina A.A., Bykov Yu.N., Sekunda Yu.I. *Compression-Ischemic Neuropathies: Aspects of Pathogenesis, Manual and Drug Therapy: Textbook for Doctors [Kompressionno-ishemicheskie nevropatii: aspekty patogeneza, manual'naya i medikamentoznaya terapiya: uchebnoe posobie dlya vrachev]*. Irkutsk; 2013. (in Russian)