



Мартынов И.Д., Панев Н.И., Шарагашева Т.А., Филимонов Е.С., Ямщикова А.В.

Дистантное ишемическое прекондиционирование и регуляция сосудистого тонуса у шахтёров с вибрационной болезнью

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

РЕЗЮМЕ

Введение. Наблюдаемая негативная тенденция увеличения распространённости болезней системы кровообращения среди шахтёров, особенно с установленным диагнозом профессиональной патологии, повышает риск стойкой утраты трудоспособности. Схожесть некоторых патогенетических механизмов развития вибрационной болезни и ишемической болезни сердца обуславливает возможность их ранней общенаправленной профилактики.

Цель исследования – изучение влияния дистантного ишемического прекондиционирования на регуляцию микроциркуляции у больных с вибрационной болезнью в сочетании с ишемической болезнью сердца для её ранней профилактики.

Материалы и методы. Обследованы 22 шахтёра в возрасте от 42 до 54 лет с установленным диагнозом вибрационной болезни в сочетании с ишемической болезнью сердца; стаж работы обследованных – более 15 лет. Оценивали особенности вегетативной регуляции с помощью спектрального анализа вариабельности ритма сердца, показатели микроциркуляции и перфузии тканей кровью определяли методом лазерной допплеровской флюметрии до и после курса дистантного ишемического прекондиционирования по разработанной методике.

Результаты. У обследованных шахтёров с вибрационной болезнью в сочетании с ишемической болезнью сердца исходно определялось снижение вариабельности сердечного ритма, свидетельствующее о нарушении вегетативной регуляции сердца и являющееся неблагоприятным маркером риска внезапной сердечной смерти. После курса ишемического прекондиционирования наблюдалось увеличение вариабельности, статистически значимое в диапазонах низкой и очень низкой частоты спектра. Также выявлена тенденция к увеличению показателя микроциркуляции, что отражает улучшение перфузии тканей кровью.

Ограничения исследования обусловлены числом шахтёров, проходивших углублённое медицинское обследование в клинике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», с установленным диагнозом ВБ в сочетании с ИБС, без нарушений ритма сердца и имплантируемых устройств, влияющих на сердечный ритм.

Заключение. Полученные результаты дают основание продолжить изучение роли дистантного ишемического прекондиционирования как метода коррекции вегетативных нарушений при вибрационной болезни у пациентов с ишемической болезнью сердца.

Ключевые слова: шахтёры; вибрационная болезнь; ишемическая болезнь сердца; дистантное ишемическое прекондиционирование; вегетативная регуляция; вариабельность ритма сердца; лазерная допплеровская флюметрия

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» (протокол заседания № 3 § 3 от 17.11.2022 г.). Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Мартынов И.Д., Панев Н.И., Шарагашева Т.А., Филимонов Е.С., Ямщикова А.В. Дистантное ишемическое прекондиционирование и регуляция сосудистого тонуса у шахтёров с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(4): 437–441. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-437-441> <https://elibrary.ru/ayyulw>

Для корреспонденции: Мартынов Илья Дмитриевич, e-mail: mart-nov@yandex.ru

Участие авторов: Мартынов И.Д. – сбор и обработка данных, написание текста; Панев Н.И. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Шарагашева Т.А. – сбор и обработка данных, написание текста; Филимонов Е.С. – обработка данных, редактирование; Ямщикова А.В. – 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: 22.01.2025 / Поступила после доработки: 18.02.2025 / Принята к печати: 26.03.2025 / Опубликована: 30.04.2025

Illya D. Martynov, Nikolay I. Panev, Tatyana A. Sharagashova, Egor S. Filimonov, Anastasia V. Yamshchikova

Distant ischemic preconditioning and the regulation of vascular tone in miners with vibration disease combined with ischemic heart disease

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

ABSTRACT

Introduction. There is an adverse trend in increasing prevalence of cardiovascular diseases among miners, especially those with an established diagnosis of occupational disease, which in combination aggravates the risk of permanent loss of working capacity. The similarity of some pathogenetic mechanisms of development of vibration disease (VD) and ischemic heart disease (IHD) determines the possibility of their early general prevention.

Objective of the investigation was to study the effect of distant ischemic preconditioning on the regulation of microcirculation in patients with VD associated with IHD.

Material and methods. The study involved twenty two male 42 to 54 years miners with a proven diagnosis of VD in combination with IHD; work experience was more than 15 years. The features of autonomic regulation were assessed using spectral analysis of heart rate variability, microcirculation indices and tissue blood perfusion were detected by laser Doppler flowmetry before and after a course of distant ischemic preconditioning according to the elaborated technique.

Results. In the examined miners with VD in combination with IHD, a decrease in heart rate variability was initially detected, indicating a violation of the autonomic regulation of the heart and being an unfavourable marker of the risk of sudden cardiac death. After a course of ischemic preconditioning, an increase in variability was observed, statistically significant in the low and very low frequency ranges of the spectrum. A tendency towards an increase in the microcirculation index was also revealed, which reflects an improvement in tissue perfusion with blood.

Limitations. The study is limited to the number of long-term labour experience miners with a proven diagnosis of VD in combination with IHD, without heart rhythm disturbances and implantable devices affecting the heart rhythm, and those who underwent an in-depth medical examination in the Clinic of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases.

Conclusion. The results obtained give grounds to continue studying the role of distant ischemic preconditioning as a method of correcting autonomic disorders in vibration disease in patients with ischemic heart disease.

Keywords: miners; vibration disease; ischemic heart disease; distant ischemic preconditioning; autonomic regulation; heart rate variability; laser Doppler flowmetry

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases" (protocol of meeting No. 3 §3 dated November 17, 2022). All participants gave informed voluntary written consent to participate in the study.

For citation: Martynov I.D., Panev N.I., Sharagasheva T.A., Filimonov E.S., Yamshchikova A.V. Distant ischemic preconditioning and the regulation of vascular tone in miners with vibration disease. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(4): 437–441. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-437-441> <https://elibrary.ru/ayyulw> (In Russ.)

For correspondence: Ilya D. Martynov, e-mail: mart-nov@yandex.ru

Contribution: Martynov I.D. – collection and processing of material, writing a text; Panev N.I. – the concept and design of the study, editing; Sharagasheva T.A. – data collection and processing, writing the text; Filimonov E.S. – data processing, editing; Yamshchikova A.V. – 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: January 22, 2025 / Revised: February 18, 2025 / Accepted: March 26, 2025 / Published: April 30, 2025

Введение

Среди профессиональных болезней работников основных профессий угледобычи вибрационная болезнь (ВБ) занимает ведущие позиции. Современные её формы характеризуются выраженной торpidностью течения и сочетанным поражением органов-мишней, вовлечением в патологический процесс системы кровообращения [1–3].

В последние десятилетия наблюдается тенденция увеличения распространённости болезней системы кровообращения, способствующих развитию временной и стойкой утраты трудоспособности работников угледобывающей промышленности [4]. При этом распространённость ишемической болезни сердца (ИБС) среди шахтёров, подвергавшихся воздействию вибрации, выше, чем у лиц, не имеющих контакта с вибрацией [5]. Поиск и применение методики ранней общенаправленной профилактики ВБ и ИБС позволят снизить риск развития сочетанной патологии у работников с вредными условиями труда.

Воздействие общей и локальной вибрации приводит к симпатической активации, способствующей формированию тахикардии, повышению тонуса артерий и сосудистого сопротивления, повышению пред- и постнагрузки на сердце, эндотелиальной дисфункции, нарушению метаболизма кардиомиоцитов, являющихся факторами риска развития ИБС [6, 7]. В качестве кардиопротекции успешно применяется метод дистантного ишемическогопрекондиционирования, который за- действует невральный и гуморальный механизмы регуляции, системные внутренние резервы организма, усиливая противоишемическую защиту органов [8, 9]. Разработанная ранее в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» методика дистантного ишемическогопрекондиционирования для применения у пациентов с ВБ показала статистически значимый положительный эффект: увеличение выносливости рук, уменьшение чувствительных нарушений (по данным опросника TSS), улучшение показателей сенсорного проведения (по данным электронейромиографии) [10]. Однако для коррекции вегетативных нарушений у пациентов с ВБ в сочетании с ИБС данный метод ранее не использовался.

Цель исследования – изучить влияние дистантного ишемическогопрекондиционирования на регуляцию микроциркуляции у больных с вибрационной болезнью в сочетании с ишемической болезнью сердца для её ранней профилактики.

Материалы и методы

В исследование были включены 22 шахтёра в возрасте от 42 до 54 лет с установленным диагнозом ВБ в сочетании с ИБС. Стаж работы во вредных условиях составлял не менее 15 лет. Все обследованные были проинформиро-

ваны о протоколе исследования и дали письменное добровольное согласие на участие. Критериями исключения из исследования были нарушения сердечного ритма, наличие кардиостимулятора, сахарный диабет. Для выявления стенокардии использовали опросник Роуза, для подтверждения – велоэргометрию, холтеровское мониторирование ЭКГ. Наличие ИБС верифицировали также перенесённым ранее инфарктом миокарда, подтверждённым инструментальными методами и выписками из историй болезни. Все обследуемые получили консультацию кардиолога.

Исследование выполнено неинвазивными методами и одобрено локальным этическим комитетом НИИ КПГПЗ (протокол заседания № 3, § 3, от 17.11.2022 г.), проведено согласно общепринятым научным принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2013 г.

Дистантное ишемическоепрекондиционирование проводилось в утреннее время в течение четырёх дней. Манжету от механического тонометра Microlife (Швейцария) накладывали на плечо в положении пациента сидя с рукой на столе, нагнетали воздух до отметки 210 мм рт. ст., достигая окклюзии артериальных сосудов руки и контролируя исчезновение пульсации на лучевой артерии. Секундомером определяли время воздействия.

- 1-й день. Правая рука – 2 мин ишемии, 2 мин реперфузии; 3 мин ишемии, 3 мин реперфузии; 4 мин ишемии, реперфузия.
- 2-й день. Левая рука – 2 мин ишемии, 2 мин реперфузии; 3 мин ишемии, 3 мин реперфузии; 4 мин ишемии, реперфузия.
- 3-й день. Правая рука – 3 мин ишемии, 3 мин реперфузии; 4 мин ишемии, 4 мин реперфузии; 5 мин ишемии, реперфузия.
- 4-й день. Левая рука – 3 мин ишемии, 3 мин реперфузии; 4 мин ишемии, 4 мин реперфузии; 5 мин ишемии, реперфузия [10].

В 1-й и 5-й день исследования оценивали показатели микроциркуляции с помощью лазерной допплеровской флюметрии (ЛДФ), особенности вегетативной регуляции определяли различными методами анализа вариабельности ритма сердца (ВРС).

Регистрировали пятиминутные участки кардиоритма электрокардиографом «Нейрософт-полиспектр 8Е» (ООО «Нейрософт», Иваново, Россия). Спектральный анализ выполняли методом быстрого преобразования Фурье с выделением волн в следующих частотных диапазонах: Very Low Frequency (VLF) – диапазон очень низкой частоты (0,004–0,08 Гц), Low Frequency (LF) – диапазон низкой частоты (0,09–0,16 Гц), High Frequency (HF) – высокочастотные

Таблица 1 / Table 1

Показатели вариабельности ритма сердца до и после курса ишемического прекондиционирования, $n = 22$ Heart rate variability indices in patients with vibration disease (VD) combined with ischemic heart disease (IHD) before and after a course of ischemic preconditioning, $n = 22$

Показатель Index	Этап Stage		p
	до прекондиционирования before preconditioning	после прекондиционирования after preconditioning	
Очень низкая частота, $\text{мс}^2/\text{Гц}$ Very Low frequency, ms^2/Hz	26.4 ± 3.8	50.9 ± 11.3	0.044
Низкая частота, $\text{мс}^2/\text{Гц}$ Low frequency, ms^2/Hz	3.3 ± 0.5	7.7 ± 1.7	0.0016
Высокая частота, $\text{мс}^2/\text{Гц}$ High frequency, ms^2/Hz	2.0 ± 0.5	4.7 ± 1.9	0.18
Аппроксимированная энтропия Approximate entropy	145.9 ± 4.8	172.7 ± 7.7	0.005

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: n – число обследуемых; p – статистическая значимость различий показателей до и после курса прекондиционирования по критерию наименьшей значимой разности.

Note: Here and in Table 2: n – number of the subjects; p – statistical significance of the differences in the indices before and after the preconditioning course according to the least significant difference criterion.

колебания (0,17–0,5 Гц). Использовались значения максимальной амплитуды спектральных пиков; нормальные показатели VLF находятся в диапазоне 30–130 $\text{мс}^2/\text{Гц}$, LF – в диапазоне 15–30 $\text{мс}^2/\text{Гц}$, HF – 15–35 $\text{мс}^2/\text{Гц}$ [3]. Оценивались нелинейные характеристики изменений кардиодинамики с помощью показателя аппроксимированной энтропии (ApEn), которая отражает степень сложности кардиоритма; в норме значения показателя более 200.

Изменения микроциркуляции и перфузии тканей кровью оценивали неинвазивным методом ЛДФ в течение трёх минут со второго пальца левой руки с помощью анализатора «ЛАКК-02» (ООО «НПП Лазма», Москва). Применяли лазер с длиной волны 830 ± 10 нм. Использовали показатель микроциркуляции (ПМ), который представляет собой уровень перфузии объёма ткани за единицу времени и рассчитывается по формуле (1):

$$PM = K \cdot N_{sp} \cdot V_{cp}, \quad (1)$$

где K – коэффициент пропорциональности; N_{sp} – концентрация эритроцитов в зондируемом объёме ткани; V_{cp} – средняя скорость эритроцитов в микроциркуляторном русле.

Среднее квадратичное отклонение (СКО) амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения характеризует величину временной изменчивости микроциркуляции: медленных волн 0,07–0,2 Гц (LF); быстрых волн 0,2–0,4 Гц (HF); пульсовых волн 0,8–1,6 Гц (CF – cardio frequency). $SCO = A_{LF}^2 + A_{HF}^2 + A_{CF}^2$. Снижение СКО свидетельствует об угнетении активных вазомоторных механизмов модуляции тканевого кровотока, преобладании тонического симпатического влияния. Индекс флаксмаций (ИФМ), характеризующий эффективность регуляции модуляций в системе микроциркуляции, определяли по соотношению амплитуд флуктуаций, выявляемых при спектральном анализе ЛДФ-грамм: $IFM = A_{LF} / (A_{HF} + A_{CF})$.

Нормативные значения показателей ЛДФ были получены в группе из 22 здоровых мужчин в возрасте 18–24 лет: ПМ $16,75 \pm 0,98$; СКО $1,38 \pm 0,16$; ИФМ $1,54 \pm 0,19$.

Данные были обработаны с использованием программы MS Excel 2003 и пакета статистических программ IBM SPSS Statistics 20. Значимость изменений показателей после прекондиционирования оценивали с помощью критерия Вилкоксона. Данные представлены в виде средних арифметических величин M и стандартного отклонения среднего ($\pm SD$). Достоверными считали различия, уровень значимости которых отвечал условию $p < 0,05$.

Результаты

У обследованных шахтёров с ВБ в сочетании с ИБС до проведения ишемического прекондиционирования обнаружены снижение вариабельности сердечного ритма, более выраженное в диапазоне колебаний высокой и низкой частот спектра, и снижение нелинейного показателя энтропии, свидетельствующие о нарушении вегетативной регуляции ритма сердца (табл. 1).

Упрощение ВРС и снижение возможностей вегетативной регуляции может являться неблагоприятным маркёром развития осложнений соматических патологий, внезапной сердечной смерти.

После курса дистантного ишемического прекондиционирования наблюдали увеличение мощности ВРС, статистически значимое в диапазонах низкой и очень низкой частот спектра, свидетельствующее об улучшении состояния пациентов. Увеличение вариабельности и нелинейного показателя ApEn ($p < 0,05$) подтверждает положительный системный эффект дистантного ишемического прекондиционирования.

После проведения курса ишемического прекондиционирования наблюдали по данным ЛДФ улучшение микроциркуляции у обследуемых с ВБ в сочетании с ИБС (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Показатели лазерной допплеровской флоуметрии до и после курса ишемического прекондиционирования, $n = 22$ Laser Doppler flowmetry parameters in patients with VD combined with IHD before and after ischemic preconditioning course, $n = 22$

Показатель Index	Этап Stage		p
	до прекондиционирования before preconditioning	после прекондиционирования after preconditioning	
Показатель микроциркуляции, п.ф. ед. Microcirculation index, perfusion units (PU)	14.3 ± 1.2	16.8 ± 1.5	0.19
Среднее квадратичное отклонение показателя микроциркуляции, п.ф. ед. The average square deviation of the microcirculation index, PU	1.4 ± 0.16	1.28 ± 0.1	0.49
Индекс флаксмаций Flaxmotion index	1.36 ± 0.16	1.27 ± 0.16	0.69

Увеличение ПМ после курса дистантного ишемического прекондиционирования у шахтёров с ВБ в сочетании с ИБС достигало физиологических значений, что свидетельствует об улучшении микроциркуляции и перфузии тканей кровью, однако тенденция к снижению показателей СКО и ИФМ указывает на нарушение механизмов ауторегуляции модуляций в системе микроциркуляции.

Обсуждение

Течение сочетанных форм патологии (ВБ с артериальной гипертензией или ИБС) характеризуется стойкостью клинико-функциональных и метаболических изменений, сопряжённостью обострений, удлинением реабилитационного периода, возможностью прогрессирования вибрационной болезни после прекращения контакта с вибрацией [11]. Снижение парасимпатической активности и преобладание симпатического влияния у больных ВБ сопровождается ангиоспазмом и микроциркуляторными нарушениями, увеличивая риск развития ИБС [12].

В проведённых ранее исследованиях у больных с ВБ после курса дистантного ишемического прекондиционирования наблюдали усиление парасимпатического влияния и активацию центральных механизмов регуляции, подтверждающие его системное влияние и сохранность механизмов регуляции сосудистого тонуса у шахтёров с ВБ [10]. Ишемическое прекондиционирование активизирует противоишемическую защиту клеток, уменьшает эндотелиальную дисфункцию, индуцирует вагусный адаптивный ответ с уменьшением ангиоспазма и улучшением микроциркуляции [13, 14].

У пациентов с ВБ в сочетании с ИБС после курса прекондиционирования наблюдалось не только усиление парасимпатического влияния, но и статистически значимое увеличение спектрального показателя LF, свидетельствовавшее о симпатической активации. Исследования подтверждают, что стимуляция α 1-адренорецепторов оказывает кардиопротективный эффект раннего и отсроченного ишемического прекондиционирования через активацию протеинкиназы С и открытие митохондриальных АТФ-зависимых калиевых

каналов, улучшая сократимость сердца и повышая толерантность к аритмогенному действию ишемии – реперфузии [15].

Метод ЛДФ осуществляется зондированием тканей лазерным излучением и обработкой отражённого излучения, основан на выделении из полученного сигнала допплеровского сдвига частоты, пропорциональной скорости движения эритроцитов. В ходе проводимых исследований обеспечивается регистрация изменения потока крови в микроциркуляторном русле – флоуметрия. Тенденция к повышению ПМ после курса прекондиционирования свидетельствует об улучшении микроциркуляции у больных с ВБ в сочетании с ИБС. При этом тенденция к уменьшению показателя ИФМ отражает снижение эффективности регуляции модуляций тканевого кровотока, что подтверждается динамикой СКО. Таким образом, улучшение микроциркуляции у больных с ВБ в сочетании с ИБС в основном происходило за счёт усиления влияния надсегментарных вегетативных центров и нейрогуморальной регуляции.

Ограничения исследования обусловлены числом шахтёров, проходивших углублённое медицинское обследование в клинике НИИ КПГПЗ, с установленным диагнозом ВБ в сочетании с ИБС, без нарушений ритма сердца и имплантируемых устройств, влияющих на сердечный ритм.

Заключение

У шахтёров с ВБ в сочетании с ИБС после курса дистантного ишемического прекондиционирования наблюдалось увеличение вариабельности ритма сердца, статистически значимое в диапазонах низкой и очень низкой частоты спектра. Также выявлена тенденция к увеличению показателя микроциркуляции, что отражает улучшение перфузии тканей кровью, при этом отмечено снижение эффективности вазомоторных механизмов модуляции тканевого кровотока.

Полученные результаты дают основание продолжить изучение роли дистантного ишемического прекондиционирования как метода коррекции вегетативных нарушений при вибрационной болезни у пациентов с ишемической болезнью сердца.

Литература

(п.п. 5, 8, 9, 13 см. References)

1. Бабанов С.А., Азовская Т.А., Вакурова Н.В., Бараева Р.А. О современных аспектах классификации вибрационной болезни. *Терапевт.* 2019; (4): 7–21. <https://elibrary.ru/zcqfgh>
2. Сазыкина Д.П., Дудина Е.А., Шокина С.В., Горячева О.А. Современные аспекты диагностики и лечения вибрационной болезни. *Актуальные научные исследования в современном мире.* 2020; (2–2): 32–5. <https://elibrary.ru/bhuijp>
3. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д. Оценка вегетативных нарушений у шахтёров с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария.* 2023; 102(7): 664–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-664-669> <https://elibrary.ru/qczrmo>
4. Власова Е.М., Воробьева А.А. Пародоксы в медицине труда. *Медицина труда и экология человека.* 2023; 63(3): 50–60. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10304> <https://elibrary.ru/ucqnws>
5. Шастин А.С., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Малых О.Л., Панов В.Г. Заболеваемость болезнями системы кровообращения населения трудоспособного возраста в Российской Федерации в 2015–2019 гг. Региональные особенности. *Профилактическая медицина.* 2022; 25(11): 28–35. <https://doi.org/10.17116/profmed20222511128> <https://elibrary.ru/vhbdyj>
6. Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Мартынов И.Д. Факторы риска развития сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности. *Медицина труда и промышленная экология.* 2023; 63(9): 611–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgryk>
7. Ямщикова А.В., Мартынов И.Д., Флейшман А.Н., Гидаятова М.О. Применение ишемического прекондиционирования в реабилитации шахтёров с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария.* 2021; 100(7): 700–3. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-700-703> <https://elibrary.ru/hcarii>
8. Коротенко О.Ю., Панев Н.И., Корчагина Ю.С., Панев Р.Н., Данилов И.П. Формирование патологии внутренних органов у шахтеров с вибрационной болезнью. *Медицина труда и промышленная экология.* 2020; 60(6): 399–403. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-399-403> <https://elibrary.ru/tuzqfq>
9. Мелентьев А.В., Серебряков П.В., Жеглова А.В. Влияние шума и вибрации на нервную регуляцию сердца. *Медицина труда и промышленная экология.* 2018; 58(9): 19–23. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-19-23> <https://elibrary.ru/yigust>
10. Аргунова Ю.А., Короткевич А.А., Помешкина С.А., Коков А.Н., Иноzemцева А.А., Барбараши О.Л. Эффективность физических тренировок как метода кардиопротекции у пациентов перед коронарным шунтированием. *Российский кардиологический журнал.* 2018; 23(6): 159–165. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-159-165> <https://elibrary.ru/xstlvb>
11. Маслов Л.Н., Цибульников С.Ю., Прокудина Е.С., Бушов Ю.В., Нам И.Ф., Несторов Е.А. и др. Роль симпатоадреналовой системы в ишемическом прекондиционировании сердца. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2018; 104(5): 521–35. <https://elibrary.ru/xnsmtmx>

References

1. Babanov S.A., Azovskova T.A., Vakurova N.V., Barayeva R.A. About modern aspects of the classification of vibration disease. *Terapevt.* 2019; (4): 7–21. <https://elibrary.ru/zcqfgh> (in Russian)
2. Sazykina D.P., Dudina E.A., Shokina S.V., Goryacheva O.A. Modern aspects of diagnosis and treatment of vibration disease. *Akтуальные научные исследования в современном мире.* 2020; (2–2): 32–5. <https://elibrary.ru/bhuijp> (in Russian)

3. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Martynov I.D. Evaluation of autonomic disorders in miners with vibration disease. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(7): 664–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-664-669> <https://elibrary.ru/qczrmo> (in Russian)
4. Vlasova E.M., Vorobeva A.A. Paradoxes in occupational health. *Meditina truda i ekologiya cheloveka*. 2023; 63(3): 50–60. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10304> <https://elibrary.ru/ucqmws> (in Russian)
5. Dzhambov A.M., Dimitrova D.D. Heart disease attributed to occupational noise, vibration and other co-exposure: Self-reported population-based survey among Bulgarian workers. *Med. Pr.* 2016; 67(4): 435–45. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00437>
6. Shastin A.S., Gazimova V.G., Tsepilova T.M., Malykh O.L., Panov V.G. Circulatory disease rates in the working-age population of the Russian Federation in 2015–2019: regional features. *Profilakticheskaya meditsina*. 2022; 25(11): 28–35. <https://doi.org/10.17116/profmed20222511128> <https://elibrary.ru/vhbdyj> (in Russian)
7. Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Martynov I.D. Risk factors for the development of heart failure with a preserved left ventricular ejection fraction in workers of the main professions of the coal industry. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(9): 611–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgryk> (in Russian)
8. Tan W., Zhang C., Liu J., Li X., Chen Y., Miao Q. Remote ischemic preconditioning has a cardioprotective effect in children in the early postoperative phase: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pediatr. Cardiol.* 2018; 39(3): 617–26. <https://doi.org/10.1007/s00246-017-1802-7> <https://elibrary.ru/puwfjv>
9. Billah M., Ridiandries A., Allahwala U.K., Mudaliar H., Dona A., Hunyor S., et al. Remote ischemic preconditioning induces cardioprotective autophagy and signals through the IL-6-dependent JAK-STAT pathway. *Int. J. Mol. Sci.* 2020; 21(5): 1692. <https://doi.org/10.3390/ijms21051692> <https://elibrary.ru/aojirmy>
10. Yamshchikova A.V., Martynov I.D., Fleishman A.N., Gidayatova M.O. Application of ischemic preconditioning in the rehabilitation of miners suffered from the vibration disease. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(7): 700–3. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-700-703> <https://elibrary.ru/hcarii> (in Russian)
11. Korotenko O.Yu., Panev N.I., Korchagina Yu.S., Panev R.N., Danilov I.P. Formation of pathology of internal organs in miners with vibration disease. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(6): 399–403. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-399-403> <https://elibrary.ru/tuzsqfq> (in Russian)
12. Melentev A.V., Serebryakov P.V., Zheglova A.V. Influence of noise and vibration on nervous regulation of heart. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(9): 19–23. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-9-19-23> <https://elibrary.ru/yigust> (in Russian)
13. Ryter 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> <https://elibrary.ru/xsfurd>
14. Argunova Yu.A., Korotkevich A.A., Pomezhkina S.A., Kokov A.N., Inozemtseva A.A., Barbarash O.L. Efficacy of physical trainings as cardioprotection method for coronary bypass surgery. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*. 2018; 23(6): 159–65. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-159-165> <https://elibrary.ru/xsltvb> (in Russian)
15. Maslov L.N., Tsibulnikov S.Yu., Prokudina E.S., Bushov Yu.V., Nam I.F., Nesterov E.A., et al. Role of adrenergic system in the ischemic preconditioning of the heart. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2018; 104(5): 521–35. <https://elibrary.ru/xnsmmx> (in Russian)

Сведения об авторах

Мартынов Илья Дмитриевич, канд. мед. наук, зав. лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: mart-nov@yandex.ru

Панев Николай Иванович, доктор мед. наук, начальник научно-клинического отд. медицины труда ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: panevni@gmail.com

Шарагашева Татьяна Александровна, ординатор лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: tankuzya@mail.ru

Филимонов Егор Сергеевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. охраны здоровья работающего населения ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: 171fes@gmail.com

Янчикова Анастасия Валерьевна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: anastyam@bk.ru

Information about the authors

Ilya D. Martynov, PhD (Medicine), head of the Laboratory of applied neurophysiology, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5098-9185> E-mail: mart-nov@yandex.ru

Nikolay I. Panev, DSc (Medicine), chief of the scientific and clinical department of occupational medicine, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5775-2615> E-mail: panevni@gmail.com

Tatyana A. Sharagashova, resident of the Laboratory of applied neurophysiology, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0008-9524-5663> E-mail: tankuzya@mail.ru

Egor S. Filimonov, PhD (Medicine), senior researcher, Laboratory for the health protection of the working population, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2204-1407> E-mail: 171fes@gmail.com

Anastasia V. Yamshchikova, PhD (Medicine), senior researcher, Laboratory of applied neurophysiology, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases; Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6609-8923> E-mail: anastyam@bk.ru