

EDN: <https://elibrary.ru/fmjxnh>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-652-658>

УДК 616.12-008.46:613.62

© Коллектив авторов, 2024

Мартынов И.Д., Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Румпель О.А.

Изменения вариабельности ритма сердца и субклиническая сердечная недостаточность с сохранённой фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности

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

Введение. Высокая распространённость заболеваний системы кровообращения обуславливает необходимость их выявления и профилактики на ранних стадиях, особенно в регионах с высоким промышленным потенциалом. Возникновение субклинической сердечной недостаточности зависит от целого каскада уже персистирующих в организме процессов, которые в итоге могут манифестировать в клинически выраженные заболевания. Одним из возможных механизмов её развития является нарушение баланса вегетативной нервной системы с нарушением адаптационных возможностей к трудовому процессу, характеризующимся у шахтёров тяжёлыми физическими перегрузками.

Цель исследования — оценить изменения вариабельности ритма сердца у работников основных профессий угольной промышленности с признаками сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса левого желудочка.

Материалы и методы. В исследование включено 78 работников основных профессий угольной промышленности. Ультразвуковое исследование сердца проведено по общепринятым методикам с изучением продольной деформации миокарда. Определялась концентрация NT-proBNP в сыворотке крови методом твёрдофазного иммуноферментного анализа. Проведён анализ вариабельности ритма сердца, выделены временные, спектральные и линейные показатели.

Результаты. Снижение продольной деформации миокарда определялось у 38,5% обследованных, признаки диастолической дисфункции — у 41%; в этих группах выявлена тенденция к повышению концентрации NT-proBNP. Выявлено значимое снижение показателя SDNN и повышение значений IC у обследованных шахтёров с сердечной недостаточностью с сохранённой фракцией выброса. Повышение показателей DFA и LF/HF отражают вегетативный дисбаланс в сторону симпатической активации, наблюдающийся у всех обследованных шахтёров.

Ограничения исследования. Данное исследование лимитировано выборкой работников основных профессий угольной промышленности, проходящих периодический медицинский осмотр в Научно-исследовательском институте комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний.

Заключение. Выявленная взаимосвязь между показателями сердечной недостаточности и показателями вариабельности ритма сердца (SDNN, LF/HF, DFA и IC) у шахтёров позволяет выделить группу лиц, подверженных наибольшему риску неблагоприятных исходов.

Этика. Исследование проведено с соблюдением стандартов биоэтического комитета НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, установленных в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2013 г. и «Правилами надлежащей клинической практики», утверждёнными приказом Министерства здравоохранения РФ от 01.04.2016 № 200н. Обследуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца; сердечная недостаточность; продольная деформация левого желудочка; угольная промышленность

Для цитирования: Мартынов И.Д., Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Румпель О.А. Изменения вариабельности ритма сердца и субклиническая сердечная недостаточность с сохранённой фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(10): 652–658. <https://elibrary.ru/fmjxnh> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-652-658>

Для корреспонденции: Коротенко Ольга Юрьевна, e-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Участие авторов:

Мартынов И.Д. — концепция и дизайн исследования, написание текста;

Коротенко О.Ю. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, сбор литературных данных, написание текста;

Филимонов Е.С. — сбор и обработка данных, редактирование;

Румпель О.А. — сбор данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 16.09.2024 / Дата принятия к печати: 29.09.2024 / Дата публикации: 08.11.2024

Ilya D. Martynov, Olga Yu. Korotenko, Egor S. Filimonov, Olesya A. Rumpel

Changes in heart rate variability and subclinical heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in workers of the main professions at the coal industry

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

Introduction. The high prevalence of diseases of the circulatory system necessitates their detection and prevention at an early stage, especially in regions with high industrial potential. The occurrence of subclinical heart failure depends on a cascade of processes that are already occurring in the body and may eventually manifest themselves in clinically pronounced diseases. One of the possible mechanisms of its development is a violation of the balance of the autonomic nervous system with a violation of adaptive capabilities to the labour process, characterized by severe physical overloads among miners.

The study aims to evaluate changes in heart rate variability in workers of the main professions at the coal industry with signs of heart failure with a preserved left ventricular ejection fraction.

Materials and methods. The study included 78 employees of the main professions at the coal industry. Specialists performed ultrasound examination of the heart according to generally accepted methods with the study of longitudinal deformation of the myocardium. The concentration of NT-proBNP in the blood serum was determined by solid-phase enzyme immunoassay. The authors also conducted an analysis of heart rate variability, determined temporal, spectral and linear parameters.

Results. Specialists revealed a decrease in longitudinal myocardial deformation in 38.5% of the examined patients, signs of diastolic dysfunction in 41%; in these groups, a tendency to increase the concentration of NT-proBNP was revealed. In the examined miners with heart failure with preserved ejection fraction, they revealed a significant decrease in the SDNN index and an increase in IC values. The increase in DFA and LF/HF indicators reflects a vegetative imbalance towards sympathetic activation observed in all surveyed miners.

Limitations. This study is limited to a sample of employees of the main professions of the coal industry undergoing periodic medical examination at the Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases.

Conclusion. The revealed relationship between indicators of heart failure and heart rate variability (SDNN, LF/HF, DFA and IC) in miners allows us to identify a group of people at greatest risk of adverse outcomes.

Ethics. The study was conducted in compliance with the standards of the Bioethical Committee of the Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, established in accordance with the Helsinki Declaration of the World Medical Association "Ethical Principles of Conducting medical Research with human participation as a subject" as amended in 2013 and the "Rules of Good Clinical Practice" approved by Order No. 200n of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 04/01/2016. The subjects signed an informed consent to participate in the study.

Keywords: heart rate variability; heart failure; longitudinal deformation of the left ventricle; coal industry

For citation: Martynov I.D., Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Rumpel O.A. Changes in heart rate variability and subclinical heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in workers of the main professions at the coal industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(10): 652–658. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-652-658> <https://elibrary.ru/fmjxnh> (in Russian)

For correspondence: Olga Yu. Korotenko, e-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Contribution:

Martynov I.D. — concept and design of the study, writing the text;

Korotenko O.Yu. — concept and design of research, data collection and processing, collection of literary data, writing text;

Filimonov E.S. — data collection and processing, editing;

Rumple O.A. — data collection.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 16.09.2024 / Accepted: 29.09.2024 / Published: 08.11.2024

Введение. Доминирующая роль в структуре промышленного комплекса Кузбасса принадлежит угольно-металлургической отрасли, в которой занято 52% от всей численности занятых на промышленных предприятиях [1]. Несмотря на постоянные многочисленные меры по улучшению условий труда работников угольной промышленности, в большинстве своём они не соответствуют требованиям гигиенических нормативов по ряду сложно устранимых факторов и, как следствие, ежедневно работники подвергаются негативному воздействию вредных и опасных производственных факторов: угольно-породная пыль, шум, вибрация, излучение, неблагоприятный микроклимат. Это воздействие носит накопительный характер и в дальнейшем приводит к нарушениям вегетативной регуляции, возникновению профессиональных и производственно обусловленных заболеваний [2–4].

Длительное воздействие угольно-породной пыли приводит к диффузным склеротическим изменениям лёгочной ткани и морфологическим изменениям в сосудистой стенке: эндотелиозу, гипертрофии меди, утолщению стенки и периваскулярному фиброзу [5]. Болезни системы кровообращения занимают первое место в структуре смертности по классам болезней на 2022 г. (38,2%) [6–8]. Проблема высокой смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) обусловлена бессимптомным поражением сердца и артерий, длительное время протекающих скрыто и манифестирующих серьёзными сосудистыми катастрофами, что недопустимо для лиц, работающих на производственных объектах с тяжёлыми и опасными условиями труда.

Клинические проявления хронической сердечной недостаточности (ХСН) при снижении фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) наступают при поражении всех компонентов миокарда, когда нарушаются все звенья систолического сокращения (продольная, циркулярная

и радиальная деформация, скручивание, раскручивание и вращение) [9]. С развитием современной эхокардиографии стала возможным новая оценка механики миокарда — speckle tracking эхокардиография [10]. Ранее в нашем исследовании систолическая дисфункция ЛЖ в виде снижения продольной деформации выявлялась почти у трети шахтёров при отсутствии у них каких-либо традиционных факторов риска, которые могли бы быть причиной нарушения инотропной функции [11].

Одним из возможных механизмов развития ХСН является нарушение баланса вегетативной нервной системы [12, 13], которое определяется вместе с маркерами воспалительного профиля и коагулянтного ответа у пациентов с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений [14]. Возможность определения нарушений вегетативной регуляции с помощью анализа вариабельности ритма сердца даёт возможность выбора профилактических мероприятий, предотвращающих развитие сердечной недостаточности.

Цель исследования — оценить изменения вариабельности ритма сердца у работников основных профессий угольной промышленности с субклиническими признаками сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса левого желудочка.

Материал и методы. В исследование включено 78 работников основных профессий угольной промышленности (проходчики, горнорабочие очистного забоя, машинисты горных выемочных машин) в возрасте 40–55 лет, средний возраст обследуемых составил $48,38 \pm 3,46$ года, которые находились на обследовании в клинике НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППЗ) с предварительным диагнозом «нейросенсорная тугоухость». Критерии исключения из исследования: заранее исключались все обследуемые

с соматической патологией, которая могла привести к структурно-функциональным изменениям сердца (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, нарушение ритма сердца, врождённые пороки сердца, кардиомиопатии, сахарный диабет, почечная недостаточность).

Эхокардиографическое исследование было проведено по стандартной методике на ультразвуковой системе «Vivid E9» фирмы-производителя General Electric с использованием секторального (2,5 МГц) датчика. Измеряли стандартные линейные и объёмные показатели ЛЖ, которые индексировали к площади поверхности тела (ППТ). Формулу Тейхольца использовали для расчёта фракции выброса ЛЖ. Глобальную продольную деформацию миокарда ЛЖ (GLS) рассчитывали с помощью программного обеспечения «AFI» и технологии speckle tracking в В-режиме с обязательной регистрацией электрокардиограммы в трёх проекциях в апикальной позиции: четырёх- и двухкамерной и по длинной оси ЛЖ. Автоматически рассчитывалась глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении по формуле:

$$(GLS2C+GLS4C+GLS5C)/3.$$

За норму принимали значение GLS: $18,6 \pm 0,1\%$ [15].

Диастолическую функцию (ДФ) ЛЖ оценивали в импульсном режиме доплер-эхокардиографии в верхушечном 4-камерном сечении при положении контрольного объёма на кончиках митральных створок с определением скорости трансмитральных потоков в раннюю и позднюю диастолу (Е, А, м/с), их соотношения (Е/А), времени изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT) и времени замедления раннего трансмитрального потока (DT); также с помощью импульсно-волнового спектрального режима тканевой доплерографии оценивали движение митрального кольца в области межжелудочковой перегородки (МЖП) и латеральной стенки ЛЖ (Еа — движение миокарда в раннюю диастолу, Аа — в позднюю диастолу, их отношение Еа/Аа). Измерялся при помощи метода дисков и индексировался к площади поверхности тела объём левого предсердия (ЛП; ИЛП — индекс ЛП).

Определяли концентрацию NT-proBNP в сыворотке крови методом твёрдофазного иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием тест-системы «NT-proBNP – ИФА – БЕСТ» (ЗАО «Вектор-Бест», Россия). Нормальный показатель NT-proBNP считали в пределах от 0 до 125 пг/мл.

Для анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) регистрировали пятиминутные участки кардиоритма электрокардиографом «Нейрософт-полиспектр 8Е» (ООО «Нейрософт», г. Иваново, Россия), после обработки методом быстрого преобразования Фурье выделялись волны в частотных диапазонах 0,004–0,08 Гц — Very Low Frequency (VLF), 0,09–0,16 Гц — Low Frequency (LF) и 0,17–0,5 Гц — High Frequency (HF), использовались значения максимальной амплитуды спектральных пиков. Баланс вегетативной нервной системы определялся по индексу вагосимпатического взаимодействия LF/HF — отношение мощности низкочастотного спектра к мощности высокочастотного спектра. Использовался индекс централизации IC (index of centralization) = (HF+LF)/VLF, при увеличении свидетельствующий об активации надсегментарных отделов вегетативной нервной системы.

Статистические показатели ВРС отражают конечный результат многочисленных регуляторных влияний на си-

нусовый ритм, использовался SDNN (стандартное отклонение величин нормальных интервалов RR), нормальные показатели в диапазоне 0,043–0,069 с.

Кроме того, в каждой кардиоинтервалограмме содержатся элементы нестационарности (фрактальные компоненты). Для их оценки применялся параметр нелинейной динамики DFA (detrended fluctuation analysis), позволяющий оценить вегетативный тонус; состояние эйготонии определяется в диапазоне 0,75–0,85, большие значения свидетельствовали о симпатикотонии.

Полученные данные обработаны с использованием пакета программ STATISTICA 10.0, нормальность распределения признаков оценивалась с использованием показателей асимметрии и эксцесса; связь между признаками анализировалась при помощи расчёта коэффициента корреляции Пирсона (r). Для межгруппового сравнения количественных показателей использовался параметрический критерий Стьюдента (значения оценивались с помощью средней и её стандартной ошибки ($M \pm SEM$)), качественных показателей — критерий χ^2 . Значимыми принимались различия при $p < 0,05$.

Все обследуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании, протокол которого соответствовал требованиям биоэтического комитета НИИ КПППЗ, исполненным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2013 г. и «Правилами надлежащей клинической практики», утверждёнными приказом Министерства здравоохранения РФ от 01.04.2016 № 200н.

Результаты. Оценка продольной деформации ЛЖ позволила разделить всех обследуемых на 2 группы: с нормальной GLS и со сниженной GLS (38,5%). У обследованных шахтёров со снижением продольной деформации миокарда отмечалась большая концентрация уровня NT-proBNP ($143,37 \pm 21,06$ пг/мл), чем в группе с нормальной GLS ($108,12 \pm 6,63$ пг/мл), $p = 0,073$, что может свидетельствовать о наличии у обследуемых данной группы субклинической систолической дисфункции с сохранённой фракцией выброса (СНсФВ).

При анализе ВРС выявлено статистически значимое снижение показателя SDNN у обследуемых, имеющих сниженную GLS (табл. 1).

Увеличение показателей DFA и индекса вагосимпатического взаимодействия в обеих группах обследуемых указывают на усиление симпатического влияния на сердечно-сосудистую систему, в то же время статистически значимое увеличение IC у обследуемых шахтёров со сниженной GLS свидетельствует об активации надсегментарных вегетативных центров, наблюдаемой при снижении адаптационных резервов.

Результаты корреляционного анализа подтвердили взаимосвязь между показателями вариабельности ритма сердца DFA и IC и величиной продольной деформации ЛЖ ($r = -0,323$; $p = 0,003$ и $r = -0,467$; $p = 0,00002$).

Диастолическая дисфункция (ДД) ЛЖ по данным ЭХО-КГ в виде нарушения его релаксации — I тип ДД, была диагностирована у 32 (41%) шахтёров. При анализе уровня NT-proBNP выявлено повышение его среднего уровня у обследуемых с диастолической дисфункцией ($143,28 \pm 26,06$; $108,19 \pm 6,64$ пг/мл у шахтёров без ДД, $p = 0,0749$).

Так же как у обследуемых с ДД ЛЖ, стандартное отклонение SDNN оказалось значимо ниже в сравнении

Таблица 1 / Table 1

Показатели вариабельности ритма сердца у шахтёров с нормальной и сниженной глобальной продольной деформацией миокарда**Indices of heart rate variability in miners with normal and reduced global longitudinal strain of the myocardium**

Показатель	Группа со сниженной глобальной продольной деформацией миокарда (n=30)	Группа с нормальной глобальной продольной деформацией миокарда (n=48)	Показатель	Группа со сниженной глобальной продольной деформацией миокарда (n=30)	Группа с нормальной глобальной продольной деформацией миокарда (n=48)
SDNN	0,096±0,14	0,162±0,02	LF/HF	3,344±0,5	3,802±0,434
	p=0,0042*			p=0,501	
DFA	0,937±0,03	0,953±0,03	IC	1,038±0,43	0,39±0,06
	p=0,707			p=0,024	

Примечание: * — значимыми считали различия при $p<0,05$.Note: * — differences were considered significant at $p<0.05$.

с группой шахтёров с нормальным расслаблением ЛЖ (табл. 2).

Преобладание индекса вагосимпатического взаимодействия LF/HF и увеличение индекса централизации IC в группе обследуемых с ДД свидетельствуют о симпатической активации и усилении влияния надсегментарных вегетативных центров.

У обследованных выявлена значимая прямая корреляционная связь между показателями SDNN и отношениями транзитных потоков, а также значениями потоков тканевого доплера митрального кольца ($r=0,411$; $p=0,00018$ и $r=0,414$; $p=0,00016$), что подтверждает важную прогностическую роль SDNN как маркера риска развития сердечно-сосудистых осложнений.

Обсуждение. Несмотря на отсутствие у обследованных стажированных шахтёров заболеваний, которые могли привести к развитию СН, у них довольно часто (38%) выявлялись диагностические субклинические признаки СНсФВ, что может быть связано с негативным влиянием вредных производственных факторов [16, 17].

Уровень NT-proBNP у шахтёров со сниженной GLS и диастолической дисфункцией имел явную тенденцию к увеличению, что может свидетельствовать о наличии у них субклинической СНсФВ, вероятно, с увеличением количества выборки пациентов, что затруднено из-за критериев исключения, различия стали бы статистически значимыми.

В свою очередь, нарушение вегетативной регуляции в виде устойчивого усиления симпатического возбуждения и снижения парасимпатической активности является одним из механизмов развития ХСН [18]. У всех обследованных нами шахтёров вне зависимости от наличия или отсутствия субклинических изменений миокарда наблюдался вегета-

тивный дисбаланс в сторону усиления симпатического влияния. Ранее симпатическая активация и связанный с этим ангиоспазм показаны у шахтёров с увеличением стажа работы, наибольшую информативность показали спектральные показатели ВРС и нелинейный показатель DFA [19].

Выявленная значимая обратная корреляционная зависимость продольной деформации ЛЖ и индекса централизации IC у обследованных нами шахтёров указывает на необходимость вовлечения надсегментарных вегетативных центров в регуляцию сердечной деятельности, наблюдаемую при снижении адаптационных возможностей к нагрузкам [19].

Снижение показателя SDNN у обследованных нами шахтёров с СНсФВ свидетельствует о высоком риске развития сердечно-сосудистых осложнений [20, 21].

При исследовании эхокардиографических изменений и состояния вегетативного баланса у практически здоровых мужчин 25–50 лет в общей популяции при проведении комплексного многофункционального исследования было выявлено, что в возрастной группе 36–50 лет преобладали факторы риска развития сердечно-сосудистой патологии (увеличение массы тела и коэффициента атерогенности, изменение показателей транзитного кровотока и показателей ВРС) по сравнению с практически здоровыми лицами в возрасте 25–35 лет. По мере старения происходит включение дополнительных адаптационных механизмов, поддерживающих нейрогуморальную регуляцию сердечно-сосудистой деятельности [22].

Полученные данные позволяют рекомендовать исследование ВРС для определения вегетативных нарушений у работников угледобывающих предприятий с целью расширения диагностических возможностей раннего выяв-

Таблица 2 / Table 2

Показатели вариабельности ритма сердца у шахтёров с диастолической дисфункцией левого желудочка**Indices of heart rate variability in miners with left ventricular diastolic dysfunction**

Показатель	Группа с диастолической дисфункцией левого желудочка (n=32)	Группа с нормальным расслаблением левого желудочка (n=46)	Показатель	Группа с диастолической дисфункцией левого желудочка (n=32)	Группа с нормальным расслаблением левого желудочка (n=46)
SDNN	0,095±0,02	0,163±0,03	LF/HF	4,3±0,94	3,15±0,44
	p=0,0026*			p=0,0851	
DFA	0,953±0,06	0,943±0,03	IC	1,32±0,396	0,41±0,049
	p=0,826			p=0,095	

Примечание: * — значимыми считали различия при $p<0,05$.Note: * — differences were considered significant at $p<0.05$.

ния субклинических признаков СНсФВ и патогенетически обоснованных возможностей её профилактики.

Заключение. Выявленное усиление симпатического влияния и снижение адаптационных возможностей у обследованных шахтёров способствует развитию субклинической

сердечной недостаточности. Установленная взаимосвязь между СНсФВ и показателями вариабельности ритма сердца (SDNN, LF/HF, DFA и IC) позволяет выделить группу лиц, подверженных наибольшему риску неблагоприятных исходов.

Список литературы

1. Рябов В.А., Столбова О.Б. Современный промышленный комплекс Кемеровской области. *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле*. 2017; 3: 41–6. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-3-41-46> <https://elibrary.ru/yndxprp>
2. Фомин А.И., Халявина М.Н. Профессиональная заболеваемость и производственные риски в угольной промышленности Кузбасса. *Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности*. 2018; 2: 89–97. <https://doi.org/10.25558/VOSTNIK.2018.02.010> <https://elibrary.ru/xrspzz>
3. Чеботарев А.Г. Специальная оценка условий труда работников горнодобывающих предприятий. *Горная промышленность*. 2019; 1: 42–4. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-1-143-42-44> <https://elibrary.ru/wtyfib>
4. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(7): 424–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429> <https://elibrary.ru/ejxmd>
5. Бондарев О.И., Филимонов С.Н. Гистогенетические аспекты пневмофиброза при кониотических изменениях у шахтёров Кузбасса. *Медицина в Кузбассе*. 2022; 21(3): 54–60. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2022-3-54-60> <https://elibrary.ru/nzbygm>
6. *Здравоохранение в России. 2023: Статистический сборник*. М.: Росстат; 2023. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218>
7. Шастин А.С., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Малых О.А., 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/profmed2022511128> <https://elibrary.ru/vhbduj>
8. Артамонова Г.В., Максимов С.А., Табакаев М.В. Тенденции смертности населения трудоспособного возраста от болезней системы кровообращения в Российской Федерации и Кемеровской области. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2015; 59(6): 19–24. <https://elibrary.ru/uxlsq1>
9. Тарас Е.С., Атаканова А.Н., Эрлих А.Д., Кисляк О.А. Хроническая сердечная недостаточность с сохранной фракцией выброса у лиц пожилого и старческого возраста. *Лечебное дело*. 2020; 1: 75–81. <https://doi.org/10.24411/2071-5315-2020-12196> <https://elibrary.ru/nphpyw>
10. Никифоров В.С., Никищенко Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2017; 13(2): 248–55. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255> <https://elibrary.ru/yocitir>
11. 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. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(9): 611–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgyrk>
12. Arshi B., Geurts S., Tilly M.J., van den Berg M., Kors J.A., Rizopoulos D., et al. Heart rate variability is associated with left ventricular systolic, diastolic function and incident heart failure in the general population. *BMC Med*. 2022; 20(1): 91. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02273-9>
13. Baig M., Moafi-Madani M., Qureshi R., Roberts M.B., Allison M., Manson J.E. et al. Heart rate variability and the risk of heart failure and its subtypes in post-menopausal women: The Women's Health Initiative study. *PLoS One*. 2022; 17(10): e0276585. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276585>
14. Aronson D., Mittleman M.A., Burger A.J. Role of endothelin in modulation of heart rate variability in patients with decompensated heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001; 24(11): 1607–15. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2001.01607.x>
15. Науменко Е.П., Адзерихо И.Э. Тканевая доплерография: принципы и возможности метода (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии*. 2012; 4: 17–22. <https://elibrary.ru/unfigr>
16. Бондарев О.И., Бугаева М.С., Михайлова Н.Н. Патоморфология сосудов сердечной мышцы у работников основных профессий угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(6): 335–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-6-335-341> <https://elibrary.ru/gsskjg>
17. Бугаева М.С., Горохова Л.Г., Бондарев О.И., Михайлова Н.Н. Влияние угольно-породной пыли на риск развития морфологических нарушений сердечно-сосудистой системы. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(6): 415–20. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-415-420> <https://elibrary.ru/wrhpcj>
18. Jian A., Todd C., Kaye D., Nanayakkara S. Association between heart rate variability and echocardiographic parameters in heart failure with reduced and preserved ejection fraction. *Heart Lung Circ*. 2019; 28(S4): S161. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.06.065>
19. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д. Оценка вегетативных нарушений в 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>
20. Ksela J., Rupert L., Djordjevic A., Antonic M., Avbelj V., Jug B. Altered heart rate turbulence and variability parameters predict 1-year mortality in heart failure with preserved ejection fraction. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2022; 9(7): 213. <https://doi.org/10.3390/jcdd9070213>
21. Газизянова В.М., Булашова О.В., Хазова Е.В., Малкова М.И. Вариабельность сердечного ритма у пациентов с сердечной недостаточностью в сочетании с хронической обструктивной болезнью лёгких. *Практическая медицина*. 2018; 1: 15–20. <https://elibrary.ru/yuzisc>
22. Балашова Н.В., Андреева И.Г., Попов В.В. Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы у практически здоровых мужчин 25–50 лет, проживающих в средней полосе России. *Экология человека*. 2008; 8: 17–21.

References

1. Riabov V.A., Stolbova O.B. Modern Industrial Complex of the Kemerovo Oblast. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskiye, tekhnicheskiye nauki i nauki o Zemle*. 2017; 3: 41–6. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-3-41-46> <https://elibrary.ru/ymdxpp> (in Russian).
2. Fomin A.I., Khalyavina M.N. Occupational morbidity and occupational risks in Kuzbass coal mining industry. *Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti*. 2018; 2: 89–97. <https://doi.org/10.25558/VOSTNII.2018.02.010> <https://elibrary.ru/xrspzz> (in Russian).
3. Chebotarev A.G. Special evaluation study of mine personnel working conditions. *Gornaya promyshlennost'*. 2019; 1: 42–4. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2019-1-143-42-44> <https://elibrary.ru/wtyfib> (in Russian).
4. Bukhtiarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(7): 424–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429> <https://elibrary.ru/ejxmd> (in Russian).
5. Bondarev O.I., Filimonov S.N. Histogenetic aspects of pneumofibrosis during coniotic changes in Kuzbass miners. *Meditcina v Kuzbasse*. 2022; 21(3): 54–60. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2022-3-54-60> <https://elibrary.ru/nzbygm> (in Russian).
6. *Healthcare in Russia. 2023: Statistical yearbook*. Moscow: Rosstat; 2023. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (in Russian).
7. 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/vhbdy> (in Russian).
8. Artamonova G.V., Maksimov S.A., Tabakaev M.V. The trends of mortality of able-bodied population because of diseases of blood circulation system diseases in the Russian Federation and the Kemerovo Region. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2015; 59(6): 19–24. <https://elibrary.ru/uxlsq> (in Russian).
9. Taras E.S., Atakanova A.N., Erlikh A.D., Kislyak O.A. Heart Failure with Preserved Ejection Fraction in Elderly and Senile Patients. *Lechebnoye delo*. 2020; 1: 75–81. <https://doi.org/10.24411/2071-5315-2020-12196> <https://elibrary.ru/nphpyw> (in Russian).
10. Nikiforov V.S., Nikishchenkova Iu.V. Modern possibilities of speckle tracking echocardiography in clinical practice. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2017; 13(2): 248–55. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255> <https://elibrary.ru/yoctir> (in Russian).
11. 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. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(9): 611–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> <https://elibrary.ru/lwgyrk> (in Russian).
12. Arshi B., Geurts S., Tilly M.J., van den Berg M., Kors J.A., Rizopoulos D., et al. Heart rate variability is associated with left ventricular systolic, diastolic function and incident heart failure in the general population. *BMC Med*. 2022; 20(1): 91. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02273-9>
13. Baig M., Moafi-Madani M., Qureshi R., Roberts M.B., Allison M., Manson J.E., et al. Heart rate variability and the risk of heart failure and its subtypes in post-menopausal women: The Women's Health Initiative study. *PLoS One*. 2022; 17(10): e0276585. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276585>
14. Aronson D., Mittleman M.A., Burger A.J. Role of endothelin in modulation of heart rate variability in patients with decompensated heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001; 24(11): 1607–15. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2001.01607.x>
15. Naumenko E.P., Adzeriho I.E. Doppler tissue imaging: principles and possibilities of the method (literature review). *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2012; 4: 17–22. <https://elibrary.ru/unfigr> (in Russian).
16. Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Mikhailova N.N. Pathomorphology of heart muscle vessels in workers of the main professions of the coal industry. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(6): 335–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-6-335-341> <https://elibrary.ru/gsskjg> (in Russian).
17. Bugaeva M.S., Gorokhova L.G., Bondarev O.I., Mikhailova N.N. Influence of coal-rock dust on the risk of developing morphological disorders of the cardiovascular system. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(6): 415–20. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-415-420> <https://elibrary.ru/wrhpcj> (in Russian).
18. Jian A., Todd C., Kaye D., Nanayakkara S. Association between heart rate variability and echocardiographic parameters in heart failure with reduced and preserved ejection fraction. *Heart Lung Circ*. 2019; 28(S4): S161. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.06.065>
19. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Martynov I.D. Evaluation of autonomic disorders in miners with vibration disease. *Gigiena i sanitariya*. 2023; 102(7): 664–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-664-669> <https://elibrary.ru/qczrmo> (in Russian).
20. Ksela J., Rupert L., Djordjevic A., Antonic M., Avbelj V., Jug B. Altered heart rate turbulence and variability parameters predict 1-year mortality in heart failure with preserved ejection fraction. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2022; 9(7): 213. <https://doi.org/10.3390/jcdd9070213>
21. Gazizyanova V.M., Bulashova O.V., Khazova E.V., Malkova M.I. Heart rate variability in patients with heart failure combined with chronic obstructive pulmonary disease. *Prakticheskaya meditsina*. 2018; 1: 15–20. <https://elibrary.ru/yuzisc> (in Russian).
22. Balashova N.V., Andreeva I.G., Popov V.V. Vegetative regulation of cardio-vascular system in healthy men aged 25–50 living in Russian midland. *E'kologiya cheloveka*. 2008; 8: 17–21 (in Russian).

Сведения об авторах:

- Мартынов Илья Дмитриевич* старший научный сотрудник лаборатории прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», кандидат медицинских наук.
E-mail: mart-nov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5098-9185>
- Коротенко Ольга Юрьевна* заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», кандидат медицинских наук.
E-mail: olgakorotenko@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7158-4988>
- Филимонов Егор Сергеевич* старший научный сотрудник лаборатории охраны здоровья работающего населения ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», кандидат медицинских наук.
E-mail: 171fes@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2204-1407>
- Румпель Олеся Александровна* заведующая клинико-диагностической лабораторией ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», кандидат медицинских наук.
E-mail: olesyar-ne@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2417-0261>

About the authors:

- Ilya D. Martynov* senior researcher of the applied neurophysiology laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: mart-nov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5098-9185>
- Olga Yu. Korotenko* head of the department for functional and ultrasound diagnostics, Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: olgakorotenko@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7158-4988>
- Egor S. Filimonov* senior researcher of the laboratory for the health protection of the working population, Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: 171fes@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2204-1407>
- Olesya A. Rumpel* head of the clinical and diagnostic laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: olesyar-ne@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2417-0261>