

Читать  
онлайн  
Read  
online

Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Панев Н.И.

## Изменения левого желудочка сердца у стажированных работников угольной и алюминиевой промышленности

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

**Введение.** Ведущая роль в промышленной структуре Кузбасса принадлежит угольно-металлургической отрасли, характеризующейся наличием вредных производственных факторов и высокими рисками для здоровья работников. Основными патогенетическими факторами, запускающими профессиональные и производственно обусловленные заболевания, являются гипоксические состояния, которые могут приводить к изменениям в структуре и функции сердца.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 116 шахтёров и 84 работника основных профессий алюминиевого производства. Средний возраст шахтёров —  $47,63 \pm 0,33$  года, работников алюминиевого производства —  $48,41 \pm 0,53$  года ( $p = 0,191$ ). Стаж работы во вредных производственных условиях обследуемых групп составлял более 20 лет и значимо не различался ( $p = 0,281$ ). Всем обследуемым лицам проводили эхокардиографию по стандартной методике с автоматическим расчётом глобальной продольной деформации левого желудочка.

**Результаты.** Установлено, что фракция выброса левого желудочка и его продольная деформация были ниже у работников алюминиевой промышленности с артериальной гипертензией в сравнении не только с металлургами, имеющими нормальное артериальное давление ( $p < 0,0001$ ), но и с шахтёрами с артериальной гипертензией ( $p = 0,015$ ). Продольная деформация левого желудочка у работников алюминиевого производства без артериальной гипертензии была достоверно ниже, чем у шахтёров с нормальным артериальным давлением ( $p = 0,0062$ ). Параметры диастолической функции левого желудочка изменялись в обследуемых группах под влиянием артериальной гипертензии.

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

**Заключение.** Снижение глобальной продольной деформации миокарда левого желудочка у шахтёров и работников алюминиевой промышленности ассоциировалось с наличием артериальной гипертензии и со спецификой основных неблагоприятных производственных факторов. Показатели сократительной функции левого желудочка у работников алюминиевой промышленности оказались значимо ниже в сравнении с аналогичными у шахтёров вне зависимости от наличия артериальной гипертензии.

**Ключевые слова:** угольная промышленность; алюминиевая промышленность; структурно-функциональные изменения сердца

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование выполнено с соблюдением этических принципов проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования в соответствии с требованиями биоэтического комитета ФГБНУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными приказом Минздрава России № 266 от 19.06.2003 г. Каждый участник исследования дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

**Для цитирования:** Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Панев Н.И. Изменения левого желудочка сердца у стажированных работников угольной и алюминиевой промышленности. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 759-764. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-759-764> <https://www.elibrary.ru/hezdp1>

**Для корреспонденции:** Коротенко Ольга Юрьевна, канд. мед. наук, зав. отд. функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк. E-mail: olgakorotenko@yandex.ru

**Участие авторов:** Коротенко О.Ю. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, написание текста; Филимонов Е.С. — сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Панев Н.И. — написание текста. 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 финансовой поддержки.

Поступила: 06.04.2021 / Принята к печати: 08.06.2022 / Опубликовано: 31.07.2022

Olga Yu. Korotenko, Egor S. Filimonov, Nikolay I. Panev

## Changes in the left ventricle in workers with long work experience of the coal and aluminum industry

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

**Introduction.** The leading role in the industrial structure of Kuzbass belongs to the coal and metallurgical industry associated with exposure to harmful production factors and high risks to the health of workers. The main pathogenetic factors triggering occupational and production-related diseases are hypoxic conditions potent of promoting changes in the heart structure and function.

**Materials and methods.** The study included one hundred sixteen miners and 84 workers in the main occupations of aluminum production. The average age of miners was  $47.63 \pm 0.33$  years, of workers in the aluminum production —  $48.41 \pm 0.53$  years,  $p = 0.191$ . Work experience in harmful working conditions in the study groups exceeded 20 years and did not differ significantly ( $p = 0.281$ ). All subjects underwent echocardiography according to the standard technique with automatic calculation of the global longitudinal deformity of the left ventricle.

**Results.** The left ventricular ejection fraction and its longitudinal deformation were lower in aluminum industry workers with arterial hypertension not only in comparison with metallurgists with normal blood pressure ( $p < 0.0001$ ), but also with miners with arterial hypertension ( $p = 0.015$ ). Longitudinal deformation of the left ventricle in aluminum workers without arterial hypertension was significantly lower than in miners with normal blood pressure ( $p = 0.0062$ ). The parameters of the diastolic function of the left ventricle changed in the study groups under the influence of arterial hypertension.

**Limitations.** This investigation is limited to a selection of workers in the main professions of the aluminum and coal industries undergoing periodic medical examinations at the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases.

**Conclusion.** A decrease in global longitudinal left ventricular myocardial deformation in miners and aluminum industry workers was associated with the presence of arterial hypertension and with the specifics of the main adverse production factors. The indices of left ventricular contractile function in aluminum industry workers were significantly lower compared to those in miners, regardless of the presence of arterial hypertension.

**Keywords:** coal industry; aluminum industry; structural and functional changes of the heart

**Compliance with ethical standards.** All subjects signed an informed consent to participate in the study, the protocol of which corresponded to the requirements of the bioethical committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, executed in accordance with the Helsinki Declaration of the World Medical Association "Ethical principles for conducting scientific medical researches involving humans" as amended in 2013 and the "Rules of Clinical Practice in the Russian Federation", approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 dated 19.06.2003.

**For citation:** Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Panev N.I. Changes in the left ventricle in workers with long work experience of the coal and aluminum industry. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(7): 759-764. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-759-764> <https://elibrary.ru/hezjpl> (in Russian)

**For correspondence:** Olga Yu. Korotenko, MD, PhD, head of the department for functional and ultrasound diagnostics of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: [olgakorotenko@yandex.ru](mailto:olgakorotenko@yandex.ru)

#### Information about the authors:

Korotenko O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-7158-4988> Filimonov E.S., <https://orcid.org/0000-0002-2204-1407> Panev N.I., <https://orcid.org/0000-0001-5775-2615>  
**Contribution:** Korotenko O.Yu. – the concept and design of the study, collection of material, writing a text; Filimonov E.S. – collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Panev N.I. – writing a text. 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: April 04, 2022 / Accepted: June 08, 2022 / Published: July 31, 2022

## Введение

Ведущая роль в промышленной структуре Кемеровской области принадлежит угольной и металлургической отраслям, в которых занята четверть экономически активного населения области [1, 2]. Обе эти отрасли характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих предельно допустимые уровни. На рабочих местах предприятий угольной промышленности отмечены повышенная концентрация угольно-породной пыли, наличие метана и других газов в воздухе, вибрационное воздействие на организм, перепады температур, повышенная влажность, охлаждающий микроклимат [3, 4]. В качестве основных опасных ингредиентов воздушной среды электролизных цехов алюминиевого производства выделяются фтористые соединения, оксиды алюминия, серы и углерода, пыль сложного состава, смолистые вещества, которые представляют серьезную угрозу здоровью работников [5].

Вредные условия труда создают значимый риск для развития как профессиональных, так и производственно обусловленных заболеваний [6, 7].

Во время диспансеризации работников алюминиевой промышленности большее внимание уделяется патологии опорно-двигательного аппарата вследствие доказанного отрицательного влияния фтора на ферментные системы, регулирующие фосфорно-кальциевый обмен. При этом соединения фтора участвуют в процессах гликолиза, окислительного цикла Кребса, транспорта электронов в дыхательной цепи митохондрий и системе окисления жирных кислот и аминокислот [8], что характеризует их воздействие как системный процесс. Среди наиболее значимых последствий воздействия фтора и алюминия выделяются нарушения различных видов обмена веществ, в том числе липидного [9].

Воздействие на организм шахтеров вредных производственных факторов, в первую очередь угольно-породной пыли, приводит не только к развитию профессиональной пылевой патологии лёгких, но и к изменениям в морфологии сосудистой стенки [10]. Одним из основных патогенетических факторов воздействия как угольно-породной пыли, так и фтористых соединений являются гипоксические состояния, которые могут приводить к изменениям структуры и функции сердца.

**Цель исследования** – изучить изменения левого желудочка у стажированных работников угольной и алюминиевой промышленности.

## Материалы и методы

В исследование были включены 116 работников угольных шахт (шахтеры) юга Кузбасса (проходчики, горнорабочие очистного забоя, машинисты горных выемочных машин) и 84 работника алюминиевого производства в возрастном диапазоне от 40 до 55 лет (электролизники, монтажники по ремонту ванн, анодчики, чистильщики), которые проходили обследование в рамках периодического медицинского осмотра в ФГБНУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» г. Новокузнецка. Средний возраст шахтеров –  $47,63 \pm 0,33$  года, работников алюминиевого производства –  $48,41 \pm 0,53$  года ( $p = 0,191$ ). Из исследования заранее были исключены пациенты с ишемической болезнью сердца, врожденными пороками сердца, нарушением ритма сердца, кардиомиопатиями.

Стаж работы во вредных производственных условиях в исследуемых группах составлял более 20 лет и значимо не различался:  $22,7 \pm 0,6$  у шахтеров и  $21,51 \pm 1,0$  у работников алюминиевой промышленности ( $p = 0,281$ ).

Артериальная гипертензия (АГ) устанавливалась согласно Клиническим рекомендациям по диагностике и лечению артериальной гипертензии 2019 г. и была выявлена у 54 (46,5%) шахтеров и у 42 (50%) работников алюминиевого производства ( $p = 0,630$ ). Все пациенты с АГ получали адекватную гипотензивную терапию. Так как АГ может оказывать влияние на структурно-функциональные изменения сердца, обследуемые каждой группы исследования (шахтеры и работники алюминиевой промышленности) были разделены на две подгруппы в зависимости от наличия/отсутствия АГ. Различий в подгруппах по возрасту (средний возраст шахтеров с АГ –  $48,15 \pm 0,49$  года, без АГ –  $47,17 \pm 0,45$  года ( $p = 0,15$ ); работников алюминиевого производства с АГ –  $48,85 \pm 0,73$  года, без АГ –  $47,97 \pm 0,77$  года ( $p = 0,410$ )) и стажу работы (у шахтеров с АГ –  $22,67 \pm 0,95$  года, без АГ –  $22,7 \pm 0,75$  года ( $p = 0,937$ ); у работников алюминиевой промышленности с АГ –  $22,89 \pm 1,18$  года, без АГ –  $19,83 \pm 1,74$  года ( $p = 0,142$ )) выявлено не было.

Всем обследуемым проводили эхокардиографическое исследование на ультразвуковом сканере Vivid E9 фирмы-производителя General Electric Company (США) с использованием секторального датчика 2,5 МГц по стандартной методике проведения трансторакальной эхокардиографии у взрослых [11] с автоматическим расчётом

Таблица 1 / Table 1

**Геометрические показатели левых отделов сердца у работников в зависимости от наличия артериальной гипертензии**  
**Geometric indices of the heart left parts in the workers depending on the presence of arterial hypertension**

Показатель Index	Шахтёры Miners		Работники алюминиевой промышленности Aluminum industry workers		<i>p</i> достоверность различия показателей у обследованных лиц обеих групп the reliability of the difference in indices of the examined subjects of both groups	
	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 62	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 54	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension	без АГ without arterial hypertension
ИКДО, мл/м <sup>2</sup> Index of end-diastolic volume, mL/m <sup>2</sup>	55.71 ± 0.98	55.49 ± 1.19	55.72 ± 1.19	55.77 ± 0.95	0.285	0.190
	<i>p</i> = 0.888		<i>p</i> = 0.970			
ОТМЛЖ Relative thickness of the left ventricular myocardium	0.37 ± 0.005	0.39 ± 0.005	0.37 ± 0.007	0.41 ± 0.009	0.065	0.719
	<i>p</i> = 0.033		<i>p</i> = 0.0068			
ИС Sphericity index	0.605 ± 0.006	0.602 ± 0.006	0.6 ± 0.006	0.594 ± 0.006	0.355	0.816
	<i>p</i> = 0.712		<i>p</i> = 0.319			
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup> Left ventricular myocardial mass index, g/m <sup>2</sup>	78.61 ± 1.53	85.11 ± 2.34	74.59 ± 2.15	88.16 ± 2.76	0.400	0.120
	<i>p</i> = 0.0189		<i>p</i> < 0.0001			
ЛП, см Left atrium, cm	3.55 ± 0.04	3.61 ± 0.037	3.44 ± 0.048	3.73 ± 0.047	0.056	0.079
	<i>p</i> = 0.280		<i>p</i> < 0.00001			
ИЛП, мл/м <sup>2</sup> Left atrium index, mL/m <sup>2</sup>	31.58 ± 1.02	31.47 ± 1.06	28.43 ± 0.92	30.73 ± 0.98	0.618	0.033
	<i>p</i> = 0.939		<i>p</i> = 0.092			

глобальной продольной деформации левого желудочка (GLS) с помощью технологии Speckle tracking и программного обеспечения Aperio ImageScope (Leica Biosystems Imaging, Inc., США) [12]. Нормальными значениями GLS считали  $18,6 \pm 0,1\%$  [13]. Также систолическую функцию левого желудочка (ЛЖ) оценивали с помощью тканевой доплерографии, а именно по максимальной скорости систолического пика S в продольном сечении, которая в норме должна превышать 8 см/с.

Диастолическую функцию ЛЖ оценивали в импульсном режиме доплер-эхокардиографии в верхушечном 4-камерном сечении и с помощью импульсно-волнового спектрального режима тканевой доплерографии. Определяли скорости трансмитральных потоков в раннюю и позднюю диастолу (E, A, м/с), их соотношение (E/A), время изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT), время замедления потока E (DT), движение миокарда в области межжелудочковой перегородки (МЖП) и латеральной стенки ЛЖ в раннюю (Ea) диастолу, в позднюю диастолу (Aa) и их отношение.

Данные обработаны программой Statistica версии 10.0, с помощью критерия Колмогорова–Смирнова изучали нормальность распределения признаков; количественные значения оценивали с помощью средней и её стандартной ошибки ( $M \pm SEM$ ); параметрические показатели рассчитывали с применением *t*-критерия Стьюдента, непараметрические –  $\chi^2$  Пирсона, значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

Все обследуемые дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария». Протокол исследования соответствовал требованиям биоэтического комитета ФГБНУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», исполненным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской

Федерации», утверждёнными приказом Минздрава России № 266 от 19.06.2003 г.

## Результаты

Данные табл. 1 свидетельствуют о влиянии АГ на геометрические показатели ЛЖ у всех обследованных. У лиц с повышенным артериальным давлением (АД) развивалось концентрическое ремоделирование ЛЖ: значения относительной толщины миокарда ЛЖ (ОТМЛЖ) и индекса массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ) оказались значимо больше в сравниваемых группах в зависимости от наличия АГ ( $p < 0,01$ ), тогда как показатели индекса конечно-диастолического объёма (ИКДО) и индекса сферичности (ИС) ЛЖ в указанных группах значимо не различались.

Различий между геометрическими показателями ЛЖ в группах шахтёров и работников алюминиевого производства как без АГ, так и с повышенным АД получено не было.

Переднезадний размер левого предсердия (ЛП) у работников алюминиевой промышленности с АГ имел большее значение ( $p < 0,00001$ ) в сравнении с лицами с нормальным АД, различий по показателю индекса объёма ЛП (ИЛП) получено не было. Однако у обследованных лиц с АГ ИЛП оказался значимо больше среди горняков по сравнению с работниками металлургического производства ( $p = 0,033$ ) (см. табл. 1).

В отличие от геометрических показателей параметры сократительной функции ЛЖ значимо различались не только под влиянием АГ. Фракция выброса (ФВ) ЛЖ была ниже у работников металлургической промышленности с АГ в сравнении не только с работниками алюминиевого производства без АГ, но и с шахтёрами с АГ. Продольная деформация ЛЖ у горняков и работников алюминиевой промышленности с АГ оказалась значимо ниже, чем у тех и других без АГ. Обращает на себя внимание и то, что GLS достоверно различался между основными группами как с АГ, так и с нормальным АД. Средняя скорость движения митрального

Таблица 2 / Table 2

**Показатели сократительной функции левого желудочка у работников в зависимости от наличия артериальной гипертензии**  
**Indices of the left ventricle contractile function in the workers depending on the presence of arterial hypertension**

Показатель Index	Шахтёры Miners		Работники алюминиевой промышленности Aluminum industry workers		<i>p</i> достоверность различия показателей у обследованных лиц обеих групп the reliability of the difference in indices of the examined subjects of both groups	
	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 62	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 54	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension	без АГ without arterial hypertension
ФВ, % Ejection fraction, %	65.66 ± 0.78	66.21 ± 0.73	68.13 ± 0.82	63.65 ± 0.67	0.015	0.037
	<i>p</i> = 0.620		<i>p</i> < 0.0001			
GLS, % Global longitudinal strain, %	20.63 ± 0.27	19.25 ± 0.31	19.49 ± 0.29	18.15 ± 0.27	0.014	0.0062
	<i>p</i> = 0.001		<i>p</i> = 0.0013			
S, см/с Maximum systolic peak velocity, cm/s	0.102 ± 0.004	0.098 ± 0.006	0.083 ± 0.002	0.08 ± 0.002	0.0012	0.00007

кольца была достоверно меньше у работников алюминиевого производства в сравнении с шахтёрами вне зависимости от наличия АГ. Снижение продольной деформации ЛЖ было выявлено у 42,6% шахтёров с АГ против 14,5% шахтёров без АГ (*p* = 0,00074). Аналогичные изменения получены и у работников алюминиевого производства: 44,1% с АГ и 26,8% без АГ (*p* = 0,014). Различий между основными группами с АГ (*p* = 0,282) и с нормальным АД (*p* = 0,122) выявлено не было (табл. 2).

В группе шахтёров установлены значимые различия показателей диастолической функции ЛЖ (Е ЛЖ, Е/А ЛЖ, Еа/Аа ЛЖ, DT, IVRT) в зависимости от наличия АГ. У работников алюминиевой промышленности такой чёткой связи выявлено не было, за исключением таких параметров, как Еа/Аа ЛЖ, DT, IVRT. У шахтёров и работников

металлургического производства с нормальным АД параметры диастолической функции не различались. Значимо различался только показатель времени изволюмического расслабления ЛЖ в группах как с АГ (*p* = 0,003), так и между группами с нормальным АД (*p* = 0,029) (табл. 3).

У обследуемых лиц диагностировалась сохранённая диастолическая функция либо её нарушение по 1-му типу, то есть по типу нарушения релаксации ЛЖ с нормальным давлением в ЛП. В группе шахтёров диастолическая дисфункция (ДД) была выявлена у 40,7% горняков с АГ и у 12,9% лиц с нормальным АД (*p* = 0,0006). Схожая тенденция прослеживалась и в группе работников алюминиевой промышленности: 53,6% с АГ и 26,3% без АГ (*p* = 0,0106). Различий по наличию ДД между группами с АГ (*p* = 0,211) и нормальным АД (*p* = 0,085) получено не было.

Таблица 3 / Table 3

**Диастолические показатели левого желудочка у работников в зависимости от наличия артериальной гипертензии**  
**Diastolic indices of the left ventricle in the workers depending on the presence of arterial hypertension**

Показатель Index	Шахтёры Miners		Работники алюминиевой промышленности Aluminum industry workers		<i>p</i> достоверность различия показателей у обследованных лиц обеих групп the reliability of the difference in indices of the examined subjects of both groups	
	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 62	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 54	без АГ without arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension <i>n</i> = 42	с АГ with arterial hypertension	без АГ without arterial hypertension
Е, м/с Earle diastole, m/s	0.78 ± 0.02	0.71 ± 0.022	0.744 ± 0.025	0.689 ± 0.023	0.592	0.288
	<i>p</i> = 0.0187		<i>p</i> = 0.107			
Е/А Early diastole/Late	1.2 ± 0.04	0.95 ± 0.03	1.093 ± 0.047	0.974 ± 0.045	0.616	0.095
	<i>p</i> < 0.000001		<i>p</i> = 0.071			
IVRT, мс Isovolumic relaxation time, мс	83.01 ± 1.28	88.94 ± 1.71	87.95 ± 1.94	97.07 ± 2.09	0.003	0.029
	<i>p</i> = 0.0059		<i>p</i> = 0.00195			
DT, мс Deceleration Flow time, ms	180.81 ± 3.13	194.28 ± 4.28	184.92 ± 4.67	198.09 ± 3.58	0.512	0.447
	<i>p</i> = 0.0109		<i>p</i> = 0.028			
Еа/Аа Early diastole/Late diastole	1.09 ± 0.048	0.907 ± 0.036	1.028 ± 0.051	0.85 ± 0.05	0.373	0.396
	<i>p</i> = 0.0038		<i>p</i> = 0.017			
Е/Еа Early diastole/Late diastole	8.02 ± 0.264	7.79 ± 0.36	7.58 ± 0.242	8.34 ± 0.318	0.257	0.308
	<i>p</i> = 0.593		<i>p</i> = 0.060			

## Обсуждение

Данное исследование лимитировано выборкой работников основных профессий алюминиевой и угольной промышленности, проходящих периодический медицинский осмотр в НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний.

Различий в частоте АГ у работников угольной и алюминиевой промышленности выявлено не было, что соответствовало уровню общероссийских показателей [14].

В обследованных группах с АГ диагностирована нормальная геометрия ЛЖ или изменение её по типу концентрического ремоделирования (ОТМЛЖ превышал 0,42, а ИММЛЖ находился в пределах нормальных значений), что подтверждается литературными данными [15] и может указывать на эффективную гипотензивную терапию.

Показатели сократительной функции ЛЖ значимо различались не только при наличии АГ, но и между группами с нормальным АД. Так, ФВ ЛЖ и GLS были ниже у работников алюминиевой промышленности с АГ не только в сравнении с металлургами без АГ, но и с шахтёрами с АГ. Продольная деформация ЛЖ у работников алюминиевого производства без АГ была достоверно ниже, чем у шахтёров с нормальным АД. Нарушение продольной деформации миокарда ЛЖ является наиболее ранним маркером нарушения сократительной функции, ещё до снижения ФВ [16]. Согласно современным рекомендациям Американского общества по эхокардиографии и Европейского общества по сердечно-сосудистой визуализации, вместе с определением ФВ ЛЖ необходимо рассчитывать и продольную деформацию ЛЖ [17].

Снижение продольной деформации ЛЖ у шахтёров и работников алюминиевой промышленности без диагностированной АГ можно объяснить влиянием вредных производственных факторов. Так, под влиянием угольно-породной пыли происходят морфологические изменения в кардиомиоцитах, а именно включение липофусцина, их гипертрофия и появление очаговых лимфогистиоцитарных инфильтраций, что усугубляется с увеличением стажа работы [18]. В эксперименте был показан токсический эффект воздействия фторидов на миокард и коронарные сосуды [19].

Более выраженные изменения со стороны продольной сократимости миокарда у работников металлургического производства можно объяснить некоторым различием патогенетического ответа на воздействие основных повреждающих факторов. Гипоксические состояния являются главными факторами патогенеза воздействия высоких концентраций фтора и угольно-породной пыли на организм, но существуют и различия в клеточном ответе на их длительное воздействие. При воздействии угольно-породной пыли гипоксическая компонента подтверждается увеличением активности сукцинатдегидрогеназы и  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназы в лейкоцитах экспериментальных животных в отличие от воздействия фтора, при котором происходит нарушение энергетического обмена и тканевая гипоксия, которая выражается в отсутствии активации сукцинатоксидазного пути окисления субстратов и снижении активности цитоплазматической и митохондриальной  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназы [20].

Параметры диастолической функции левого желудочка изменялись в обследуемых группах под влиянием артериальной гипертензии, что согласуется с данными литературы [21].

Таким образом, влияние вредных производственных факторов, в том числе на клеточном уровне, предрасполагает к развитию сократительной дисфункции миокарда ЛЖ, более выраженной у работников алюминиевой промышленности. Раннее выявление нарушений систолической функции ЛЖ у данной категории лиц необходимо для стратификации риска, определения тактики лечения и профилактики временной и стойкой утраты трудоспособности.

## Заключение

Снижение глобальной продольной деформации миокарда левого желудочка у шахтёров и работников алюминиевой промышленности ассоциировалось с наличием артериальной гипертензии и со спецификой основных неблагоприятных производственных факторов.

Показатели сократительной функции левого желудочка у работников алюминиевой промышленности оказались значимо ниже в сравнении с аналогичными показателями у шахтёров вне зависимости от наличия артериальной гипертензии.

## Литература

- 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>
- 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.
- Смирнякова В.В. Оценка условий труда работников угольной промышленности. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук.* 2015; (6–4): 98–100.
- 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.
- Шаяхметов С.Ф., Мешакова Н.М., Лисецкая Л.Г., Меринов А.В., Журба О.М., Алексеенко А.Н. и др. Гигиенические аспекты условий труда в современном производстве алюминия. *Гигиена и санитария.* 2018; 97(10): 899–904. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904>
- 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>
- Мешакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Рукавишников В.С., Меринов А.В. Оценка профессионального риска здоровью работников основных профессий алюминиевого производства. *Гигиена и санитария.* 2020; 99(10): 1106–11. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1106-1111>
- Измеров Н.Ф. *Профессиональная патология. Национальное руководство.* М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.
- Обухова Т.Ю., Будкар Л.Н., Терешина Л.Г., Карпова Е.А. Диссоциация нарушений углеводного и липидного обмена у рабочих алюминийного производства по данным медицинского осмотра. *Гигиена и санитария.* 2015; 94(2): 67–9.
- Бондарев О.И., Бугаева М.С., Михайлова Н.Н. Патоморфология сосудов сердечной мышцы у работников основных профессий угольной промышленности. *Медицина труда и промышленная экология.* 2019; 59(6): 335–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-6-335-341>
- Алехин М.Н., Бартош-Зелена С.Ю., Берестень Н.Ф., Бошенко А.А., Врублевский А.В., Глазун Л.О. и др. Стандартизация проведения трансторакальной эхокардиографии у взрослых: консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ) и Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики (РАСФД). *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2021; (2): 63–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-2-63-79>
- 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>
- Науменко Е.П., Адзерихо И.Э. Тканевая доплерография: принципы и возможности метода (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии.* 2012; (4): 17–22.
- Бадин Ю.В., Фомин И.В., Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Поляков Д.С. и др. ЭПОХА-АГ 1998–2017 гг.: динамика распространенности, информированности об артериальной гипертензии, охват терапии и эффективного контроля артериального давления в Европейской части РФ. *Кардиология.* 2019; 59(15): 34–42. <https://doi.org/10.18087/cardio.2445>
- Чазова И.Е., Ощепкова Е.В., Жернакова Ю.В. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Клинические рекомендации. *Кардиологический вестник.* 2015; 10(1): 3–30.
- Алехин М.Н. Клиническое использование показателей продольной систолической деформации левого желудочка сердца. *Кремлёвская медицина. Клинический вестник.* 2017; (4–1): 101–11.

17. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo 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>
18. Михайлова Н.Н., Бугаева М.С., Бондарев О.И., Шавцова Г.М. Системные морфологические изменения, ассоциированные с динамикой развития пневмокониоза. *Медицина в Кузбассе*. 2017; 16(4): 68–73.
19. Ядыкина Т.К., Коротенко О.Ю., Панев Н.И., Семенова Е.А., Жукова А.Г., Михайлова Н.Н. Клинико-экспериментальные исследования особенно-

- стей формирования сердечно-сосудистых нарушений в условиях фтористой интоксикации организма. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(6): 375–80. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-375-380>
20. Жукова А.Г., Уланова Е.В., Фоменко Д.В., Казицкая А.С., Ядыкина Т.К. Специфичность клеточного ответа на действие различных производственных токсикантов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; (7): 23–6.
21. Горшенина Е.И., Веряскина О.Н., Тугушева В.А. Ремоделирование левого желудочка у больных гипертонической болезнью. *Бюллетень науки и практики*. 2019; 5(5): 89–95. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/12>

## References

1. Ryabov V.A., Stolbova O.B. Modern industrial complex of the Kemerovo oblast. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, tekhnicheskie nauki i nauki o Zemle*. 2017; (3): 41–6. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-3-41-46> (in Russian)
2. Serebryakov E.V., P'yankova 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)
3. Smirnyakova V.V. Assessment of working conditions of coal industry workers. *Aktual'nye 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. Shayakhmetov S.F., Meshchakova N.M., Lisetskaya L.G., Merinov A.V., Zhurba O.M., Alekseenko A.N., et al. Hygienic aspects of working conditions in the modern production of aluminum. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(10): 899–904. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904> (in Russian)
6. 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. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018; (3): 94–103. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.10> (in Russian)
7. Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Rukavishnikov V.S., Merinov A.V. Assessment of occupational health risk for employees of the main occupations of aluminum production. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(10): 1106–11. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1106-1111> (in Russian)
8. Izmerov N.F. *Occupational Pathology. National Guidelines [Professional'naya patologiya. Natsional'noe rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian)
9. Obukhova T.Yu., Budkar L.N., Tereshina L.G., Karpova E.A. Dissociation of disorders of carbohydrate and lipid metabolism in aluminum industry workers according to medical examination data. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 67–9. (in Russian)
10. Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Mikhaylova 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)
11. Alekhin M.N., Bartosh-Zelenaya S.Yu., Beresten N.F., Boshchenko A.A., Vrublevskiy A.V., Glazun L.O., et al. Standardization of transthoracic echocardiography in adults: an expert consensus statement from the Russian association of specialists in ultrasound diagnostics in medicine (RASUDM) and the Russian association of specialists in functional diagnostics (RASFD). *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2021; (2): 63–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-2-63-79> (in Russian)
12. 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>
13. Naumenko E.P., Adzerikho I.E. Doppler tissue imaging: principles and possibilities of the method (literature review). *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2012; (4): 17–22. (in Russian)
14. Badin Yu.V., Fomin I.V., Belenkov Yu.N., Mareev V.Yu., Ageev F.T., Polyakov D.S., et al. Dynamics of prevalence, awareness of arterial hypertension, treatment coverage, and effective control of blood pressure in the European part of the Russian Federation. *Kardiologiya*. 2019; 59(15): 34–42. <https://doi.org/10.18087/cardio.2445> (in Russian)
15. Chazova I.E., Oshchepkova E.V., Zhernakova Yu.V. Diagnostics and treatment of arterial hypertension. Clinical guidelines. *Kardiologicheskiy vestnik*. 2015; 10(1): 3–30. (in Russian)
16. 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)
17. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo 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>
18. Mikhaylova N.N., Bugaeva M.S., Bondarev O.I., Shavtsova G.M. Systemic morphological changes associated with the dynamics of pneumoconiosis. *Meditsina v Kuzbasse*. 2017; 16(4): 68–73. (in Russian)
19. Yadykina T.K., Korotenko O.Yu., Panev N.I., Semenova E.A., Zhukova A.G., Mikhaylova N.N. Clinical and experimental studies of cardiovascular disorders in the conditions of fluoride intoxication of the body. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(6): 375–80. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-375-380> (in Russian)
20. Zhukova A.G., Ulanova E.V., Fomenko D.V., Kazitskaya A.S., Yadykina T.K. Specificity of cellular response to various occupational toxicants. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2011; (7): 23–6. (in Russian)
21. Gorshenina E.I., Veryaskina O.N., Tugusheva V.A. Remodeling of the left ventricle in hypertensive patients. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2019; 5(5): 89–95. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/12> (in Russian)