

Читать
онлайн
Read
online

Ямщикова А.В.¹, Флейшман А.Н.¹, Мартынов И.Д.¹, Бычкова Т.А.¹,
Кунгурова А.А.¹, Маклакова Т.П.²

Клинические эффекты ишемического прекондиционирования при полинейропатии различного генеза

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия;

²Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, 654005, Новокузнецк, Россия

Введение. Полинейропатии широко распространены среди населения. Сахарный диабет и производственная вибрация – частые причины возникновения полинейропатии, имеющей общие звенья патогенеза с вовлечением вегетативной нервной системы. Терапевтические эффекты ишемического прекондиционирования реализуются посредством воздействия на патогенетические механизмы, поэтому изучение их при полинейропатиях различного генеза представляет научный интерес.

Цель исследования – изучить дистантные клинические эффекты ишемического прекондиционирования при полинейропатиях различного генеза.

Материалы и методы. Обследованы 25 пациентов (2 группы) с полинейропатией нижних конечностей вибрационного и диабетического генеза. Проведено клинко-электромиографическое исследование периферических нервов нижних конечностей, выполнен анализ variability ритма сердца до и после лечения с помощью ишемического прекондиционирования верхних конечностей.

Результаты. В обеих группах пациентов с полинейропатией выявлено уменьшение клинических проявлений (болевого синдрома и нарушений чувствительности – онемений и парестезий), улучшение вибрационной чувствительности, увеличение скорости проведения импульса, преимущественно по сенсорным волокнам периферических нервов. При анализе variability ритма сердца после курса ишемического прекондиционирования выявлено усиление мощности колебаний очень низкой частоты, что свидетельствует об увеличении компенсаторных возможностей вегетативной регуляции.

Ограничения исследования. Исследование ограничено изучением клинических и электрофизиологических характеристик периферической нервной системы у 25 пациентов с сахарным диабетом II типа и вибрационной болезнью, обусловленной воздействием локальной и общей вибрации.

Заключение. После курса лечения уменьшаются болевой синдром, чувствительные и вегетативные нарушения одновременно с увеличением компенсаторных возможностей вегетативной регуляции и улучшением функции проведения по сенсорным нервам. Положительные дистантные эффекты ишемического прекондиционирования в коррекции проявлений вибрационной и диабетической полинейропатий свидетельствуют о системном влиянии на механизмы вегетативной регуляции. Дистантность проявляется в удалённости появления эффектов от места приложения воздействия согласно методике.

Ключевые слова: вибрационная болезнь; полинейропатия; вибрационная полинейропатия; диабетическая полинейропатия; ишемическое прекондиционирование

Соблюдение этических стандартов. Исследование выполнено неинвазивными методами и соответствует этическим стандартам биоэтического комитета НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, 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», утверждёнными приказом Минздрава России № 200н от 1 апреля 2016 г.

Для цитирования: Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д., Бычкова Т.А., Кунгурова А.А., Маклакова Т.П. Клинические эффекты ишемического прекондиционирования при полинейропатии различного генеза. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(4): 362–366. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-4-362-366> <https://elibrary.ru/jhzoqh>

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

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; Бычкова Т.А. – сбор и обработка данных; Кунгурова А.А. – сбор и обработка данных; Маклакова Т.П. – сбор и обработка данных, 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. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 08.02.2023 / Принята к печати: 24.03.2023 / Опубликована: 29.05.2023

Anastasia V. Yamshchikova¹, Arnold N. Fleishman¹, Ilya D. Martynov¹, Alla A. Kungurova¹,
Tatiana A. Bychkovskaya¹, Tatyana P. Maklakova²

Clinical effects of ischemic preconditioning in polyneuropathy of various origins

¹Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation;

²Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians – Branch Campus of the “Russian Medical Academy of Continuing Professional Education” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novokuznetsk, 654005, Russian Federation

Introduction. Polyneuropathies are widespread among the population. Diabetes mellitus and industrial vibration are common causes of polyneuropathy, having common links of pathogenesis involving the autonomic nervous system. The therapeutic effects of ischemic preconditioning are realized by influencing pathogenetic mechanisms, and therefore their study in polyneuropathies of various genesis is of scientific interest.

The aim of the study was to investigate the remote clinical effects of ischemic preconditioning in polyneuropathies of various genesis.

Materials and methods. Twenty-five patients divided into 2 groups with lower extremity polyneuropathy of vibration and diabetic genesis were examined. A clinical and electroneuromyographic study of the peripheral nerves of the lower extremities was performed. An analysis of heart rate variability before and after the treatment with ischemic preconditioning of the upper extremities was executed.

Results. In both groups of the patients with polyneuropathy a decrease in clinical manifestations in the form of pain syndrome and sensitive disorders (numbness and paresthesia), an improvement in vibration sensitivity, an increase in impulse conduction velocity, mainly along the peripheral sensory nerve fibers were revealed. The analysis of heart rate variability after performing of ischemic preconditioning showed a gaining of the power of very low frequency oscillations, which indicated to an increase in the compensatory capabilities of autonomic regulation.

Limitations. The investigation was limited by studying the clinical and electrophysiological characteristics of the peripheral nervous system in 25 patients with diabetes mellitus type 2 and vibration disease caused by the exposure to local and whole-body vibration.

Conclusion. After the course of treatment of the pain syndrome, sensitive and autonomic disorders decrease with an increase in the compensatory possibilities of autonomic regulation, the functions of conducting along sensory nerves improve. Positive distant effects of ischemic preconditioning in the correction of manifestations of vibration and diabetic polyneuropathies indicate to a systemic effect on the mechanisms of autonomic regulation. The distance is manifested in the remoteness of the appearance of effects from the place of application of the technique.

Keywords: vibration disease; polyneuropathy; vibration polyneuropathy; diabetic polyneuropathy; ischemic preconditioning

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, 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 Clinical Practice in the Russian Federation" approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 dated June 19, 2003.

For citation: Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Martynov I.D., Bychkovskaya T.A., Kungurova A.A., Maklakova T.P. Clinical effects of ischemic preconditioning in polyneuropathy of various genesis. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2023; 102(4): 362-366. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-4-362-366> <https://elibrary.ru/jhzoqh> (In Russ.)

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

Information about the authors:

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

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

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

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

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

Maklakova T.P., <https://orcid.org/0000-0001-8790-9337>

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; Maklakova T.P. – collection and processing of material, 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.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: February 8, 2023 / Accepted: March 24, 2023 / Published: May 29, 2023

Введение

Распространённость полинейропатии в популяции составляет 2,4% и с возрастом увеличивается до 8,0% [1]. Наиболее частыми причинами являются сахарный диабет и вибрационная болезнь. Вне зависимости от этиологии полинейропатии характеризуются диффузным поражением периферических нервных волокон, что приводит к нарушениям чувствительности и вегетативной дисфункции, в частности вазомоторным нарушениям. Усиление симпатического тонуса и ангиоспазм усугубляют течение полинейропатии, а также являются фактором риска сердечно-сосудистых осложнений [2]. Центральное место в патогенезе вибрационных и диабетических полинейропатий занимает окислительный стресс с накоплением активных форм кислорода и усилением апоптоза, ангиоспазма и гипоксии [3, 4]. Основным типом повреждения нервных волокон при вибрационной болезни считается демиелинизация [5], при сахарном диабете выявляются как аксональные, так и демиелинизирующие изменения нервов [6]. Вовлечение вегетативной нервной системы установлено при обоих типах нейропатий. Органопротективные эффекты ишемического preconditionирования изучаются уже более 30 лет. Ишемическое preconditionирование, активируя внутриклеточные сигнальные системы, приводит к уменьшению накопления в клетках продуктов распада гликогена и лактата, а также к усилению активности ферментных систем, участвующих в защите от ишемии [7]. Помимо кардиопротективного эффекта [8–10] описаны эффекты органопротекции ишемического preconditionирования для почек [11], печени [12], головного мозга [13, 14]. В ранее проведённых исследованиях показано усиление парасимпатического влияния вегетативной нервной системы с уменьшением ангиоспазма, усиление ангиогенеза, уменьшение эндотелиальной

дисфункции [15–17]. Эффекты ишемического preconditionирования (ИП) предрасполагают к улучшению функции проведения по нервам. Однако эффективность периферической нейропротекции при ишемическом preconditionировании не столь хорошо исследована и мало освещена в научной литературе [18, 19]. Актуально изучение дистантного эффекта ишемического preconditionирования на проявления полинейропатии, в том числе разного генеза. Включение в исследование больных вибрационными полинейропатиями является важным, так как вибрационная болезнь диагностируется у пациентов трудоспособного возраста, что приводит к экономическим потерям в различных отраслях промышленности.

Цель исследования – изучение дистантных клинических эффектов ишемического preconditionирования при полинейропатиях различного генеза.

Материалы и методы

Обследованы 25 пациентов с полинейропатией нижних конечностей: в 1-ю группу вошли 13 человек с вибрационной полинейропатией, во 2-ю группу – 12 человек с диабетической полинейропатией. Пациентам с вибрационной полинейропатией ранее был установлен диагноз вибрационной болезни, связанной с воздействием локальной и общей вибрации. Стаж работы при воздействии локальной и общей производственной вибрации в группе 1 составил в среднем $23,6 \pm 5,2$ года. Длительность заболевания сахарным диабетом II типа в группе 2 была $12,3 \pm 8,7$ года. Возраст обследуемых в обеих группах – от 45 до 68 лет, в среднем $50,6 \pm 6,2$ и $60,7 \pm 6,6$ года соответственно. Критерии исключения из исследования: травмы периферических нервов нижних конечностей в анамнезе, острый артериальный или венозный тромбоз.

Таблица 1 / Table 1

Клинические показатели пациентов обследуемых групп до и после ишемического преко кондиционирования, *Me (Q₁; Q₃)*
 Clinic parameters of the observed patients before and after ischemic preconditioning, *Me (Q₁; Q₃)*

Показатель Parameter	1-я группа / Group 1 <i>n</i> = 13		2-я группа / Group 2 <i>n</i> = 12	
	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	4 (3; 4)	2 (2; 3)*	3 (2; 4)	2 (0; 2.5)*
Общая шкала симптомов / Total Symptom Score	6.0 (3.33; 6.66)	4.33 (2.33; 5.0)*	2.0 (0.33; 5.8)	1.5 (0.75; 2.8)
Вибрационная чувствительность, с / Vibration sensitivity, sec	10 (7; 13)	11 (10; 18)*	8.5 (6.0; 14.3)	12.0 (9.5; 21.0)*
Температура кожи стоп, °C / Foot skin temperature, °C	30.0 (29.8; 32.0)	33.0 (31.0; 34.0)*	30.25 (27.5; 32.5)	31.05 (30.1; 32.13)
Усреднённая сила в мышцах нижних конечностей, баллы Average strength of the muscles of the lower extremities, scores	4.7 (4.6; 4.9)	4.8 (4.5; 5.0)	4.45 (4.13; 4.8)	4.55 (4.4; 4.98)

Примечание. Здесь в табл. 2, 3: *n* – число обследуемых; * – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$).

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

Всем респондентам было проведено клинико-электро-нейромиографическое обследование нижних 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 первого плюснефалангового сустава, температуры конечностей с помощью температурного датчика (ООО «Нейрософт», Россия), усреднённой силы мышц сгибателей и разгибателей нижних конечностей. Электронейромиографическое (ЭНМГ) обследование нижних конечностей выполнялось на миографе «Нейро-ЭМГ-микро» (ООО «Нейрософт», Россия) по стандартной методике. Оценивались дистальные латентности (ДЛ, мс), моторные скорости проведения импульса (СПИМ, м/с), амплитуды моторных ответов (Ам, мВ), сенсорные скорости проведения импульса (СПИС, м/с), амплитуды сенсорных ответов (Ас, мкВ) малоберцовых, большеберцовых, икроножных нервов. Показатели моторного проведения оценивались на правой ноге. Показатели сенсорного проведения (Ас и СПИС) приводились к среднему значению. Оценку вегетативной регуляции проводили с помощью спектрального анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). Регистрировали пятиминутные участки кардиоритма электрокардиографом «Нейрософт-полиспектр 8Е» (ООО «Нейрософт», Россия), после обработки методом быстрого преобразования Фурье выделяли волны в следующих частотных диапазонах: Very Low Frequency (VLF) – диапазон очень низкой частоты 0,004–0,08 Гц, многокомпонентный показатель, включающий эрготропные влияния надсегментарных вегетативных центров; Low Frequency (LF) – диапазон низкой частоты 0,09–0,16 Гц, связанный с симпатическим вазомоторным влиянием, и High Frequency (HF) – высокочастотные колебания 0,17–0,5 Гц, отражающие активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Использовались значения максимальной амплитуды спектральных пиков.

В течение трёх недель каждые три дня пациентам проводили сеансы ишемического преко кондиционирования верхних конечностей. С помощью манжеты от механического тонометра, накладываемой на плечо в положении пациента сидя, циклически производили пережатие сосудов верхних конечностей с последующей реперфузией. Каждый сеанс состоял из трёх циклов ишемии – реперфузии со сменой рук каждый сеанс. Время каждого цикла увеличивалось с двух до пяти минут (максимально). Таким образом, первый сеанс состоял из двух минут ишемии и двух минут реперфузии, трёх минут ишемии и трёх минут реперфузии, четырёх минут ишемии

и четырёх минут реперфузии, а последний сеанс – из пяти минут ишемии и пяти минут реперфузии в каждом цикле. Пациенты группы 2 получали специфическую сахароснижающую терапию. Нейрометаболическая терапия пациентам во время проведения исследования не проводилась.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы BioStat Professional 2009. Проверка характера распределения данных осуществлялась с помощью теста Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении данные представлены в виде среднего арифметического и *SD* (стандартного отклонения), при распределении данных, отличным от нормального, – в виде медиан (*Me*) и квартилей (25%; 75%). Значимость различий признаков до и после воздействия в группах оценивалась с помощью непараметрического критерия Уилкоксона (достоверными считались различия, уровень значимости которых отвечал условию $p < 0,05$).

Результаты

Пациенты с вибрационной и диабетической полинейропатиями предъявляли схожие жалобы на боли и онемение в стопах, парестезии, выявлялось нарушений вибрационной чувствительности (табл. 1).

После проведения курса ишемического преко кондиционирования верхних конечностей наблюдалось уменьшение клинических проявлений полинейропатии нижних конечностей в обеих группах пациентов в виде снижения балла оценки болевого синдрома по ВАШ и балла чувствительных нарушений по TSS-опроснику, а также улучшение вибрационной чувствительности. Исследование ЭНМГ показало увеличение скорости проведения импульса, преимущественно по сенсорным волокнам нервов нижних конечностей (табл. 2).

Дистантный эффект улучшения функции периферических нервов можно объяснить системным влиянием ишемического преко кондиционирования на вегетативную регуляцию сосудистого тонуса. При проведении спектрального анализа ВРС в обеих группах пациентов с полинейропатией исходно отмечалось снижение мощности колебаний во всех частотных диапазонах, свидетельствующее о нарушении вегетативной регуляции. После проведения ИП наблюдалось усиление колебаний, более выраженное в диапазоне очень низкой частоты VLF (табл. 3).

Усиление VLF-колебаний свидетельствует об активации надсегментарных вегетативных центров, участвующих в системных адаптационных реакциях, подтверждает дистантный эффект ишемического преко кондиционирования.

Таблица 2 / Table 2

Электронейромиографические показатели пациентов обследуемых групп до и после ишемического preconditionирования, Me (Q₁; Q₃)
Electroneuromyographic parameters in patients from the examined groups before and after the ischemic preconditioning, Me (Q₁; Q₃)

Нерв Nerve	Электронейромиографический показатель Electroneuromyographic parameter	1-я группа / Group 1 n = 13		2-я группа / Group 2 n = 12	
		до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure	до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure
Малоберцовый нерв Peroneal nerve	Дистальная латентность, мс Distal latency, ms	3.5 (3.4; 4.0)	3.5 (3.3; 3.9)	4.15 (3.45; 4.8)	4.0 (3.4; 4.6)
	Моторная скорость проведения импульса (голень), м/с Motor velocity of impulse conduction (lower leg), m/s	44.8 (37.2; 47.1)	47.0 (39.0; 47.2)	45.1 (45.0; 46.3)	45.0 (44.0; 46.0)
	Амплитуда моторных ответов, мВ Motor response amplitude, mV	4.5 (4.2; 5.6)	6.0 (4.2; 6.9)	4.5 (3.0; 5.4)	5.1 (3.5; 6.2)
Большеберцовый нерв Tibial nerve	Дистальная латентность, мс Distal latency, ms	3.9 (3.4; 4.0)	3.4 (3.1; 3.5)	4.3 (3.3; 4.5)	3.6 (3.5; 4.2)
	Моторная скорость проведения импульса (голень), м/с Motor velocity of impulse conduction (lower leg), m/s	44.0 (39.4; 44.9)	46.5 (42.0; 49.4)*	42.8 (40.3; 45.2)	44.0 (42.9; 46.4)
	Амплитуда моторных ответов, мВ Motor response amplitude, mV	7.3 (5.7; 8.0)	8.0 (7.0; 9.0)	8.2 (6.3; 9.7)	10.1 (8.2; 10.6)
Поверхностный малоберцовый и икроножный нервы Superficial peroneal and sural nerves	Усреднённая сенсорная скорость проведения импульса, м/с Average sensor velocity of impulse conduction, m/s	46.3 (38.6; 49.2)	50.4 (44.2; 52.1)*	44.3 (40.7; 47.9)	48.0 (42.8; 51.0)*
	Усреднённая амплитуда сенсорных ответов, мкВ Average sensor response amplitude, mkV	3.75 (2.3; 6.4)	4.5 (2.7; 9.3)	7.15 (3.65; 9.1)	8.75 (6.0; 13.9)*

Таблица 3 / Table 3

Показатели вариабельности ритма сердца пациентов обследуемых групп до и после ишемического preconditionирования, Me (Q₁; Q₃)
Heart rate variability parameters in patients of the examined groups before and after the ischemic preconditioning, Me (Q₁; Q₃)

Показатель Parameter	1-я группа / Group 1 n = 13		2-я группа / Group 2 n = 12	
	до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure	до воздействия before the exposure	после воздействия after the exposure
Очень низкая частота, мс ² /Гц Very low frequency, mc ² /Hz	34.4 (12.5; 66.4)	50.4 (20.2; 100.4)*	28 (13.7; 43.5)	35 (22; 70)*
Низкая частота, мс ² /Гц Low frequency, mc ² /Hz	7.8 (3.4; 13.2)	10 (3.4; 19.1)	3.3 (1.8; 7.7)	4.3 (3; 9.7)*
Высокая частота, мс ² /Гц High frequency, mc ² /Hz	2.3 (1.2; 6.0)	4 (1.8; 7.9)*	2.7 (1.6; 5.3)	2.5 (1.1; 5.2)

Обсуждение

В представленном исследовании показано улучшение клинических и сенсорных электронейромиографических показателей у пациентов с полинейропатиями как вибрационного, так и диабетического происхождения, поскольку механизмы эффекта метода затрагивают общие звенья патогенеза. В проведённых ранее исследованиях наблюдали улучшение кровообращения в конечностях за счёт усиления активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и уменьшения ангиоспазма [15], увеличения выработки простаглицина, а также уменьшения эндотелиальной дисфункции [16]. Улучшение заживления диабетических язв в работе Shaked G. и соавт. (2015) авторы связывали с усилением ангиогенеза [17].

Показанное в нашей работе увеличение колебаний очень низкой частоты спектра ВРС свидетельствует об активации

надсегментарных вегетативных центров и повышении компенсаторных резервов вегетативной регуляции [20, 21]. Увеличение температуры кожи стоп после курса ИП отражает улучшение кровоснабжения периферических тканей. Дополнительного изучения требует влияние ИП на выраженность ангиоспазма.

Предположительными факторами улучшения функции проведения по нервам являются следующие: изменение вегетативной регуляции с уменьшением ангиоспазма, усиление кровообращения в конечностях, в том числе по *vasa nervorum*. Учитывая небольшие сроки возникновения эффектов ИП в виде положительного влияния на клинико-электронейромиографические показатели, вероятным саногенетическим механизмом является замедление процессов демиелинизации, а также улучшение условий для ремиелинизации. Уменьшение вегетативной дисфункции происходит за счёт центральных механизмов регуляции, что

предполагает системность и дистантность эффектов. При этом для получения положительных эффектов большее значение имеет не этиология полинейропатии, а патогенетические механизмы её развития, наиболее чувствительные к ИП (гипоксия, окислительный стресс, эндотелиальная дисфункция).

Ограничения исследования. Исследование ограничено изучением клинических и электрофизиологических характеристик периферической нервной системы у 25 пациентов с сахарным диабетом II типа и вибрационной болезнью, обусловленной воздействием локальной и общей вибрации.

Заключение

После курса лечения уменьшаются болевой синдром, чувствительные и вегетативные нарушения одновременно с увеличением компенсаторных возможностей вегетативной регуляции и улучшением функции проведения по сенсорным нервам. Положительные дистантные эффекты ишемического прекодиционирования в коррекции проявлений вибрационной и диабетической полинейропатий свидетельствуют о системном влиянии на механизмы вегетативной регуляции. Дистантность проявляется в удалённости появления эффектов от места приложения воздействия согласно методике.

Литература

(п.п. 5, 8–18, 20 см. References)

1. Шнайдер Н.А., Кантимирова Е.А., Глушенко Е.В., Козулина Е.А. Эпидемиология периферической нейропатии в России и за рубежом. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина.* 2009; 7(3): 139–42. <https://www.elibrary.ru/kwcqef>
2. Беляев А.А., Котова О.В., Акарачкова Е.С. Кардиальная автономная невропатия у больных сахарным диабетом. *Медицинский совет.* 2019; (1): 52–6. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-1-52-56> <https://www.elibrary.ru/yuyiyux>
3. Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Лапко И.В., Богатырева И.А., Антошина Л.И., Ошкoderов О.А. Воздействие производственной вибрации на организм человека на молекулярно-клеточном уровне. *Медицина труда и промышленная экология.* 2018; 58(9): 34–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-34-43> <https://www.elibrary.ru/yjgvad>
4. Галстян Г.Р., Старостина Е.Г., Яхно Н.Н., Гурьева И.В., Чурыканов М.В., Строчков И.А. и др. Диагностика и рациональная терапия болевой формы диабетической периферической нейропатии: междисциплинарный консенсус экспертов. *Сахарный диабет.* 2019; 22(4): 305–27. <https://doi.org/10.14341/DM9625> <https://www.elibrary.ru/lqmfci>
5. Камчатнов П.Р., Чугунов А.В., Евзельман М.А. Поражение периферической нервной системы при сахарном диабете. *Нервно-мышечные болезни.* 2016; 6(2): 20–6. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2016-6-2-20-26> <https://www.elibrary.ru/wccogd>
6. 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://www.elibrary.ru/qpwofz>
7. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаятава 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://www.elibrary.ru/kelpv>
8. Мартынов И.Д., Флейшман А.Н. Автономная дисрегуляция ортостатических нарушений у лиц молодого возраста, занимающихся физическим трудом. *Медицина труда и промышленная экология.* 2016; 56(5): 28–31. <https://www.elibrary.ru/vwghxp>

References

1. Shnayder N.A., Kantimirova E.A., Glushchenko E.V., Kozulina E.A. Epidemiology of peripheral neuropathy in Russia and abroad. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina.* 2009; 7(3): 139–42. <https://www.elibrary.ru/kwcqef> (in Russian)
2. Belyaev A.A., Kotova O.V., Akarachkova E.S. Cardiac autonomic neuropathy in diabetic patients. *Meditsinskiy sovet.* 2019; (1): 52–6. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-1-52-56> <https://www.elibrary.ru/yuyiyux> (in Russian)
3. Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Lapko I.V., Bogatyreva I.A., Antoshina L.I., Oshkoderov O.A. Impact of occupational vibration on molecular and cell level of human body. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2018; 58(9): 34–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-34-43> <https://www.elibrary.ru/yjgvad> (in Russian)
4. Galstyan G.R., Starostina E.G., Yakhno N.N., Gur'eva I.V., Churyukanov M.V., Strokov I.A., et al. Diagnosis and rational treatment of painful diabetic peripheral neuropathy: an interdisciplinary expert consensus. *Sakharnyy diabet.* 2019; 22(4): 305–27. <https://doi.org/10.14341/DM9625> <https://www.elibrary.ru/lqmfci> (in Russian)
5. Dahlin L.B., Sandén H., Dahlin E., Zimmerman M., Thomsen N., Björkman A. Low myelinated nerve-fibre density may lead to symptoms associated with nerve entrapment in vibration-induced neuropathy. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2014; 9(1): 7. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-7>
6. Kamchatnov P.R., Chugunov A.V., Evzel'man M.A. Peripheral nervous system involvement in patients with diabetes mellitus. *Nervno-myshcheynye bolezni.* 2016; 6(2): 20–6. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2016-6-2-20-26> <https://www.elibrary.ru/wccogd> (in Russian)
7. 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://www.elibrary.ru/qpwofz> (in Russian)
8. Lange R., Ingwall J.S., Hale S.L., Alker K.J., Kloner R.A. Effects of recurrent ischemia on myocardial high energy phosphate content in canine hearts. *Basic Res. Cardiol.* 1984; 79(4): 469–78. <https://doi.org/10.1007/BF01908148>
9. 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>
10. Gaspar A., Lourenço A.P., Pereira M.A., Azevedo P., Roncon-Albuquerque R.Jr., Marques J., et al. Randomized controlled trial of remote ischaemic preconditioning 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>
11. Belabbas D., Koch C., Chaudru S., Lederlin M., Laviolle B., Le Pabic E., et al. Effects of remote ischemic pre-conditioning to prevent contrast-induced nephropathy after intravenous contrast medium injection: a randomized controlled trial. *Korean J. Radiol.* 2020; 21(11): 1230–8. <https://doi.org/10.3348/kjr.2019.0916>
12. Choi E.K., Jung H., Jeon S., Lim J.A., Lee J., Kim H., et al. Role of remote ischemic preconditioning in hepatic ischemic reperfusion injury. *Dose Response.* 2020; 18(3): 1559325820946923. <https://doi.org/10.1177/1559325820946923>
13. Guo Z.N., Guo W.T., Liu J., Chang J., Ma H., Zhang P., et al. Changes in cerebral autoregulation and blood biomarkers after remote ischemic preconditioning. *Neurology.* 2019; 93(1): e8–e19. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000007732>
14. Zhao J.J., Xiao H., Zhao W.B., Zhang X.P., Xiang Y., Ye Z.J., et al. Remote ischemic preconditioning for ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chin. Med. J. (Engl.)* 2018; 131(8): 956–65. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.229892>
15. 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>
16. Rytter N., Carter H., Piil 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>
17. 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>
18. 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>
19. 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. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2021; 61(1): 59–63. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-59-63> <https://www.elibrary.ru/kelpv> (in Russian)
20. Khalilulin I., Fleishman A.N., Shumeiko N.I., Korablina T.V., Petrovskiy S.A., Ascione R., et al. Neuro-autonomic changes induced by remote ischemic preconditioning (RIPC) in healthy young adults: Implications for stress. *Neurobiol. Stress.* 2019; 11: 100189. <https://doi.org/10.1016/j.yynstr.2019.100189>
21. Martynov I.D., Fleishman A.N. Autonomous dysregulation of orthostatic disorders in young individuals engaged into manual work. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2016; 56(5): 28–31. <https://www.elibrary.ru/vwghxp> (in Russian)