

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63>

УДК 616.833:616.8-08:613.644

© Коллектив авторов, 2022

Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О., Кунгурова А.А.

Влияние ишемического прекондиционирования на течение полинейропатии при вибрационной болезни

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, 654041

Одним из основных синдромов вибрационной болезни является полинейропатия, для которой характерно вовлечение в первую очередь сенсорных волокон. В клинической картине такое поражение проявляется в виде чувствительных нарушений (боль, онемение, парестезии), ухудшающих качество жизни пациентов. Нейропротективный эффект ишемического прекондиционирования в настоящее время недостаточно изучен и является перспективным направлением научных исследований.

Цель исследования — изучить влияние ишемического прекондиционирования верхних конечностей на клинико-нейрофизиологические проявления полинейропатического поражения при вибрационной болезни.

Были обследованы 70 пациентов с установленным диагнозом вибрационной болезни. Из них 40 человек вошли в основную группу и проходили ишемическое прекондиционирование верхних конечностей. Были отобраны 30 человек в группу контроля, им данная методика не проводилась. До ишемического прекондиционирования и на 5-й день исследования все испытуемые прошли клиническое и электромиографическое обследования.

Исходные показатели обследования в обеих группах статистически не различались и имели признаки полинейропатического поражения. После ишемического прекондиционирования значительно уменьшилась клиническая симптоматика, увеличилась скорость проведения по сенсорным волокнам, тогда как в контрольной группе значимой объективной динамики не обнаружилось.

Ишемическое прекондиционирование верхних конечностей при вибрационной болезни приводит к уменьшению выраженности клинической и нейрофизиологической картины полинейропатического поражения.

Этика. Исследование проведено с соблюдением этических норм.

Ключевые слова: вибрационная болезнь; ишемическое прекондиционирование; лечение вибрационной болезни; полинейропатия

Для цитирования: Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О., Кунгурова А.А. Влияние ишемического прекондиционирования на течение полинейропатии при вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(1): 59–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63>

Для корреспонденции: Ямщикова Анастасия Валерьевна, научный сотрудник лаборатории прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КППГЗ». E-mail: anastyam@bk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 29.03.2021 / Дата принятия к печати: 28.12.2021 / Дата публикации: 11.02.2022

Anastasia V. Yamshchikova, Arnold N. Fleishman, Margarita O. Gidayatova, Alla A. Kungurova

The effect of ischemic preconditioning on the course of polyneuropathy in vibration disease

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova Str., Novokuznetsk, 654041

One of the primary syndromes of vibration disease is polyneuropathy, which is characterized primarily by the involvement of sensory fibers.

In the clinical picture, such a lesion manifests itself in the form of sensitive disorders (pain, numbness, paresthesia), which worsen patients' quality of life. The neuroprotective effect of ischemic preconditioning is currently insufficiently studied and is a promising area of scientific research.

The study aims to learn the effect of ischemic preconditioning of the upper extremities on the clinical and neurophysiological manifestations of polyneuropathic lesion in vibration disease.

Scientists examined 70 patients with an established diagnosis of vibration disease (40 people — the leading group and underwent ischemic preconditioning of the upper extremities, 30 people — the control group, they did not use this technique. All subjects underwent clinical and electroneuromyographic examinations before ischemic preconditioning on the 5th day of the study.

The initial indicators of the examination in both groups did not differ statistically and had signs of the polyneuropathic lesion. However, after ischemic preconditioning, clinical symptoms significantly decreased, the speed of conduction along sensory fibers increased, but we did not find significant objectivity of dynamics in the control group.

Ischemic preconditioning of the upper extremities in vibration disease leads to a decrease in the severity of the clinical and neurophysiological picture of the polyneuropathic lesion.

Ethics. Researchers conducted the study in compliance with Ethical standards.

Keywords: vibration disease; ischemic preconditioning; treatment of vibration disease; polyneuropathy

For citation: Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O., Kungurova A.A. The effect of ischemic preconditioning on the course of polyneuropathy in vibration disease. *Med. труда i prom. ekol.* 2022; 62(1): 59–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63> (in Russian)

For correspondence: Anastasia V. Yamshchikova, the Researcher at the Laboratory of applied neurophysiology, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases. E-mail: 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>
Gidayatova M.O. <https://orcid.org/0000-0002-8003-036X>

Funding. The study had no funding.

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

Received: 29.03.2021 / Accepted: 28.12.2021 / Published: 11.02.2022

Вибрация — это механические, повторяющиеся через определенные периоды колебания, воздействующие на живой организм как стрессирующий фактор и вызывающие в нем сложные нейрорефлекторные и нейрогуморальные реакции [1].

Нервная система реагирует на хроническое вибрационное воздействие одной из первых. Полинейропатия — основной синдром вибрационной болезни (наряду с ангиоспазмом), возникающий на ранних стадиях заболевания [2]. Демиелинизирующий процесс в периферических нервных волокнах является первичным механизмом повреждения при вибрационной болезни (ВБ), за которым следует отек, эндоневральный фиброз и нередко аксональная дегенерация [3, 4]. Демиелинизация ведет к падению скорости проведения по периферическим сенсорным и моторным волокнам, что клинически проявляется парезами и сенсорными нарушениями без атрофий, и на этом этапе процесс обратим при устранении вибрации. При длительном воздействии патологического фактора (в данном случае производственной вибрации) демиелинизация усугубляется, вторично возникает аксональная дегенерация, которая в свою очередь приводит к мышечным атрофиям и стойким нарушениям функции конечностей [5, 6]. При ВБ нарушается проведение по дистальным участкам моторных и сенсорных нервов с преобладанием сенсорной полинейропатии [7, 8].

Полинейропатическое поражение при ВБ приводит к стойкому болевому синдрому, выраженным нарушениям чувствительности [9], поэтому поиск новых способов коррекции периферического невралгического поражения является актуальной задачей.

Разработанные ранее методы кардиопротекции в виде ишемического preconditionирования (ИП) [10–13] не исследовались в качестве способов коррекции невралгических нарушений при вибрационной болезни. Существует несколько гипотез, объясняющих кардиопротективный эффект [14]. Одна из гипотез описывает невралгический механизм, согласно которой ИП включает афферентный нервный сигнал, так как эффект кардиопротекции не развивается при перерезке спинного мозга кроликов, а также эфферентную активацию парасимпатических волокон, т. к. кардиопротекция отсутствует при двусторонней ваготомии или полной блокаде мускариновых рецепторов атропином [15]. Согласно существующим исследованиям, ИП верхних конечностей вызывает вазодилатацию плечевых артерий [16].

Нейропротективные эффекты ишемического preconditionирования для периферических нервов были показаны в экспериментальном исследовании при ишемическом повреждении седалищного нерва крыс. Оказалось, что, если перед длительной ишемией провести несколько кратковременных эпизодов ишемии — реперфузии (в эксперименте — 3 цикла по 5 минут ишемии и 2 минут реперфузии), реперфузионное повреждение нерва после длительной ишемии будет меньше в сравнении с группой крыс без использования ишемического preconditionирования [17].

Интересны исследования по ускорению заживления диабетических язв на ногах при дистанционном ишемическом preconditionировании верхних конечностей [18]. Эффект авторы связывают с увеличением в кровеносном русле клеток предшественников ангиогенеза CD34+, усиление выработки NO, что способствует развитию коллатерального кровообращения, расширению сосудов и усилению кровотока в пораженной конечности.

Учитывая результаты немногочисленных исследований по изучению внекардиальных эффектов ИП, анализ возможностей данного метода при лечении периферических полинейропатий является перспективным направлением как в неврологии, так и в медицине труда.

Цель исследования — изучить влияние ишемического preconditionирования верхних конечностей на клинико-нейрофизиологические проявления полинейропатического поражения при вибрационной болезни.

Были обследованы 70 пациентов клиники НИИ КППЗ. Все испытуемые мужчины, в течение многих лет проработавшие в контакте с локальной или комбинированной производственной вибрацией, имели установленный диагноз вибрационной болезни, о чем свидетельствовал акт о случае профессионального заболевания. Все пациенты случайным образом были поделены на основную (40 человек) и контрольную (30 человек) группы. Возраст обследуемых основной группы был в пределах 39–65 лет (медиана возраста 52 (48–55) года). Стаж работы в условиях воздействия производственной вибрации составил 13–41 год, медиана — 25 (21–30) лет. Возраст пациентов контрольной группы составил 54 (50–56) года, стаж работы с производственной вибрацией — 23 (20–25) года. Статистического различия по возрасту и стажу в группах по критерию Манна–Уитни нет ($p=0,3$ по обоим признакам; при критическом уровне значимости $p<0,05$).

Исходно всем испытуемым проводили:

1) оценку клинической симптоматики, для этого определяли:

- уровень боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ);
- средний балл субъективной оценки чувствительных нарушений по TSS (Total Symptom Score) — опроснику по четырём основным жалобам, которые чаще всего предъявляют пациенты с полинейропатиями: онемение, парестезии, боль, жжение;
- силу в кистях с помощью динамометрии;
- выносливость рук во время изометрической нагрузки (количество циклов сжатия кистей в кулак до появления чувства усталости в конечностях);

2) электронейромиографическое (ЭНМГ) исследование верхних конечностей, в анализ брали следующие показатели: средняя скорость сенсорного проведения по срединным и локтевым нервам (СРВс) с 2-х сторон, средняя амплитуда сенсорных ответов срединных и локтевых нервов (Ас) с 2-х сторон.

Далее в течение 4 дней пациентам основной группы проводилось ишемическое preconditionирование верхних конечностей согласно схеме, описанной в патенте

Таблица 1 / Table 1

Исходные показатели основной и контрольной групп
Initial indices of the main and control groups

Показатель	Основная группа (n=40)	Контрольная группа (n=30)	p, по критерию Манна-Уитни
Возраст, лет	52(48;50)	54(50;56)	0,3
Стаж, лет	25(21;30)	23(20;25)	0,3
Визуально-аналоговая шкала	5(4;6)	5(3;6)	0,74
Total Symptom Score	6,66(5,32;7,99)	6,66(5,16;7,82)	0,45
Выносливость, количество циклов	23(20;30)	26,5(24,3;30)	0,7
Динамометрия, правая рука, кг	30(25;35)	30(19;34,3)	0,5
Динамометрия, левая рука, кг	32(22;40)	29(13;34,2)	0,26
Скорость распространения возбуждения по сенсорным волокнам, м/с	42,5(41,2;43,5)	42,6(40,5;42,5)	0,54
Амплитуда сенсорных ответов, мкВ	6,7(5,5;13,5)	7,4(5,7;11,3)	0,17

№ 2702866 [19]. Техника прекондиционирования была разработана с учетом адаптации к эпизодам ишемии с постепенным увеличением времени воздействия.

Пациенты контрольной группы ИП не подвергались.

На 5-й день пациентам обеих групп повторно проводилось клиническое и ЭНМГ-исследование.

Критерии исключения из исследования были следующие: наличие в анамнезе диагноза сахарного диабета, грубых форм сердечных аритмий, травм периферических нервов верхних конечностей, наличие имплантированного электрокардиостимулятора, кардиовертера-дефибриллятора.

Все обследуемые дали информированное согласие на участие в исследовании, которое соответствовало нормам документов по биомедицинской этике и было одобрено биоэтическим комитетом института.

Статистическая обработка данных осуществлялась на базе программ Biostat 2006, Statistica v.10. Учитывая малые

размеры выборки и ненормальное распределение данных, вычислялись медианы (Me) показателей и межквартильные интервалы $25(Q1)$; $75(Q3)$ процентилей. Оценка значимости статистических различий при парном сравнении групп исследуемых проводилась с помощью непараметрического U -критерия Манна-Уитни. Значимость изменения показателей до и после воздействия оценивалась с помощью критерия Уилкоксона. Статистически достоверными считались значения при $p < 0,05$.

Исходно основная и контрольная группы не отличались по данным объективного и ЭНМГ-исследования (табл. 1).

После ИП в течение 4 дней в основной группе заметно улучшились как показатели клинического осмотра (уменьшились онемения и парестезии, увеличилась сила и выносливость в руках), так и показатели ЭНМГ (увеличились сенсорные скорости проведения) по периферическим нервам верхних конечностей (табл. 2). В

Таблица 2 / Table 2

Клинические и электронейромиографические показатели ($Me (Q1;Q3)$) до и после ишемического прекондиционирования в основной группе
Clinical and electroneuromyographic indices ($Me (Q1;Q3)$) before and after ischemic preconditioning in the main group

Показатель	Основная группа (n=40)		p, по критерию Уилкоксона	Контрольная группа (n=30)		p, по критерию Уилкоксона
	До	После		До	После	
Визуально-аналоговая шкала боли	5 (4;6)	4 (4;5)	0,13	5 (3;6)	4 (4;5,5)	0,4
Total Symptom Score	6,66 (5,32;7,99)	6,33 (4,33;7,32)	0,01*	6,66 (5,16;7,82)	6,33 (4,17;7,33)	0,046*
Выносливость, количество циклов	23 (20;30)	30 (25;30)	0,005*	26,5 (24,3;30)	30 (26,5;30)	0,027*
Динамометрия, правая рука, кг	30 (25;35)	30 (30;38)	0,16	30 (19;34,3)	28 (18;30)	0,25
Динамометрия, левая рука, кг	32 (22;40)	35 (30;40)	0,049*	29 (13;34,2)	34 (12;35)	0,6
Скорость распространения возбуждения по сенсорным волокнам, м/с	42,5 (41,2;43,5)	48 (44,6;50)	0,001*	42,6 (40,5;42,5)	44,5 (40,8;46)	0,21
Амплитуда сенсорных ответов, мкВ	6,7 (5,5;13,5)	7,3 (6,5;14,4)*	0,07	7,4 (5,7;11,3)	7,1 (5,5;9,5)	0,12

Примечания: * — статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$).
Notes: * — statistically significant difference between the indices before and after the exposure according to the Wilcoxon criterion (at $p < 0,05$).

контрольной группе через 4 дня уменьшились онемения и парестезии, увеличилась выносливость рук (достоверность меньше, чем в основной группе), однако сила в руках, объективные показатели ЭНМГ остались на прежнем уровне (**табл. 2**).

Исходно у пациентов обеих групп наблюдались клинические и ЭНМГ-признаки дистального поражения периферических нервов верхних конечностей, что согласуется с литературными данными [7, 8]. У пациентов основной группы после ИП наблюдались значимые улучшения как субъективные чувствительные, так и объективные клинические и электронейромиографические. У пациентов без ИП также были клинические улучшения субъективного характера без изменений ЭНМГ-показателей. Такая динамика может объясняться отсутствием физической нагрузки на руки в период исследования.

Нами впервые описаны эффекты ИП на периферическую полинейропатию за короткий период наблюдения. Эффект улучшения проведения по чувствительным волокнам сложно объяснить с позиции имеющихся на сегодняшний день знаний. Описанные в литературе механизмы нейропротективного эффекта ИП [14, 20] изучены недостаточно, однако позволяют предполагать улучшение про-

ведения по сенсорным волокнам в результате стимулирующего влияния циркулирующих медиаторов ИП (брадикинин, аденозин, CGRP) на функцию нервных афферентов [20], улучшая передачу импульса с рецептора на аксоны сенсорных нервов. С другой стороны, эфферентная активация парасимпатических волокон [15, 16, 21] приводит к уменьшению ангиоспазма, улучшению кровообращения в конечностях [16], повышению температуры конечностей эндогенным путем, что в краткосрочном периоде проявляется увеличением скорости проведения импульса по сенсорным волокнам, а в долгосрочной перспективе может способствовать ремиелинизации нервов, что требует дальнейшего изучения с более длительным периодом наблюдения.

Ишемическое прекондиционирование улучшает проведение по сенсорным волокнам периферических нервов, уменьшая клинические субъективные и объективные признаки полинейропатии, что свидетельствует о перспективе использования данного метода в терапии невралного поражения при ВБ. Нейропротективный эффект ишемического прекондиционирования требует дальнейшего изучения не только при ВБ, но и при полинейропатиях различного генеза.

Список литературы

- Артамонова В.Г., Колесова Е.Б., Кускова А.В. Некоторые современные аспекты патогенеза вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 1999; (2): 1–4.
- Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике вибрационной болезни 2017 г., Российский Национальный конгресс с международным участием «Профессия и здоровье» и VI Всероссийский съезд врачей-профпатологов, Санкт-Петербург, 28 сентября 2017 г. СПб.; 2017.
- Dahlin L.B., Sandén H., Dahlin E. et al. Low myelinated nerve-fibre density may lead to symptoms associated with nerve entrapment in vibration-induced neuropathy. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2014; 9: 7. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-7>
- Stromberg T., Dahlin L.B., Brun A., Lundborg G. Structural nerve changes at wrist level in workers exposed to vibration. *Occup Environ Med.* 1997; 54: 307–11. <https://doi.org/10.1136/oem.54.5.307>
- Команцев В.Н., ред. *Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей.* СПб.; 2006.
- Preston D.C., Shapiro B.E. *Electromyography and neuromuscular disorders: clinical-electrophysiologic correlations.* 3rd ed. China: Elsevier Inc.; 2013.
- Гидаятова М.О., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н. Клинико-электронейромиографическое исследование у шахтеров с профессиональной полинейропатией верхних конечностей. *Гигиена и сан.* 2019; 98(7): 713–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-713-717>
- Hirata M., Sakakibara H. Sensory nerve conduction velocities of median, ulnar and radial nerves in patients with vibration syndrome. *Int Arch Occup. Environ. Health.* 2007; 80: 273. <https://doi.org/10.1007/s00420-006-0131-6>
- Фаздалова М.Р., Хайруллина Л.Х. Полиневропатия от воздействия производственной вибрации и физических перегрузок. *Трансляционная медицина.* 2018; 5(3): 356.
- Murry C.E., Jennings R.B., Reimer K.A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation.* 1986; 74(5): 1124–36. <https://doi.org/10.1161/01.cir.74.5.1124>
- Курапеев Д.И., Галагудза М.М., Минасян С.М. Способ преко-ндиционирования миокарда при операциях в условиях искусственного кровообращения: пат. 2504336 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00, № 2012148351/14.
- Gaspar A., Lourenço A.P., Pereira M.Á., Azevedo P., Roncon-Albuquerque R., Marques J. et al. Randomized controlled trial of remote ischaemic conditioning in ST-elevation myocardial infarction as adjuvant to primary angioplasty (RIC-STEMI). *Basic Res. Cardiol.* 2018; 113(3): 14. <https://doi.org/10.1007/s00395-018-0672-3>
- Gho B.C., Schoemaker R.G., van den Doel M.A., Duncker D.J., Verdouw P.D. Myocardial protection by brief ischemia in non-cardiac tissue. *Circulation.* 1996; 94: 2193–200. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.94.9.2193>
- Hausenloy D.J., Yellon D.M. Remote ischemic pre-conditioning: underlying mechanisms and clinical application. *Cardiovasc. Res.* 2008; 79: 377–86. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvn114>
- Donato M., Buchholz B., Rodriguez M., Perez V., Inserte J., Garcia-Dorado D. et al. Role of the parasympathetic nervous system in cardioprotection by remote hind limb ischemic preconditioning. *Exp. Physiol.* 2013; 98(2): 425–34. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2012.066217>
- Enko K., Nakamura K., Yunoki K., Miyoshi T., Akagi S., Yoshida M. et al. Intermittent arm ischemia induces vasodilation of the contralateral upper limb. *J. Physiol. Sci.* 2011; 61(6): 507–13. <https://doi.org/10.1007/s12576-011-0172-9>
- Coban Y.K., Ciralik H., Kurutas E.B. Ischemic preconditioning reduces the severity of ischemia-reperfusion injury of peripheral nerve in rats. *J. Brachial Plex Peripher. Nerve Inj.* 2006; 1: 2. <https://doi.org/10.1186/1749-7221-1-2>
- Shaked G., Czeiger D., AbuArar 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>
- Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О. Способ коррекции автономной и сенсорной полинейропатии у больных вибрационной болезнью: пат. 2702866 Рос. Федерация: МПК А61Н1/00, № 2019120335.
- Billah M., Ridiandries A., Allahwala U., Mudaliar H., Dona A., Hunyor S. et al. Circulating mediators of remote ischemic preconditioning: search for the missing link between non-lethal ischemia and cardioprotection. *Oncotarget.* 2019; 10(2): 216–

44. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.26537>
21. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О. Эффективность применения ишемического пре кондиционирования

для коррекции нейровегетативных нарушений при вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(3): 173–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-173-177>

References

1. Artamonova V.G., Kolesova E.B., Kuskova L.V. Some modern aspects of the pathogenesis of vibration disease. *Med. truda i prom. ekol.* 1999; (2): 1–4 (in Russian).
2. Federal clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of vibration disease 2017. XIV Russian National Congress with international participation "Profession and health" and VI All-Russian Congress of Occupational Pathologists, St. Petersburg, September 28, 2017. St. Petersburg; 2017. (in Russian).
3. Dahlin L.B., Sandén H., Dahlin E. et al. Low myelinated nerve-fibre density may lead to symptoms associated with nerve entrapment in vibration-induced neuropathy. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2014; 9: 7. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-7>
4. Stromberg T., Dahlin L.B., Brun A., Lundborg G.: Structural nerve changes at wrist level in workers exposed to vibration. *Occup. Environ. Med.* 1997; 54: 307–11. <https://doi.org/10.1136/oem.54.5.307>
5. Komantsev V.N., ed. *Methodical basis of clinical electroneuromyography. Guidelines for physicians.* St. Petersburg; 2006 (in Russian).
6. Preston D.C., Shapiro B.E. *Electromyography and neuromuscular disorders: clinical-electrophysiologic correlations.* 3rd ed. China: Elsevier Inc.; 2013.
7. Gidayatova M.O., Yamshchikova A.V., Fleishman A.N. Clinico-electroneuromyographic study in miners with occupational polyneuropathy of the upper extremities. *Gigiena i Sanitariya.* 2019; 98(7): 713–717. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-713-717> (in Russian).
8. Hirata M., Sakakibara H. Sensory nerve conduction velocities of median, ulnar and radial nerves in patients with vibration syndrome. *Int Arch Occup. Environ. Health.* 2007; 80: 273. <https://doi.org/10.1007/s00420-006-0131-6>
9. Fazdalova M.R., Khayrullina L.Kh. Polyneuropathy from exposure to industrial vibration and physical overload. *Translyatsionnaya meditsina.* 2018; 5(S3): 356 (in Russian).
10. Murry C.E., Jennings R.B., Reimer K.A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation.* 1986; 74(5): 1124–36. <https://doi.org/10.1161/01.cir.74.5.1124>
11. Kurapeev D.I., Galagudza M.M., Minasian S.M. Method of myocardial preconditioning during operations in conditions of artificial blood circulation. Patent № 2504336; 2012 (in Russian).
12. Gaspar A., Lourenço A.P., Pereira M.Á., Azevedo P., Roncon-Albuquerque R., Marques J. et al. Randomized controlled trial of remote ischaemic conditioning in ST-elevation myocardial infarction as adjuvant to primary angioplasty (RIC-STEMI). *Basic Res. Cardiol.* 2018; 113(3): 14. <https://doi.org/10.1007/s00395-018-0672-3>
13. Gho B.C., Schoemaker R.G., van den Doel M.A., Duncker D.J., Verdouw P.D. Myocardial protection by brief ischemia in non-cardiac tissue. *Circulation.* 1996; 94: 2193–200. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.94.9.2193>
14. Hausenloy D.J., Yellon D.M. Remote ischemic pre-conditioning: underlying mechanisms and clinical application. *Cardiovasc. Res.* 2008; 79: 377–86. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvn114>
15. Donato M., Buchholz B., Rodriguez M., Perez V., Inserte J., Garcia-Dorado D. et al. Role of the parasympathetic nervous system in cardioprotection by remote hind limb ischemic preconditioning. *Exp. Physiol.* 2013; 98(2): 425–34. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2012.066217>
16. 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>
17. Coban Y.K., Ciralik H., Kurutas E.B. Ischemic preconditioning reduces the severity of ischemia-reperfusion injury of peripheral nerve in rats. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2006; 1: 2. <https://doi.org/10.1186/1749-7221-1-2>
18. Shaked G., Czeiger D., AbuArar 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>
19. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O. Method of correction of autonomic and sensory polyneuropathy in patients with vibration disease. Patent № 2702866; 2019 (in Russian).
20. Billah M., Ridiandries A., Allahwala U., Mudaliar H., Dona A., Hunyor S. et al. Circulating mediators of remote ischemic preconditioning: search for the missing link between non-lethal ischemia and cardioprotection. *Oncotarget.* 2019; 10(2): 216–44. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.26537>
21. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O. Effectiveness of ischemic preconditioning for the correction of neuroautonomic disorders in vibration disease. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(3): 173–7. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-173-177> (in Russian).