

EDN: <https://elibrary.ru/lwgyrk>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616>

УДК 616.12-008.46:613.62

© Коллектив авторов, 2023

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

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

Введение. В угольной промышленности 78,7% работников заняты на рабочих местах с вредными условиями труда, которые играют ведущую роль в развитии не только профессиональных, но и производственно обусловленных заболеваний, лидирующими из которых являются болезни сердечно-сосудистой системы. Научный интерес представляет выявление доклинической систолической дисфункции левого желудочка и оценка роли традиционных и профессионально обусловленных факторов риска развития систолической дисфункции левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности.

Цель исследования — оценить факторы риска развития сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности.

Материалы и методы. В исследование включён 101 работник основных профессий угольной промышленности и 80 работников военизированной горноспасательной части. Обследуемые не имели соматической патологии, которая могла привести к структурно-функциональным изменениям сердца. Были проведены эхокардиографическое и ультразвуковое исследования магистральных артерий по стандартным методикам, оценены общепринятые факторы риска развития сердечно-сосудистой патологии (курение, абдоминальное ожирение, индекс массы тела, уровни общего холестерина, триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой и низкой плотности, гликированного гемоглобина).

Результаты. У шахтёров значимо чаще выявлялась систолическая дисфункция левого желудочка в виде снижения продольной деформации (27,7% шахтёров против 7,6% работников военизированной горноспасательной части, $p=0,0005$), при этом её среднее значение также значимо ниже у шахтёров и имеет значение ниже установленной нормы ($-17,2 \pm 0,044$ и $-19,3 \pm 0,03$, $p=0,0005$). Достоверных различий в частоте общепринятых факторов риска: абдоминальное ожирение, курение, атеросклероз магистральных артерий, дислипидемия и уровень гликированного гемоглобина — у шахтёров и работников горноспасательной части, также у шахтёров в зависимости от показателя продольной деформации левого желудочка выявлено не было.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения донозологической диагностики систолической дисфункции левого желудочка, изучения её в динамике и одновременном расширении поиска факторов риска, что позволит проводить раннюю профилактику данного осложнения у работающих во вредных условиях труда.

Этика. Исследование проведено с соблюдением стандартов биоэтического комитета НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, установленных в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» 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: сердечная недостаточность; продольная деформация левого желудочка; угольная промышленность

Для цитирования: 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): 611–616. <https://elibrary.ru/lwgyrk> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616>

Для корреспонденции: Коротенко Ольга Юрьевна, заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», канд. мед. наук. E-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Участие авторов:

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

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

Мартынов И.Д. — концепция и дизайн исследования, редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 26.04.2023 / Дата принятия к печати: 20.08.2023 / Дата публикации: 05.10.2023

Olga Yu. Korotenko, Egor S. Filimonov, Ilya D. Martynov

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

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

Introduction. In the coal industry, 78.7% of employees work in places with harmful working conditions, which play a leading role in the development of not only professional, but also industrial diseases, the leading of which are diseases of the cardiovascular system. The identification of preclinical systolic dysfunction of the left ventricle and the assessment of the role of traditional and professionally determined risk factors for the development of systolic dysfunction of the left ventricle in workers of the main professions of the coal industry is of scientific interest.

The study aims to assess the 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.

Materials and methods. The study included 101 employees of the main professions of the coal industry and 80 employees of the paramilitary mine rescue unit. The subjects had no somatic pathology, which could lead to structural and functional changes of the heart. The scientists performed echocardiographic and ultrasound examinations of the main arteries according to standard methods and assessed the generally accepted risk factors for the development of cardiovascular pathology (smoking, abdominal obesity, body mass index, total cholesterol, triglycerides, high and low density lipoprotein cholesterol, glycated hemoglobin).

Results. The researchers revealed systolic dysfunction of the left ventricle significantly in miners more often in the form of a decrease in longitudinal deformation (27.7% of miners versus 7.6% of paramilitary rescuers, $p=0.0005$), while its average value is also significantly lower in miners and has a value below the established norm (-17.2 ± 0.044 and -19.3 ± 0.03 , $p=0.0005$). The authors found no significant differences in the frequency of commonly accepted risk factors: abdominal obesity, smoking, atherosclerosis of the main arteries, dyslipidemia and the level of glycated hemoglobin in miners and workers of the mine rescue unit, as well as in miners, depending on the index of longitudinal deformation of the left ventricle.

Conclusion. The obtained results indicate the need for a prenosological diagnosis of systolic dysfunction of the left ventricle, studying it in dynamics and simultaneously expanding the search for risk factors, which will allow early prevention of this complication in workers in harmful working conditions.

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 Association "Ethical Principles of Scientific Medical Research with Human Participation" as amended in 2013 and the "Rules of Good Clinical Practice" approved by Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 01.04.2016 No. 200n. The subjects signed an informed consent to participate in the study.

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

For citation: 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. *Med. truda i prom. ecol.* 2023; 63(9): 611–616. <https://elibrary.ru/lwgyrk> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-9-611-616> (in Russian)

For correspondence: Olga Yu. Korotenko, the Head of Department for Functional and Ultrasound Diagnostics, Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: olgakorotenko@yandex.ru

Author IDs: Korotenko O.Yu. <https://orcid.org/0000-0001-7158-4988>

Filimonov E.S. <https://orcid.org/0000-0002-2204-1407>

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

Contribution:

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

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

Martynov I.D. — concept and design of research, editing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 26.04.2023 / Accepted: 20.08.2023 / Published: 05.10.2023

Введение. Индустриально-сырьевой характер промышленности Кемеровской области определяет структуру занятости в регионе. Добычей полезных ископаемых заняты 13,2% работающего населения [1]. На предприятиях по добыче каменного, бурого углей и торфа 78,7% работают во вредных условиях труда, которые характеризуются высокими концентрациями угольно-породной пыли в воздухе, повышенной влажностью, охлаждающим микроклиматом, наличием метана и других газов в воздухе, шумовой нагрузкой, общей и локальной вибрацией и т. д. [2, 3, 4]. Перечисленные производственные факторы могут определять не только риск развития профессиональных, но и производственно обусловленных заболеваний, в частности сердечно-сосудистых [5, 6].

На экспериментальной модели показано влияние угольно-породной пыли на развитие морфологических изменений сердечно-сосудистой системы, таких как эндотелиоз, диффузная гипертрофия гладкомышечного компонента медиального слоя сосудистой стенки и периваскулярный фиброз на фоне выраженных микроциркуляторных расстройств вне зависимости от органной принадлежности сосудов [7].

Современные диагностические возможности направлены на доклиническую диагностику патологического процесса. Именно внедрение в практику метода определения глобальной продольной деформации миокарда позволяет выявлять систолическую дисфункцию ещё до снижения фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) [8, 9]. В рекомендациях Американского общества по эхокардиографии и Европейского общества по сердечно-со-

судистой визуализации показатель продольной деформации ЛЖ рекомендован к использованию наряду с ФВ ЛЖ как обладающий дополнительной прогностической ценностью по сравнению с ФВ [10].

В связи с этим, актуально раннее выявление доклинической систолической дисфункции левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности, что позволит своевременно предупреждать развитие сердечно-сосудистых осложнений, в том числе внезапной сердечной смерти на производстве. Научный интерес представляет роль традиционных и профессионально обусловленных факторов риска развития систолической дисфункции левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности.

Цель исследования — оценить факторы риска развития сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса левого желудочка у работников основных профессий угольной промышленности.

Материал и методы. В исследование включён 101 работник основных профессий угольной промышленности (проходчики, горнорабочие очистного забоя, машинисты горных выемочных машин) и 80 работников военизированной горноспасательной части (ВГСЧ) в возрастном диапазоне от 40 до 55 лет, которые проходили периодический медицинский осмотр в НИИ КПППЗ. Средний возраст шахтёров составил $46,39\pm 0,47$ года, работников ВГСЧ — $46,24\pm 0,53$ года ($p=0,823$). Все обследуемые не имели соматической патологии, которая могла привести к структурно-функциональным изменениям сердца (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца,

нарушение ритма сердца, врождённые пороки сердца, кардиомиопатии).

Эхокардиографическое и ультразвуковое исследования магистральных артерий были проведены по стандартным методикам на ультразвуковой системе «Vivid E9» фирмы-производителя *General Electric* с использованием секторального (2,5 МГц) и линейного (7,5 МГц) датчиков. Измеряли стандартные линейные и объёмные показатели ЛЖ, которые индексировали к площади поверхности тела (ППТ). Рассчитывали индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) на основе массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ) и ППТ обследуемого, вычисляли индекс относительной толщины миокарда ЛЖ (ОТМЛЖ) — как отношение суммы толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки ЛЖ (ЗСЛЖ) к конечно-диастолическому размеру (КДР) ЛЖ. За норму ИММЛЖ принимали 115 г/м², ОТМЛЖ — <0,42. Для расчёта фракции выброса (ФВ) ЛЖ использовали формулу Тейхольца [11]. Глобальную продольную деформацию миокарда ЛЖ (GLS) рассчитывали с помощью технологии *speckle tracking* и программного обеспечения «AFI» в В-режиме с обязательной регистрацией электрокардиограммы в апикальной позиции в трёх проекциях: четырёх- и двухкамерной и по длинной оси ЛЖ [8]. Автоматически рассчитывалась глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении по формуле:

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

За норму принимали значение GLS: 18,6±0,1% [12].

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 и транстрикуспидальных потоков в раннюю и позднюю диастолу (E , А, м/с), их соотношения (E/A), времени изоволюмического расслабления ЛЖ ($IVRT$) и времени замедления раннего трансмитрального потока (DT), а с помощью импульсно-волнового спектрального режима тканевой доплерографии оценивали движение митрального кольца в области МЖП и латеральной стенки ЛЖ, трикуспидального кольца — в области латеральной стенки (ЛС) правого желудочка (ПЖ) (Ea — движение миокарда в раннюю диастолу, Aa — в позднюю диастолу, их отношение Ea/Aa). Объём левого предсердия (ЛП) измерялся с помощью метода дисков и индексировался к площади поверхности тела (ИЛП — индекс ЛП).

Измеряли толщину комплекса «интима-медиа», за норму принимали значение менее 1,0 мм и определяли наличие атеросклеротических бляшек.

На спироанализаторе пневмотахометрического типа «Спиро-Спектр» проводили исследование функции внешнего дыхания (ФВД) с определением жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) и объёма форсированного выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$), которые сопоставлялись с должными величинами.

При окружности талии (ОТ) более 94 см, индексе талия/бедро более 0,9, увеличении индекса массы тела ($ИМТ$) ≥ 30 диагностировали абдоминальный тип ожирения (АО).

С помощью анкетирования выясняли факт курения.

На автоматическом биохимическом анализаторе «Сапфир 400» (Япония) с использованием наборов реактивов фирмы АО «Вектор-Бест» (Россия) определяли уровни

общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) и гликированного гемоглобина ($HbA1c$).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ *STATISTICA* версии 10.0, нормальность распределения признаков оценивалась с помощью критерия Колмогорова–Смирнова; количественные значения оценивались с помощью средней и её стандартной ошибки ($M \pm SEM$); параметрические показатели рассчитывались с использованием критерия Стьюдента, непараметрические — (χ^2) Пирсона. Значимыми считали 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 научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами надлежащей клинической практики», утверждёнными приказом Министерства здравоохранения РФ от 01.04.2016 № 200н.

Результаты. При оценке геометрических показателей ЛЖ (ИКДО — индекса конечно-диастолического объёма, ОТМЛЖ, ИММЛЖ) выявлены значимые различия ИММЛЖ: у шахтёров ИММЛЖ находился в пределах нормальных значений, но был значимо больше в сравнении с работниками ВГСЧ. Оценивая показатели диастолической функции ЛЖ, выявлено, что значимые различия между группами получены в показателях $IVRT$ и DT , в то время как различий в отношениях трансмитральных потоков и потоков тканевой доплерографии выявлено не было (**табл. 1**). Несмотря на то, что ФВ ЛЖ у всех обследуемых находилась в пределах нормальных значений, средние показатели её были значимо ниже в группе шахтёров. Снижение продольной деформации ЛЖ было выявлено у 27,7% шахтёров против 7,6% у работников ВГСЧ ($p = 0,0005$), при этом её среднее значение также было значимо ниже у шахтёров и имело значение ниже установленной нормы.

Из геометрических показателей ЛЖ значимо больше в группе шахтёров со сниженной GLS был ИКДО ($58,72 \pm 1,79$ и $53,94 \pm 0,95$, $p = 0,018$), что может указывать на начальное ремоделирование ЛЖ. Различий в диастолических показателях у шахтёров в зависимости от GLS выявлено не было.

Учитывая наличие латентной систолической дисфункции ЛЖ у шахтёров, мы оценили факторы риска развития сердечно-сосудистой патологии в группах. Значимых различий в частоте ИМТ, АО, факта курения, а также уровней ОХС и ХС-ЛПНП, $HbA1c$ выявлено не было. Однако уровень триглицеридов был выше в группе шахтёров, но находился в пределах нормальных значений. Атеросклероз в виде наличия атеросклеротических бляшек в магистральных артериях (сонных и/или бедренных) выявлялся значимо чаще у работников ВГСЧ (**табл. 2**).

Учитывая наличие у шахтёров вредных условий труда, в том числе высокий уровень запыленности, нами проведена оценка ФВД. Выявлены значимые различия ЖЕЛ ($85,06 \pm 1,41$ в группе шахтёров против $91,59 \pm 1,35$ в группе работников ВГСЧ, $p = 0,0012$) и $ОФВ_1$ ($85,76 \pm 1,81$ и $90,9 \pm 1,24$ соответственно, $p = 0,029$), но показатели находились в пределах нормальных значений. Нарушение

Таблица 1 / Table 1

Структурно-функциональные показатели сердца
Structural and functional indices of the heart

Показатель	Шахтёры (n=101)	Работники ВГСЧ (n=80)	Показатель	Шахтёры (n=101)	Работники ВГСЧ (n=80)
ИММЛЖ, г/м²	77,79±1,22	72,71±1,36	ОТМЛЖ	0,373±0,004	0,364±0,004
	p=0,0061*			p=0,135	
ИКДО, мл/м²	55,25±0,74	53,48±0,73	ИЛП, мл/м²	30,04±0,687	29,9±0,67
	p=0,093			p=0,887	
IVRT	84,7±1,13	77,42±1,1	Е/А ЛЖ	1,11±0,025	1,13±0,024
	p=0,00001*			p=0,624	
DT	186,15±2,58	175,3±3,1	Еа/Аа ЛЖ	0,99±0,031	1,04±0,032
	p=0,074*			p=0,867	
ФВ ЛЖ, %	65,98±0,55	67,67±0,54	GLS	-17,2±0,044	-19,2±0,03
	p=0,0334*			p=0,0005*	

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

Таблица 1 / Table 1

Структурно-функциональные показатели сердца
Structural and functional indices of the heart

Показатель	Шахтёры (n=101)	Работники ВГСЧ (n=80)	Показатель	Шахтёры (n=101)	Работники ВГСЧ (n=80)
Повышенный индекс массы тела	63,37%	72,5%	Абдоминальное ожирение	41,6%	53,8%
	p=0,192			p=0,103	
Курение	65,8%	67,1%	Атеросклероз	36,6%	60,0%
	p=0,836			p=0,0017*	
Общий холестерин	5,6±0,11	5,64±0,14	Триглицериды	1,39±0,06	1,24±0,038
	p=0,794			p=0,029*	
Холестерин липопротеинов низкой плотности	3,48±0,108	3,7±0,112	Гликированный гемоглобин	5,69±0,053	5,83±0,045
	p=0,163			p=0,059	

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

вентиляционной способности лёгких было выявлено у 26,3% шахтёров, что значимо больше в сравнении с работниками ВГСЧ — 8,2% ($p=0,003$). Данные различия натолкнули на необходимость проведения исследований по оценке роли вентиляционных нарушений в формировании систолической дисфункции ЛЖ у шахтёров. Значимых различий показателей ФВД в подгруппах шахтёров в зависимости от значения *GLS* выявлено не было: ЖЕЛ у шахтёров с низкой *GLS* составила 83,52±3,21 против 85,53±1,54 у шахтёров с нормальной *GLS* ($p=0,533$) и ОФВ₁ — 82,55±4,13 и 86,9±1,96 соответственно ($p=0,290$). Вентиляционные нарушения диагностированы у 24,0% шахтёров со сниженной *GLS* против 27,1% шахтёров с нормальной *GLS* ($p=0,759$), что исключает влияние вентиляционных нарушений на формирование систолической дисфункции ЛЖ.

Обсуждение. В исследование были включены здоровые мужчины, работающие в угольной промышленности и работники ВГСЧ, не имеющие контакта с вредными производственными факторами, с отсутствием сердечно-сосудистой патологии, в частности такого распространённого заболевания, как артериальная гипертензия. Несмотря на это, у шахтёров значимо чаще выявлялась систолическая дисфункция миокарда в виде снижения продольной дефор-

мации ЛЖ, которая является наиболее чувствительным параметром, так как на начальных этапах ещё не все миокардиальные слои вовлекаются в патологический процесс, поэтому циркулярная деформация и скручивание ЛЖ, как правило, остаются ещё в норме или даже компенсаторно увеличиваются для поддержания его систолической функции. Выявить нарушение сократительной функции ЛЖ на ранних стадиях можно с помощью регистрации нарушения продольной деформации ЛЖ [13]. У молодых людей без сердечно-сосудистых заболеваний, структурно-функциональные характеристики миокарда и показатели деформации миокарда находятся в пределах нормальных значений [17]. Доказана ассоциация глобальной продольной деформации ЛЖ с наличием сердечно-сосудистых заболеваний, в частности артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца [14, 15, 16], которые были исключены у обследуемых. Достоверных различий в частоте общепринятых факторов риска, таких как абдоминальное ожирение, курение, атеросклероз сонных артерий и артерий нижних конечностей, дислипидемия и высокий уровень гликированного гемоглобина у шахтёров и работников ВГСЧ, а также у шахтёров в зависимости от показателя *GLS*, выявлено не было. Причём у работников ВГСЧ

признаки атеросклероза магистральных артерий в виде атеросклеротических бляшек выявлялись значимо чаще.

Таким образом, причиной появления ранних признаков систолической дисфункции в виде снижения продольной деформации ЛЖ у шахтёров можно считать наличие вредных производственных факторов, прежде всего, вдыхание угольно-породной пыли. В литературе описано кардиотоксическое влияние химиотерапии, которое проявляется не снижением ФВ ЛЖ, а снижением более чувствительного маркера — глобальной продольной деформации ЛЖ. Именно поэтому онкологи используют данный показатель в доклинической диагностике поражения миокарда [18, 19]. В патоморфологическом исследовании было показано, что уже при стаже менее 10 лет во вредных условиях труда у шахтёров развиваются морфологические изменения сосудистой стенки коронарных артерий в виде увеличения размеров клеток эндотелия, увеличения толщины мышечных волокон меди и формирования фибропластических изменений в периваскулярных зонах, а с увеличением стажа происходит нарастание этих изменений [20]. В наше исследование вошли стажирован-

ные шахтёры, у которых вышеописанные изменения могли привести к ухудшению питания эндокардиального слоя миокарда, что отразилось на продольной деформации ЛЖ.

Ограничения исследования. Данное исследование лимитировано выборкой работников основных профессий угольной промышленности, проходящих периодический медицинский осмотр в НИИ КПППЗ.

Заключение. У шахтёров, при отсутствии заболеваний, приводящих к развитию систолической дисфункции миокарда, снижение продольной деформации левого желудочка выявлялось чаще, в сравнении с неработающими во вредных пылевых условиях. Не установлено взаимосвязи общепринятых факторов риска с более частым развитием систолической дисфункции у шахтёров, что указывает на возможное влияние производственных факторов.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения донозологической диагностики систолической дисфункции левого желудочка, изучения её в динамике и одновременном расширении поиска факторов риска, что позволит проводить раннюю профилактику данного осложнения у работающих во вредных условиях труда.

Список литературы

1. Серебряков Е.В., Пьянкова Л.А. Дисбаланс между спросом и предложением рабочей силы в Кемеровской области в 2018 году. *Символ Науки: Международный научный журнал*. 2019; 1: 125–8.
2. О результатах мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2016 году и меры по их улучшению: национальный доклад. М.: Мин. труда и соц. защиты РФ; 2017. Available at: https://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/results_2016.doc Ссылка активна на 28.02.2023.
3. Смирнякова В.В. Оценка условий труда работников угольной промышленности. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015; 6–4: 98–100.
4. Куренкова Г.В., Лемешевская Е.П. Гигиеническая характеристика условий труда в подземных сооружениях и их влияние на здоровье работников. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015; 136(5): 98–105.
5. Устинова О.Ю., Власова Е.М., Носов А.Е., Костарев В.Г., Лебедева Т.М. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у шахтёров, занятых подземной добычей хромовой руды. *Анализ риска здоровью*. 2018; 3: 94–103. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.10>
6. Митьковская Н.П., Радкевич Ж.И. Новый взгляд на причины развития сердечно-сосудистой патологии у шахтёров. *Российские медицинские вести*. 2007; 12(3): 19–29.
7. Бугаева М.С., Горохова А.Г., Бондарев О.И., Михайлова Н.Н. Влияние угольно-породной пыли на риск развития морфологических нарушений сердечнососудистой системы. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(6): 415–20. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-415-420>
8. Krishnasamy R., Hawley C.M., Stanton T., Pascoe E.M., Campbell K.L., Rossi M. et al. Left ventricular global longitudinal strain is associated with cardiovascular risk factors and arterial stiffness in chronic kidney disease. *BMC Nephrol*. 2015; 16: 106. <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0098-1>
9. Алехин М.Н. Клиническое использование показателей продольной систолической деформации левого желудочка сердца. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2017; 4–1: 101–11.
10. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Alalo J., Armstrong A., Ernande L. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015; 16(3): 233–70. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>
11. Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. *Эхокардиография от М.К. Рыбаковой*. М.: Видар-М; 2016.
12. Науменко Е.П., Адзериho И.Э. Тканевая доплерография: принципы и возможности метода (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии*. 2012; 4: 17–22.
13. Рябиков А.Н., Гусева В.П., Воронина Е.В., Палехина Ю.Ю., Шахматов С.Г., Веревкин Е.Г. и др. Продольная деформация миокарда левого желудочка по данным эхокардиографии в популяции: связь с артериальной гипертензией в зависимости от контроля артериального давления. *Артериальная гипертензия*. 2019; 25(6): 653–64. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2019-25-6-653-664>
14. Марсальская О.А., Никифоров В.С. Деформация левого желудочка и левого предсердия у работников железнодорожного транспорта с артериальной гипертензией. *Системные гипертензии*. 2015; 12(4): 18–22.
15. 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>
16. Вдовенко Д.В., Либис Р.А. Показатели деформации миокарда и диастолическая функция левого желудочка у больных хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса. *Артериальная гипертензия*. 2018; 24(1): 74–80. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2018-24-1-74-80>
17. Беграббекова Ю.Л., Дробязко О.А., Скрипкина Д.В., Орлова Я.А., Алехин М.Н. Структурно-функциональные особенности и показатели деформации левого желудочка сердца у здоровых лиц с различным уровнем физической активности по данным эхокардиографии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023; 22(2): 54–62. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3489>
18. Крюков Е.В., Голубцов О.Ю., Тыренко В.В., Семелев В.Н., Макиев Р.Г. Возможности доклинической диагностики антрациклиновой кардиотоксичности с помощью методики «спекла-трекинг-эхокардиографии». *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2021; 23(1): 81–8. <https://doi.org/10.17816/brmma63578>
19. Фашафша З.З.А., Чомахидзе П.Ш., Меситская Д.Ф., Суворов А.Ю., Секачева М.И., Поддубская Е.В. и др. Особенности ранней динамики эхокардиографических показателей у онкологических пациентов на фоне химиотерапии. *Россий-*

- ский кардиологический журнал. 2022; 27(11): 22–8. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5093>
20. 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>
- ### References
1. Serebryakov E.V., Pyankova L.A. The imbalance between labor supply and demand in the Kemerovo region in 2018. *Simvol Nauki: Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2019; 1: 125–8 (in Russian).
 2. On the results of monitoring of labor conditions and safety in the Russian Federation in 2016 and measures to improve them: national report. Moscow: Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation; 2017. Available at: https://eiset.rosmintrud.ru/attachments/article/47/results_2016.doc Accessed 28.02.2023 (in Russian).
 3. Smirnyakova V.V. Assessment of working conditions of coal industry workers. *Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2015; 6–4: 98–100 (in Russian).
 4. Kurenkova G.V., Lemeshevskaya E.P. Hygienic characteristics of working conditions in underground structures and their impact on the health of workers. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)*. 2015; 136(5): 98–105 (in Russian).
 5. Ustinova O.Yu., Vlasova E.M., Nosov A.E., Kostarev V.G., Lebedeva T.M. Assessment of cardiovascular pathology risk in miners employed at deep chrome mines. *Health Risk Analysis*. 2018; 3: 94–103. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.10.eng>
 6. Mit'kovskaya N.P., Radkevich Zh.I. The new concept of cardiovascular pathology at miners. *Rossiyskie meditsinskie vesti*. 2007; 12(3): 19–29 (in Russian).
 7. 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. *Med. truda i prom. ecol.* 2020; 60(6): 415–20. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-415-420> (in Russian).
 8. Krishnasamy R., Hawley C.M., Stanton T., Pascoe E.M., Campbell K.L., Rossi M. et al. Left ventricular global longitudinal strain is associated with cardiovascular risk factors and arterial stiffness in chronic kidney disease. *BMC Nephrol.* 2015; 16: 106. <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0098-1>
 9. Alekhin M.N. Clinical application of longitudinal systolic deformation indicators in the heart left ventricle. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik*. 2017; 4–1: 101–11 (in Russian).
 10. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Alalo J., Armstrong A., Ernande L. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc Imaging*. 2015; 16(3): 233–70. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>
 11. Rybakova M.K., Mit'kov V.V., Baldin D.G. *Echocardiography by M.K. Rybakova*. Moscow: Vidar-M; 2016 (in Russian).
 12. 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 (in Russian).
 13. Ryabikov A.N., Guseva V.P., Voronina E.V., Palekhina Yu.Yu., Shakhmatov S.G., Verevkin E.G. et al. An association between echocardiographic left ventricle longitudinal strain and hypertension in general population depending on blood pressure control. *Arterial'naya gipertenziya*. 2019; 25(6): 653–64. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2019-25-6-653-664> (in Russian).
 14. Marsalskaya O.A., Nikiforov V.S. Longitudinal deformation of the left ventricle and the left atrium in workers of railway transport with arterial hypertension. *Sistemnye gipertenzii*. 2015; 12(4): 18–22 (in Russian).
 15. Nikiforov V.S., Nikishchenkova I.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> (in Russian).
 16. Vdovenko D.V., Libis R.A. The myocardial deformation and diastolic function of the left ventricle in patients with heart failure with preserved left ventricular ejection fraction. *Arterial'naya Gipertenziya*. 2018; 24(1): 74–80. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2018-24-1-74-80> (in Russian).
 17. Begrambekova Yu.L., Drobyazko O.A., Skripkina D.V., Orlova Ya.A., Alekhin M.N. Structural and functional characteristics of left ventricular strain in healthy individuals with different physical activity level according to echocardiography. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2023; 22(2): 54–62. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3489> (in Russian).
 18. Kryukov E.V., Golubtsov O.Y., Tyrenko V.V., Semelev V.N., Makiev R.G. Possibilities of preclinical diagnosis of anthracycline cardiotoxicity using the technique of "speckle-tracking echocardiography". *Vestnik Rossiyskoy Voenno-meditsinskoy akademii*. 2021; 23(1): 81–8. <https://doi.org/10.17816/brmma63578> (in Russian).
 19. Fashafsha Z.Z.A., Chomakhidze P.Sh., Mesitskaya D.F., Suvorov A.Yu., Sekacheva M.I., Poddubskaya E.V. et al. Early echocardiographic alterations in cancer patients during chemotherapy. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2022; 27(11): 22–8. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5093> (in Russian).
 20. Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Mikhailova N.N. Pathomorphology of heart muscle vessels in workers of the main professions of the coal industry. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(6): 335–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-6-335-341> (in Russian).