

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

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

Структурно-функциональные особенности и показатели деформации левого желудочка у работников угольной промышленности в зависимости от наличия артериальной гипертензии

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

Введение. Угольная отрасль занимает важное место в промышленности Кузбасса, в которую вовлечена значимая часть трудоспособного населения. Раннее выявление у работников угольной промышленности снижения сократительной способности миокарда, развивающееся в результате артериальной гипертензии, позволит предупреждать развитие сердечно-сосудистых осложнений, которые могут привести к утрате трудоспособности или летальным исходам.

Цель исследования – провести оценку структурно-функциональных показателей левого желудочка у работников с артериальной гипертензией и без неё, занятых на предприятиях угольной промышленности с различным способом добычи угля.

Материал и методы. В исследование включены 178 работников угольных шахт и 112 работников угольных разрезов в возрасте от 40 до 55 лет. Всем обследуемым проводилась эхокардиография с определением геометрических и функциональных показателей левого желудочка и оценкой его глобальной продольной деформации.

Результаты. У работников угольных разрезов, страдающих артериальной гипертензией, выявлено концентрическое ремоделирование левого желудочка. Его фракция выброса во всех группах была в пределах нормальных значений, но оказалась ниже у работников разрезов с артериальной гипертензией ($p = 0,012$). Глобальная продольная деформация левого желудочка оказалась значимо меньше у лиц с артериальной гипертензией ($p < 0,0001$). В группах с нормальным артериальным давлением она была значимо ниже у шахтёров, чем у работников разрезов ($p = 0,020$).

Заключение. Концентрическое ремоделирование миокарда левого желудочка выявлено только у работников угольных разрезов с артериальной гипертензией. У шахтёров и работников угольных разрезов с артериальной гипертензией с нормальной фракцией выброса левого желудочка регистрировали снижение продольной деформации миокарда левого желудочка. Среди работников угольной промышленности без артериальной гипертензии отмечено снижение продольной деформации левого желудочка лишь у шахтёров, что может быть обусловлено влиянием комплекса вредных факторов работы в подземных условиях.

Ключевые слова: продольная деформация левого желудочка; гипертрофия миокарда; угольная промышленность; артериальная гипертензия.

Для цитирования: Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Панев Н.И., Блажина О.Н. Структурно-функциональные особенности и показатели деформации левого желудочка у работников угольной промышленности в зависимости от наличия артериальной гипертензии. Гигиена и санитария. 2020; 99 (7): 693-698. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-693-698>

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Коротенко О.Ю.; сбор и обработка материала – Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Блажина О.Н.; статистическая обработка – Филимонов Е.С.; написание текста – Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Панев Н.И.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 19.03.2020

Принята к печати 24.04.2020

Опубликована 28.08.2020

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

Structural and functional features and indices of left ventricular deformation in coal industry workers depending on the presence of arterial hypertension

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

Introduction. The coal industry occupies an important place in the Kuzbass industry, which involves a significant part of the employable-age population. Early detection of reduced myocardial contractility among coal industry workers, which develops as a result of arterial hypertension, will prevent the development of cardiovascular complications that can lead to disability or lethal outcome.

The objective of the study was to evaluate the structural and functional parameters of the left ventricle in workers with and without arterial hypertension employed in coal industry enterprises with different methods of coal mining.

Material and methods. The study included 178 coal mine workers and 112 open-pit coal mine workers aged from 40 to 55 years. All subjects underwent echocardiography to determine the geometric and functional parameters of the left ventricle and to assess its global longitudinal deformation.

Results. Concentric remodeling of the left ventricle was revealed in open-pit coal mine workers with arterial hypertension. Its ejection fraction in all groups was within normal values but was lower in open pit coal mine workers with arterial hypertension ($p=0.012$). The global longitudinal strain of the left ventricle was significantly less in individuals with arterial hypertension ($p<0.0001$). In groups with normal blood pressure, it was significantly lower among miners than in open-pit coal mine workers ($p=0.020$).

Conclusion. Concentric remodeling of the left ventricular myocardium was detected only in the workers of coal mines with arterial hypertension. Among the miners and open-pit coal mine workers with arterial hypertension with a normal left ventricular ejection fraction, a decrease

in the longitudinal deformation of the left ventricular myocardium was recorded. Among the workers of the coal industry without arterial hypertension, a decrease in the longitudinal strain of the left ventricle was observed only in miners, which may be due to the influence of a complex of harmful factors of working in underground conditions.

К е у в о р д с : longitudinal deformation of the left ventricle; myocardial hypertrophy; coal industry; arterial hypertension.

For citation: Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Panev N.I., Blazhina O.N. Structural and functional features and indices of left ventricular deformation in coal industry workers depending on the presence of arterial hypertension. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (7): 693-698. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-693-698> (In Russian)

For correspondence: Olga Yu. Korotenko, MD, Ph.D., head of the department for functional and ultrasound diagnostics, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: 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>; Blazhina O.N., <https://orcid.org/0000-0002-0121-2246>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Korotenko O.Yu. – concept and design of the study Collection and processing of the material, writing the text. Filimonov E.S. – collection and processing of the material, statistical processing, writing the text. Blazhina O.N. – collection and processing of the material. Panev N.I. – writing the text. All co-authors – approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript -

Received: March 19, 2020

Accepted: April 24, 2020

Published: August 28, 2020

Введение

Кузнецкий угольный бассейн – самое крупное в мире месторождение угля. На долю Кузбасса приходится 56% процентов каменного и около 77% коксующегося угля, добытого в Российской Федерации. К основным способам его добычи относятся карьерный, или разрезный, и шахтный, выбор которых зависит от глубины залегания пласта полезного ископаемого и его доступности. Фонд действующих угледобывающих предприятий России составляет 172 предприятия, из которых 58 шахт и 114 разрезов [1]. На предприятиях угольной отрасли (шахтах, разрезах) условия труда на рабочих местах характеризуются наличием целого ряда общих факторов, оказывающих вредное влияние на организм человека. К ним относятся: угольно-породная пыль, шум, вибрация, резкие перепады температур и т. д. [2]. Однако главным отличием условий труда у работников разрезов и шахт является наличие у последних более выраженной концентрации угольно-породной пыли в воздухе, его повышенной влажности вследствие технического водопотребления, охлаждающего микроклимата, необходимости работы в вынужденной позе, недостаточной освещённости, присутствия метана и других газов в воздухе рабочей зоны.

Артериальная гипертензия (АГ) относится к одним из наиболее распространённых хронических неспецифических заболеваний, которым страдают не менее 40% взрослого населения России, и является одной из ведущих причин инвалидизации и смертности. Не менее 30% всех смертельных исходов, по данным ВОЗ, признаются осложнениями АГ, в том числе и развитие сердечной недостаточности [3]. Длительное повышение артериального давления (АД) приводит к поражению органов-мишеней и развитию сердечно-сосудистых осложнений, в первую очередь к развитию гипертрофии миокарда и его дисфункции. Наличие последних увеличивает вероятность возникновения различных нарушений ритма сердца, в том числе и жизнеугрожающих, и как следствие возрастает летальность на производстве. Вместе с тем нарушаются и структурные компоненты сердца, изменяются его полостные объёмы, что может приводить к нарушению внутрисердечной гемодинамики. С внедрением в практику метода определения глобальной продольной деформации миокарда посредством ультразвуковой диагностики, который менее зависим от оператора и более воспроизводим, стало возможным выявление систолической дисфункции левого желудочка до снижения его фракции выброса [4, 5]. В связи с этим раннее выявление данного вида изменения сократительной способности миокарда у работников угольной промышленности с целью последующей профилактики

сердечно-сосудистых заболеваний, и в том числе внезапной сердечной смерти, является актуальным.

Цель исследования – провести оценку структурно-функциональных показателей левого желудочка у работников с артериальной гипертензией и без неё, занятых на предприятиях угольной промышленности с различным способом добычи угля.

Материал и методы

В исследование включены 290 человек, проходивших периодический медицинский осмотр в НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КППЗ), из которых 178 работников угольных шахт юга Кузбасса (проходчики, горнорабочие очистного забоя, машинисты горных выемочных машин) и 112 – работники угольных разрезов (водители большегрузных автомобилей, занятых транспортированием горной массы, и машинисты техники, предназначенной для добычи угля открытым способом (экскаваторов, бульдозеров)), в возрастном диапазоне от 40 до 55 лет (средний возраст группы шахтёров – $46,38 \pm 0,4$ года, группы работников угольных разрезов – $46,89 \pm 0,3$ года, $p = 0,376$). Критериями исключения из исследования являлись наличие ишемической болезни сердца, фибрилляции предсердий, врождённых пороков сердца, кардиомиопатий, отказ обследуемого от исследования.

Диагностика АГ проводилась в соответствии с «Клиническими рекомендациями «Артериальная гипертензия у взрослых»», утверждёнными Минздравом России (2019).

Для оценки структурно-функционального состояния сердца всем обследуемым проводилось эхокардиографическое обследование на ультразвуковой системе «Vivid E9» фирмы-производителя General Electric с использованием секторального датчика 2,5 МГц. Для изучения геометрических показателей и определения типов ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) определялись толщина стенок ЛЖ (межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки (ЗСЛЖ)), объёмные показатели ЛЖ (конечно-диастолический размер и объём (КДР, КДО), конечно-систолический объём (КСО) и ударный объём (УО)) с последующим расчётом индекса относительной толщины миокарда ЛЖ (ОТМЛЖ) по формуле:

$$\text{ОТМЛЖ} = (\text{МЖП} + \text{ЗСЛЖ}) / \text{КДР ЛЖ}$$

Масса миокарда ЛЖ (ММЛЖ) рассчитывалась по формуле R. Devereux и индексировалась к площади поверхности тела (ППТ) для определения индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ). На основании ОТМЛЖ и ИММЛЖ

Т а б л и ц а 1

Структурные показатели левого желудочка в зависимости от наличия артериальной гипертензии ($M \pm m$)

Показатель	Подземная добыча угля		Открытая добыча угля		p
	без артериальной гипертензии, n = 104	с артериальной гипертензией, n = 74	без артериальной гипертензии, n = 65	с артериальной гипертензией, n = 47	
Конечно-диастолический размер, см	4,84 ± 0,03	4,88 ± 0,05	4,83 ± 0,04	4,86 ± 0,05	p ¹ = 0,772 p ² = 0,950
	p = 0,358		p = 0,594		
Индекс конечно-диастолический размера, см	2,42 ± 0,018	2,37 ± 0,029	2,38 ± 0,024	2,24 ± 0,024	p ¹ = 0,0014 p ² = 0,285
	p = 0,193		p < 0,0001		
Конечно-диастолический объём, мл	110,06 ± 1,58	114,2 ± 2,08	110,5 ± 1,97	111,4 ± 2,55	p ¹ = 0,40 p ² = 0,865
	p = 0,108		p = 0,768		
Индекс конечно-диастолический объём, мл/м ²	54,83 ± 0,73	55,34 ± 0,99	54,64 ± 1,43	50,4 ± 1,36	p ¹ = 0,008 p ² = 0,901
	p = 0,673		p = 0,037		
Межжелудочковая перегородка, см	0,92 ± 0,012	1,04 ± 0,017	0,96 ± 0,013	1,12 ± 0,028	p ¹ = 0,008 p ² = 0,045
	p < 0,0001		p < 0,0001		
Задняя стенка левого желудочка, см	0,88 ± 0,008	0,97 ± 0,014	0,91 ± 0,01	1,06 ± 0,02	p ¹ = 0,0003 p ² = 0,007
	p < 0,0001		p < 0,0001		
Относительная толщина миокарда левого желудочка	0,37 ± 0,004	0,40 ± 0,007	0,38 ± 0,005	0,44 ± 0,011	p ¹ = 0,0012 p ² = 0,095
	p < 0,0001		p < 0,0001		
Масса миокарда левого желудочка, г	151,41 ± 2,45	178,42 ± 3,94	158,9 ± 3,25	199,1 ± 7,05	p ¹ = 0,007 p ² = 0,062
	p < 0,0001		p < 0,0001		
Индекс массы миокарда левого желудочка, г/м ²	75,67 ± 1,17	87,42 ± 1,90	77,78 ± 1,32	90,92 ± 2,85	p ¹ = 0,290 p ² = 0,245
	p < 0,0001		p < 0,0001		
Левое предсердие, см	3,49 ± 0,03	3,66 ± 0,037	3,48 ± 0,03	3,76 ± 0,053	p ¹ = 0,124 p ² = 0,844
	p = 0,0003		p < 0,0001		
Индекс левого предсердия, мл/м ²	30,42 ± 0,71	32,07 ± 0,87	27,8 ± 0,62	29,65 ± 1,10	p ¹ = 0,088 p ² = 0,012
	p = 0,144		p = 0,125		

Примечание. Здесь и в табл. 2: p¹ – достоверность различия показателей у обследованных двух групп с наличием артериальной гипертензии; p² – достоверность различия показателей у обследованных двух групп без артериальной гипертензии.

определялись типы ремоделирования ЛЖ: нормальная геометрия ЛЖ (ОТМЛЖ < 0,42 и ИММЛЖ в пределах нормы), концентрическое ремоделирование (ОТМЛЖ > 0,42 при нормальном ИММЛЖ), концентрическая гипертрофия (ОТМЛЖ > 0,42 при увеличенном ИММЛЖ). Фракция выброса (ФВ) ЛЖ и фракция укорочения (ФУ) оценивались с помощью формулы Тейхольца [6]. Оценка глобальной продольной деформации миокарда ЛЖ (GLS) производилась в В-режиме с помощью технологии speckle tracking и программного обеспечения «AFI» из апикальной позиции в трёх проекциях: четырёх- и двухкамерной и по длинной оси ЛЖ, с обязательной регистрацией электрокардиограммы [7]. Автоматически рассчитывалась глобальная деформация ЛЖ в продольном направлении по формуле:

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

За норму принимались значения GLS для ультразвуковой системы General Electric: $-21,3 \pm 2,1\%$ [8].

Также определяли переднезадний размер левого предсердия (ЛП) из парастернального доступа по длинной оси ЛЖ и объём ЛП из верхушечной проекции, который в последующем индексировали к ППТ для расчёта индекса ЛП (ИЛП).

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакета программ Statistica 10.0, нормальность распределения признаков оценивалась по критерию Шапиро–Уилка, статистическая значимость параметрических значений изучалась с использованием *t*-критерия Стьюдента, непараметрических – χ^2 Пирсона, значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Все пациенты перед проводимым обследованием подписывали информированное согласие на участие в исследовании, протокол которого соответствовал требованиям биоэтического комитета НИИ КППГЗ, исполненным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека»

Функциональные показатели левого желудочка в зависимости от наличия артериальной гипертензии ($M \pm m$)

Показатель	Подземная добыча угля		Открытая добыча угля		p
	без артериальной гипертензии, n = 104	с артериальной гипертензией, n = 74	без артериальной гипертензии, n = 65	с артериальной гипертензией, n = 47	
Фракция выброса левого желудочка, %	65,12 ± 0,53	65,47 ± 0,62	66,81 ± 0,59	64,46 ± 0,69	p ¹ = 0,289 p ² = 0,059
	p = 0,663		p = 0,012		
Глобальная продольная деформация миокарда левого желудочка (GLS), %	20,77 ± 0,21	19,41 ± 0,27	21,61 ± 0,29	19,39 ± 0,33	p ¹ = 0,960 p ² = 0,020
	p < 0,0001		p < 0,0001		

с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г.

Результаты

Частота АГ у шахтёров составила 41,7% и значимо не отличалась от таковой среди работников разрезов – 42,2%, $p = 0,926$.

При сравнении ППТ у пациентов исследуемых групп выявлено достоверное различие с более низкими значениями этого показателя у шахтёров ($2,04 \pm 0,01$ и $2,1 \pm 0,02$ соответственно, $p = 0,002$).

Параметры КДР и КДО во всех группах как с наличием АГ, так и без неё значимо не различались, однако ИКДР и ИКДО были значимо больше в группе шахтёров с АГ, чем у работников разрезов с повышенным артериальным давлением (АД), $p = 0,0014$ и $p = 0,008$ соответственно. Среди лиц с повышенным АД, занятых на открытой добыче угля, ИКДР оказался меньше в сравнении с показателями в аналогичной группе, но не имеющих АГ ($p < 0,0001$). На толщину МЖП, ЗСЛЖ и индекс ОТСЛЖ в исследуемых когортах АГ оказывала значимое влияние, но следует отметить, что МЖП и ЗСЛЖ были больше у работников угольных разрезов в сравнении с шахтёрами как при наличии АГ ($p = 0,008$ и $p = 0,0003$), так и в группах без АГ ($p = 0,045$ и $p = 0,007$ соответственно), а ОТСЛЖ значимо увеличена у работников разрезов с АГ в сравнении с шахтёрами с АГ ($p < 0,0001$). ММЛЖ и ИММЛЖ также различались в сравниваемых группах в зависимости от наличия АГ ($p < 0,0001$), при этом ММЛЖ без индексации к ППТ была больше у работников разрезов с АГ, чем во всех остальных когортах. То есть у работников угольных разрезов с наличием АГ чаще развивалось концентрическое ремоделирование ЛЖ, в остальных группах был нормальный тип геометрии ЛЖ.

Переднезадний размер ЛП у всех работников угольной промышленности с АГ ожидаемо имел большее значение ($p < 0,05$) в сравнении с лицами с нормальным АД, а вот различий по ИЛП получено не было (табл. 1).

В табл. 2 представлены результаты сравнения функциональных показателей левого желудочка между шахтёрами и работниками угольных разрезов, отражающих его сократительную способность, таких как ФВ и GLS. Установлено, что ФВ ЛЖ у всех обследованных находилась в пределах нормальных значений, но была значимо ниже лишь в группе работников разрезов с АГ в сравнении с сотрудниками этих предприятий без АГ ($p = 0,012$). Глобальная продольная деформация ЛЖ в отличие от ФВ ЛЖ оказалась достоверно меньше во всех группах с АГ ($p < 0,0001$) в сравнении с обследуемыми с нормальным АД. Интересен тот факт, что у подземных шахтёров без АГ продольная деформация миокарда ЛЖ была значимо ниже, чем у работников разрезов также без АГ ($p = 0,020$).

Обсуждение

Установлено, что частота АГ у работников угольной промышленности, как шахтёров, так и работников угольных разрезов, не различается между собой и находится на уровне общероссийских показателей [9].

Достоверное различие в показателях ППТ между работниками угольных разрезов и шахт, вероятно, связано с более выраженными физическими нагрузками у шахтёров.

Известно, что гипертрофия миокарда ЛЖ при АГ, подтверждённая данными электрокардиографии и эхокардиографии, является субклиническим признаком поражения миокарда [10]. В изучаемых группах при наличии АГ толщина стенок ЛЖ была значимо больше, чем у работников с нормальным АД, но изменение геометрии ЛЖ по типу концентрического ремоделирования выявлено только у работников угольных разрезов, что может быть следствием длительного существования у них АГ.

ИКДР и ИКДО, характеризующие объём ЛЖ, оказались больше в группе шахтёров с АГ, чем у работников разрезов с повышенным АД, что, возможно, обусловлено формированием эксцентрического типа ремоделирования миокарда ЛЖ при прогрессировании АГ. Из-за увеличения преднагрузки повышается диастолическое напряжение стенок левого желудочка, структурно изменяются кардиомиоциты – не гипертрофируются, а удлиняются, тем самым расширяется полость и меняется форма ЛЖ на сферическую. В то же время у лиц с АГ, занятых на открытой добыче угля, ИКДР был снижен в сравнении с аналогичной группой с нормальным АД, что наблюдается при развитии концентрического ремоделирования ЛЖ.

У подавляющего большинства больных АГ фракция выброса ЛЖ как традиционный показатель его систолической функции остаётся в пределах нормальных значений [11]. В нашем исследовании она также оставалась сохранной, но с достоверным снижением показателя в группе работников угольных разрезов с АГ по сравнению с лицами без АГ, работающими в тех же надземных условиях. Данный факт можно объяснить более жёстким медицинским профотбором для работы в подземных условиях.

Современная эхокардиография позволяет зарегистрировать более ранние признаки поражения сердца при наличии сердечно-сосудистой патологии. Метод «speckle tracking» эхокардиографии позволяет объективно, а самое главное – количественно определить глобальную и регионарную функцию миокарда на основе оценки деформации [12]. Нами обнаружено снижение глобальной продольной деформации ЛЖ в изучаемых группах с наличием АГ ещё до развития признаков гипертрофии ЛЖ и снижения его ФВ, так как продольная деформация ЛЖ представляет собой деформацию миокарда, направленную от его основания до верхушки, и характеризует в большей степени субэндокардиальную сократимость и жизнеспособность миокарда, которая часто

предшествует явному ухудшению функции ЛЖ [13, 14]. GLS является мощным прогностическим инструментом по сравнению с другими показателями систолической функции ЛЖ в различных клинических случаях в результате того, что обеспечивает количественный анализ миокардиальной деформации каждого из 17 сегментов ЛЖ и тем самым позволяет обнаруживать начальные проявления систолической дисфункции у больных с сохраненной ФВ ЛЖ [15, 16].

Интересен тот факт, что у шахтёров без АГ показатели глобальной продольной деформации ЛЖ были значительно ниже, чем у работников угольных разрезов с нормальным АД, причём первые оказались значимо моложе по возрасту: $45,28 \pm 0,49$ против $46,84 \pm 0,43$ года соответственно, $p = 0,031$. Снижение продольной деформации миокарда ЛЖ среди шахтёров с отсутствием сердечно-сосудистых заболеваний может быть обусловлено воздействием комплекса вредных и опасных производственных факторов при работе в подземных условиях.

Приоритетными факторами, оказывающими негативное влияние на организм при работе под землёй, являются пыль, неблагоприятный производственный микроклимат, значительное нервно-эмоциональное напряжение, физические нагрузки, шум, вибрация, отсутствие естественного освещения, ионизирующее излучение, ослабление геомагнитного поля, наличие в воздухе рабочей зоны повышенных концентраций метана, СО и других токсикантов [17]. По данным аутопсии работников угольных шахт, даже краткосрочное угольно-пылевое воздействие на организм приводит к морфологическим изменениям в сердечной мышце в виде внутриклеточных включений липофусцина в кардиомиоцитах. С увеличением стажа работы в подземных условиях происходит увеличение в сердечной мышце со-

судов с гипертрофией гладкомышечных клеток, появление очаговых лимфогистиоцитарных инфильтраций и изменение структуры волокон [18]. В эксперименте также при воздействии угольно-породной пыли выявлено избирательное накопление липофусцина в кардиомиоцитах, кроме того, визуализировались изменения в ядрах клеток, усиление белковой дистрофии вплоть до их атрофии. Подобные патоморфологические признаки могут служить одним из верифицирующих морфологических маркеров повреждения и гибели клеток сердца [19].

Оценка показателей продольной деформации ЛЖ может выявить шахтёров-угольщиков с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний [20], а также установить среди них лиц с негативным влиянием производственных факторов на миокард левого желудочка и тем самым разработать комплекс профилактических мероприятий для сохранения трудоспособности и предотвращения летальных исходов.

Заключение

Концентрическое ремоделирование миокарда левого желудочка выявлялось только у работников угольных разрезов с артериальной гипертензией.

У шахтёров и работников угольных разрезов с артериальной гипертензией с нормальной фракцией выброса левого желудочка регистрировалось снижение продольной деформации миокарда левого желудочка.

Среди работников угольной промышленности без артериальной гипертензии отмечалось снижение продольной деформации левого желудочка лишь у шахтёров, что может быть обусловлено влиянием комплекса вредных факторов работы в подземных условиях.

Литература

(п.п. 4, 5, 7, 8, 12, 14–16, 20 см. References)

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2018 г. *Уголь*. 2018; (12): 60–9. DOI: <http://doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-60-69>
2. Смирнякова В.В. Оценка условий труда работников угольной промышленности. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015; (6–4): 98–100.
3. Климов А.В., Денисов Е.Н., Иванова О.В. Артериальная гипертензия и её распространённость среди населения. *Молодой учёный*. 2018; 50: 86–90.
6. Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. *Эхокардиография от М.К. Рыбаковой*. М.: Видар-М; 2016.
9. Бадин Ю.В., Фомина И.В., Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Поляков Д.С. и соавт. ЭПОХА-АГ 1998–2017 гг.: динамика распространённости, информированности об артериальной гипертензии, охват терапии и эффективности контроля артериального давления в Европейской части РФ. *Кардиология*. 2019; 59(15): 34–42. DOI: <http://doi.org/10.18087/cardio.2445>
10. Чазова И.Е., Ощепкова Е.В., Жернакова Ю.В. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Клинические рекомендации. *Кардиологический вестник*. 2015; (1): 3–30.
11. Дзяк Г.В., Колесник М.Ю. Особенности деформации и ротации миокарда у мужчин с артериальной гипертензией и разной степенью гипертрофии левого желудочка. *Кардиология*. 2014; 54(6): 9–14.
13. Хадзегова А.Б., Юшук Е.Н., Сеницына И.А., Шупенина Е.Ю., Хучинаева А.М., Надина Е.В. Новые возможности оценки функционального состояния сердца при артериальной гипертензии. *SonoAce-Ultrasound*. 2012; (24): 46–51.
17. Куренкова Г.В., Лемешевская Е.П. Гигиеническая характеристика условий труда в подземных сооружениях и их влияние на здоровье работников. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015; (5): 98–105.
18. Бондарев О.И., Таксанов П.В., Сурков А.М., Каширин Б.Г., Рыкова О.В. Судебно-медицинская экспертиза поражений сердечной мышцы у шахтёров Кузбасса по результатам аутопсий. *Вестник судебной медицины*. 2013; 2(1): 17–20.
19. Михайлова Н.Н., Бугаева М.С., Бондарев О.И., Шавцова Г.М. Системные морфологические изменения, ассоциированные с динамикой развития пневмококоциоза. *Медицина в Кузбассе*. 2017; 16(4): 68–73.

References

1. Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January – September 2018. *Ugol'*. 2018; (12): 60–9. DOI: <http://doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-60-69> (in Russian)
2. 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)
3. Klimov A.V., Denisov E.N., Ivanova O.V. Hypertension and its prevalence in the population. *Molodoy uchenyy*. 2018; 50: 86–90. (in Russian)
4. Choi J.O., Cho S.W., Song Y.B., Cho S.J., Song B.G., Lee S.C. et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr*. 2009; 10(5): 695–701. DOI: <http://doi.org/10.1093/ejehocard/jep041>
5. 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. DOI: <http://doi.org/10.1186/s12882-015-0098-1>
6. Rybakova M.K., Mit'kov V.V., Baldin D.G. *Echocardiography from M.K. Rybakova [Ekhokardiografiya ot M.K. Rybakovoy]*. Moscow: Vidar-M; 2016. (in Russian)
7. Mor-Avi V., Lang R.M., Badano L.P., Belohlavek M., Cardim N.M., Derumeaux G. et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2011; 12(3): 167–205. DOI: <http://doi.org/10.1093/ejehocard/jer021>
8. Takigiku K., Takeuchi M., Izumi C., Yuda S., Sakata K., Ohte N. et al. Normal range of left ventricular 2-dimensional strain: Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle (JUSTICE) study. *Circ J*. 2012; 76(11): 2623–32. DOI: <http://doi.org/10.1253/circj.12-0264>

9. Badin Yu.V., Fomin I.V., Belenkov Yu.N., Mareev V.Yu., Ageev F.T., Polyakov D.S. et al. ЕРОЧА-АВ 1998–2017. 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(1S): 34–42. DOI: <http://doi.org/10.18087/cardio.2445> (in Russian)
10. Chazova I.E., Oshchepkova E.V., Zhernakova Yu.V. Diagnostics and treatment of arterial hypertension. Clinical guidelines. *Kardiologicheskiy vestnik*. 2015; (1): 3–30. (in Russian)
11. Dzyak G.V., Kolesnik M.Yu. Myocardial deformation and rotation in hypertensive men with different degrees of left ventricular hypertrophy. *Kardiologiya*. 2014; 54(6): 9–14. (in Russian)
12. Geyer H., Caracciolo G., Wilansky S., Wilansky S., Carerj S., Gentile F. et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography fundamentals and clinical applications. *J Am Soc. Echocardiogr*. 2010; 23(4): 351–69. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.echo.2010.02.015>
13. Khadzegova A.B., Yushchuk E.N., Sinitsyna I.A., Shupenina E.Yu., Khuchinaeva A.M., Nadina E.V. New features in the assessment of the functional state of the heart in hypertension. *SonoAce-Ultrasound*. 2012; (24): 46–51. (in Russian)
14. Buckberg G., Hoffman J.I., Mahajan A., Saleh S., Coghlan C. Cardiac mechanics revisited: the relationship of cardiac architecture to ventricular function. *Circulation*. 2008; 118(24): 2571–87. DOI: <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.754424>
15. Ersbøll M., Valeur N., Mogensen U.M., Andersen M.J., Møller J.E., Velazquez E.J. et al. Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. *J Am Coll. Cardiol*. 2013; 61(23): 2365–73. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.061>
16. Bartko P.E., Heinze G., Graf S., Clavel M.A., Khorsand A., Bergler-Klein J. et al. Two-dimensional strain for the assessment of left ventricular function in low flow-low gradient aortic stenosis, relationship to hemodynamics, and outcome: a substudy of the multicenter TOPAS study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013; 6(2): 268–76. DOI: <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.980201>
17. 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; (5): 98–105. (in Russian)
18. Bondarev O.I., Taksanov P.V., Surkov A.M., Kashirin B.G., Rykova O.V. Forensic-medical examination of the heart muscle injuries on the results of autopsies in the Kuzbass coal miners. *Vestnik sudebnoy meditsiny*. 2013; 2(1): 17–20. (in Russian)
19. 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)
20. Kouzu H., Yuda S., Muranaka A., Doi T., Yamamoto H., Shimoshige S. et al. Left ventricular hypertrophy causes different changes in longitudinal, radial, and circumferential mechanics in patients with hypertension: a two-dimensional speckle tracking study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011; 24(2): 192–9. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.echo.2010.10.020>