

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-6-371-378>

УДК 616.12-008.46:613.62

© Коллектив авторов, 2021

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

Диастолическая функция правого желудочка у работников угледобывающих предприятий юга Кузбасса

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

Введение. Диастолическая функция характеризуется наиболее ранними изменениями в миокарде желудочков, нежели нарушения их сократимости, и может использоваться в алгоритме профилактических мероприятий по предупреждению фатальных сердечно-сосудистых событий, в том числе у работающих на промышленных предприятиях.**Цель исследования** — оценить показатели диастолической функции правого желудочка у работников угледобывающей промышленности юга Кузбасса.**Материалы и методы.** В условиях периодического медицинского осмотра обследованы 337 человек, не имеющих заболеваний лёгких и ишемической болезни сердца, из которых 206 работников угольных шахт юга Кузбасса и 131 работник угольных разрезов, в возрасте от 40 до 55 лет (средний возраст шахтёров — $46,12 \pm 0,36$ года, работников разрезов — $46,98 \pm 0,34$ года, $p=0,107$). На ультразвуковой системе «Vivid E9» фирмы-производителя General Electric всем обследуемым проводилась оценка структурно-функционального состояния сердца.**Результаты.** Диастолическая дисфункция в виде снижения отношения транстрикуспидальных потоков менее единицы выявлена у 22,5% шахтёров с артериальной гипертензией и 2,6% без неё ($p=0,00001$), у работников разрезов — у 12,3% и у 8,3% соответственно ($p=0,071$). Снижение отношения тканевых доплеровских потоков движения трикуспидального кольца было выявлено у 89,9% шахтёров с артериальной гипертензией и 81,2% без неё ($p=0,083$), у работников разрезов данный показатель также не отличался (68,4% и 60,3% соответственно, $p=0,337$), но между шахтёрами и работниками разрезов различия оказались достоверны ($p=0,0012$ у обследованных с артериальной гипертензией, $p=0,0015$ — без неё).

На основании проведённого корреляционного анализа выявлено, что на развитие нарушения диастолической функции правого желудочка у работников угольной промышленности оказывают влияние не только общепринятые факторы и сопутствующая артериальная гипертензия, но и длительный стаж работы в подземных условиях у шахтёров.

Заключение. На развитие диастолической дисфункции правого желудочка у шахтёров оказывали влияние стаж работы в подземных условиях, наличие артериальной гипертензии, снижение продольной деформации левого желудочка, уменьшение жизненной ёмкости лёгких и нарушение диастолической функции левого желудочка. У работников угольных разрезов выявлены ассоциации показателей диастолической функции правого желудочка с наличием артериальной гипертензии, повышенными значениями индекса курьелика, индекса Кетле, окружности талии, индекса относительной толщины стенок левого желудочка, снижением продольной деформации левого желудочка и объёма форсированного выдоха за 1 секунду и нарушением диастолической функции левого желудочка.**Этика.** Исследование проведено с соблюдением стандартов биоэтического комитета Научно-исследовательского института 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 клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. Все обследуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании.**Ключевые слова:** диастолическая дисфункция правого желудочка; артериальная гипертензия; угольная промышленность**Для цитирования:** Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С., Панев Н.И., Уланова Е.В. Диастолическая функция правого желудочка у работников угледобывающих предприятий юга Кузбасса. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(6): 371–378. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-6-371-378>**Для корреспонденции:** Коротенко Ольга Юрьевна, заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики, ФГБНУ «НИИ КППГЗ», кандидат медицинских наук. E-mail: olgakorotenko@yandex.ru**Участие авторов:**

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

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

Панев Н.И. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Уланова Е.В. — сбор и обработка данных, сбор литературных данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 07.07.2021 / Дата принятия к печати: 21.07.2021 / Дата публикации: 07.08.2021

Olga Yu. Korotenko, Egor S. Filimonov, Nikolay I. Panev, Evgeniya V. Ulanova

Diastolic function of the right ventricle in workers of coal mining enterprises in the South of Kuzbass

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

Introduction. Diastolic function is characterized by the earliest changes in the ventricular myocardium, rather than violations of their contractility, and can be used in the algorithm of prophylactic measures to prevent fatal cardiovascular events, including in people working at industrial enterprises.**The objective of the study** was to assess the indices of diastolic function of the right ventricle in workers of the coal mining industry in the South of Kuzbass.

Materials and methods. Under the conditions of a periodic medical examination, we surveyed 337 people without lung diseases and coronary heart disease, of which 206 workers of coal mines in the South of Kuzbass and 131 workers of open pit mines, aged from 40 to 55 years (the average age of the miners was 46.12 ± 0.36 years old, of the workers at open pit mines was 46.98 ± 0.34 years, $p=0.107$). On the ultrasound system "Vivid E9" manufactured by General Electric, all examined persons underwent an assessment of the structural and functional state of the heart.

Results. Diastolic dysfunction in the form of a decrease in the ratio of transtricuspid flows less than one was revealed in 22.5% of the miners with arterial hypertension and in 2.6% of the subjects without it ($p=0.00001$), in the workers of open pit mines there was in 12.3% and 8.3%, respectively ($p=0.071$). A decrease in the ratio of tissue Doppler flows of tricuspid annulus plane movement was detected in 89.9% of the miners with arterial hypertension and in 81.2% of the subjects without it ($p=0.083$), this parameter also did not differ among the workers of open pit mines (68.4% and 60.3% respectively, $p=0.337$), but the differences between the miners and the workers of the open pit mines turned out to be reliable ($p=0.0012$ in those examined with arterial hypertension, $p=0.0015$ — without it).

Based on the conducted correlation analysis, it was revealed that the development of impaired right ventricular diastolic function in coal industry workers was influenced not only by generally accepted factors and concomitant arterial hypertension, but also by long-term work experience in underground conditions in the miners.

Conclusion. *The development of diastolic dysfunction of the right ventricle in miners was influenced by work experience in underground working conditions, the presence of arterial hypertension, a decrease in the longitudinal deformation of the left ventricle, a decline in the vital capacity of the lungs and impaired diastolic function of the left ventricle. Associations of right ventricular diastolic function indices with the presence of arterial hypertension, increased values of the smoker's index, Quetelet index, waist circumference, relative wall thickness index of the left ventricle, a decrease in the longitudinal deformation of the left ventricle and forced expiratory volume in 1 second and impaired diastolic function of the left ventricle were revealed in the workers of open pit mines.*

Ethics. The study was conducted in compliance with the standards of the Bioethical Committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, established in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Association "Ethical Principles for Conducting Human Scientific Medical Research" 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 of 19.06.2003. All subjects signed an informed consent to participate in the study.

Keywords: right ventricular diastolic dysfunction; arterial hypertension; coal industry

For citation: Korotenko O.Yu., Filimonov E.S., Panev N.I., Ulanova E.V. Diastolic function of the right ventricle in workers of coal mining enterprises in the South of Kuzbass. *Med. truda i prom. ecol.* 2021; 61(6): 371–378. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-6-371-378>

For correspondence: Olga Yu. Korotenko, head of the department for functional and ultrasound diagnostics, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Cand. of Sci. (Med.). 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>

Ulanova E.V. <https://orcid.org/0000-0003-2657-3862>

Contribution:

Korotenko O.Yu. — concept and design of the study, collection and processing of material, collection of literature data;

Panev N.I. — concept and design of the study, editing;

Filimonov E.S. — collection and processing of material, editing;

Ulanova E.V. — collection and processing of material, collection of literature data.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 07.07.2021 / Accepted: 21.07.2021 / Published: 07.08.2021

Введение. Проблема сердечной недостаточности (СН) является одной из ведущих причин низкого качества жизни человека, а также выходит на одну из лидирующих позиций в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [1].

В последнее время всё большее внимание уделяется предикторам СН, а именно снижению диастолической функции не только левого, но и правого желудочка (ПЖ) [2, 3], при этом диастолическая дисфункция (ДД) ПЖ достаточно широко изучена при хронических obstructивных заболеваниях лёгких, ишемической болезни сердца (ИБС), врождённых пороках сердца, лёгочной гипертензии [4, 5]. Стоит отметить, что именно диастолическая функция характеризуется наиболее ранними изменениями в миокарде желудочков, нежели нарушения их сократительной функции, и может использоваться в алгоритме профилактических мероприятий по предупреждению фатальных сердечно-сосудистых событий, в том числе на промышленных предприятиях [6].

В связи с тем, что угольная отрасль является ведущей в Кузбассе [7], работа около 12 тыс. жителей региона связана с воздействием вредных и опасных условий труда. 80%

работников имеют неблагоприятные санитарно-гигиенические характеристики своего рабочего места, способствующие развитию профессиональной и производственно обусловленной патологии, в том числе и патологии сердечно-сосудистой системы [8].

Распространённость артериальной гипертензии (АГ) остается на высоком уровне как в Кузбассе, так и в стране в целом, и составляет 44,0% в общей популяции [9], АГ также является одним из заболеваний, прочно ассоциированных с развитием ДД. В связи с этим актуальным остается вопрос изучения возможного влияния иных факторов на развитие ДД у горняков.

Ранее в работах описаны структурно-функциональные изменения левых отделов сердца у работников угольной промышленности в зависимости от наличия сопутствующей АГ [10]. В общей популяции влияние АГ на изменения со стороны правых отделов сердца тоже достаточно глубоко исследованы [11]. Изучению же ДД ПЖ у работников угольной промышленности посвящены единичные исследования.

Цель исследования — оценить показатели диастолической функции правого желудочка у работников угледобывающей промышленности юга Кузбасса.

Материалы и методы. Обследованы 337 человек в условиях периодического медицинского осмотра, не имеющих заболеваний лёгких и ИБС, из них 206 работников угольных шахт юга Кузбасса (проходчики, горнорабочие очистного забоя, машинисты горных выёмочных машин) и 131 работник, занятый в угольной промышленности с открытым способом добычи угля (работники разрезов — водители большегрузных автомобилей, экскаваторщики, бульдозеристы), в возрасте от 40 до 55 лет (средний возраст шахтёров — $46,12 \pm 0,36$ года, работников разрезов — $46,98 \pm 0,34$ года, $p=0,107$).

АГ диагностировалась согласно клиническим рекомендациям по диагностике и лечению артериальной гипертензии 2019 года.

Проводился анализ амбулаторных карт пациентов для исключения ИБС и бронхолёгочных заболеваний.

С использованием секторального датчика 2,5 МГц на ультразвуковой системе «Vivid E9» фирмы-производителя General Electric всем обследуемым проводилась оценка структурно-функционального состояния сердца с измерением толщины межжелудочковой перегородки (МЖП), задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), конечно-диастолического размера и объёма (КДР, КДО) ЛЖ для расчёта индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) и индекса относительной толщины миокарда ЛЖ (ОТМЛЖ), рассчитанного по **формуле**:

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

Фракция выброса (ФВ) ЛЖ оценивалась с помощью формулы Тейхольца. Для определения начальных нарушений сократительной функции ЛЖ при сохранённой фракции его выброса рассчитывалась продольная деформация миокарда ЛЖ (*GLS*) в В-режиме *speckle tracking* эхокардиографии, при частоте смены кадров 60–95 Гц с обязательной регистрацией электрокардиограммы [12]. Также измерялись линейные и объёмные величины левого и правого предсердий (ЛП, ПП), которые индексировались к площади поверхности тела обследуемого (индекс левого предсердия (ИЛП) и индекс правого предсердия (ИПП)). В режиме доплер-эхокардиографии определялись скорости трансмитральных и транстрикуспидальных потоков в раннюю и позднюю диастолу (E , A , м/с) и их соотношение (E/A), время замедления потока E (DT , мс). При одновременной регистрации диастолического митрального потока и потока в выходном тракте ЛЖ при положении контрольного объёма на уровне фиброзного кольца между створками аортального и митрального клапанов измерялось время изоволюмического расслабления миокарда ЛЖ ($IVRT$, мс). С помощью импульсно-волнового спектрального режима тканевой доплерографии оценивалось движение митрального кольца в области МЖП и латеральной стенки ЛЖ, трикуспидального кольца в области латеральной стенки ПЖ (Ea — движение миокарда в раннюю диастолу, Aa — в позднюю диастолу, их отношения и отношения E/Ea ЛЖ и ПЖ). Наличие диастолической дисфункции диагностировалось при снижении E/A ПЖ и Ea/Aa ПЖ <1 [13], а также при E/Ea ПЖ >6 . Систолическое давление в лёгочной артерии (СистДЛА) рассчитывали путём суммы градиента трикуспидальной регургитации и давления в ПП, рассчитанного по степени коллабироваия нижней полой вены.

На спироанализаторе «Спиро-Спектр» определяли жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ) и объём форсирован-

ного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), которые сопоставлялись с должными величинами. Измерялась окружность талии (ОТ), рассчитывался индекс курильщика (ИКур.) по произведению количества выкуриваемых сигарет в день и стажа курения (годы), которое делилось на 2, индекс Кетле (ИК) — путём деления веса на рост в квадрате.

Для обработки полученных данных использовался пакет программ STATISTICA версии 10.0. С помощью критерия Колмогорова–Смирнова оценивалась нормальность распределения признаков; количественные значения оценивались с помощью средней и её стандартной ошибки ($M \pm SEM$); параметрические показатели рассчитывались с использованием критерия Стьюдента, непараметрические — χ^2 , корреляционный анализ проводили с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r), значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Все обследуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании, которое соответствовало этическим стандартам биоэтического комитета НИИ КППЗ, установленным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г.

Результаты. АГ (1 или 2 степени) была выявлена у 43,0% шахтёров и у 43,94% работников угольных разрезов ($p=0,864$).

Оценка правых отделов невозможна без оценки состояния левых отделов сердца. Установлено достоверное увеличение ОТМЛЖ, ИММЛЖ, парастерального линейного размера ЛП, позднего трансмитрального потока и Aa ЛЖ со стороны МЖП у обследованных с наличием АГ и значимое снижение в этих группах *GLS*, раннего трансмитрального потока, отношения трансмитральных потоков как в импульсно-волновом, так и тканевом доплере. ФВ ЛЖ достоверно снижалась у работников разрезов с АГ, также значимо ниже в этой группе был индекс КДО, что с учётом увеличенной ОТМЛЖ, которая была выше в сравнении с шахтёрами с АГ, может свидетельствовать о развитии в данной группе концентрического ремоделирования ЛЖ, в этой же группе пациентов отмечалось увеличение E/Ea ЛЖ. В группах обследованных без АГ отмечались более низкие показатели сократительной функции ЛЖ (ФВ и *GLS*) у шахтёров, а также снижение раннего тканевого диастолического потока на уровне митрального кольца со стороны МЖП (**табл. 1**).

Со стороны правых отделов сердца выявлено увеличение линейных размеров ПП (длина и ширина из верхушечного доступа) в группе работников разрезов с АГ без достоверных различий по ИПП, а вот в группах обследованных без АГ были значимо выше все размеры ПП в группе шахтёров. СистДЛА различалось только в зависимости от наличия АГ в обеих группах. Снижение отношения транстрикуспидальных потоков в группах обследованных с АГ было обусловлено увеличением позднего транстрикуспидального диастолического потока. Отношение раннего и позднего диастолического движения трикуспидального кольца в режиме спектральной тканевой доплерографии было значимо ниже у обследованных с АГ, причем более низкий показатель имели шахтёры с АГ; следует также отметить значимое снижение Ea/Aa ПЖ и

Показатели левого желудочка

Left ventricular indices

Показатель	Шахтёры		Работники разрезов		p
	без артериальной гипертензии, n=117	с артериальной гипертензией, n=89	без артериальной гипертензии, n=73	с артериальной гипертензией, n=58	
ОТМЛЖ	0,366±0,004	0,398±0,006	0,380±0,004	0,437±0,009	p ₁ =0,006* p ₂ =0,0198*
	p<0,001*		p<0,001*		
Индекс КДО, мл	54,94±0,71	55,34±0,97	54,01±1,51	50,05±1,43	p ₁ =0,006* p ₂ =0,548
	p=0,737		p<0,001*		
ИММЛЖ, г/м²	75,86±1,1	85,47±1,72	77,84±1,27	90,30±2,65	p ₁ =0,112 p ₂ =0,251
	p<0,0001*		p<0,0001*		
ФВ ЛЖ, %	65,35±0,49	65,48±0,58	66,87±0,56	64,91±0,65	p ₁ =0,525 p ₂ =0,048*
	p=0,860		p=0,0247*		
GLS, %	20,71±0,19	19,3±0,24	21,36±0,27	19,37±0,32	p ₁ =0,848 p ₂ =0,048*
	p<0,0001*		p<0,0001*		
ЛП параст., см	3,49±0,03	3,65±0,03	3,51±0,03	3,73±0,048	p ₁ =0,136 p ₂ =0,705
	p<0,0001*		p<0,0001*		
ИЛП, мл/м²	30,34±0,66	31,94±0,83	28,21±0,61	30,3±0,95	p ₁ =0,202 p ₂ =0,0289
	p=0,128		p=0,058		
Е ЛЖ, м/с	21,0±0,18	19,2±0,22	21,5±0,22	19,8±0,38	p ₁ =0,184 p ₂ =0,062
	p<0,0001*		p=0,0002*		
А ЛЖ, м/с	0,66±0,011	0,74±0,014	0,66±0,014	0,723±0,02	p ₁ =0,424 p ₂ =0,734
	p<0,0001*		p=0,0307*		
Е/А ЛЖ, м/с	1,198±0,028	0,989±0,032	1,157±0,037	1,008±0,04	p ₁ =0,719 p ₂ =0,380
	p<0,0001*		p=0,0085*		
DT, мс	179,03±2,29	197,9±3,58	183,92±3,62	200,28±3,56	p ₁ =0,652 p ₂ =0,232
	p<0,0001*		p=0,00194*		
IVRT, мс	82,3±1,03	90,18±1,42	86,01±1,49	96,00±1,89	p ₁ =0,0139* p ₂ =0,035*
	p<0,0001*		p<0,0001*		
Еа ЛЖ (МЖП), м/с	0,105±0,005	0,097±0,005	0,136±0,017	0,102±0,014	p ₁ =0,752 p ₂ =0,047*
	p=0,313		p=0,145		
Аа ЛЖ (МЖП), м/с	0,108±0,01	0,106±0,004	0,108±0,008	0,105±0,003	p ₁ =0,794 p ₂ =0,997
	p=0,128		p=0,058		
Еа/Аа ЛЖ (МЖП)	1,126±0,035	0,941±0,034	1,070±0,038	0,858±0,038	p ₁ =0,116 p ₂ =0,307
	p=0,000284*		p=0,000186*		
Е/Еа МЖП ЛЖ	7,97±0,196	7,97±0,283	7,59±0,515	8,96±0,57	p ₁ =0,097 p ₂ =0,403
	p=0,998		p=0,081		
Еа ЛЖ (латеральной стенки), м/с	0,136±0,006	0,126±0,006	0,126±0,003	0,111±0,004	p ₁ =0,05* p ₂ =0,097
	p=0,222		p=0,00526*		
Аа ЛЖ (латеральной стенки), м/с	0,099±0,005	0,124±0,007	0,111±0,004	0,115±0,004	p ₁ =0,224 p ₂ =0,075
	p=0,0085*		p=0,496		
Еа/Аа ЛЖ (латеральной стенки),	1,43±0,074	1,06±0,089	1,18±0,005	1,01±0,0549	p ₁ =0,654 p ₂ =0,009*
	p=0,0025*		p=0,0238*		
Е/Еа ЛЖ (латеральной стенки),	5,87±0,360	6,15±0,436	6,08±0,158	6,74±0,22	p ₁ =0,181 p ₂ =0,526
	p=0,620		p=0,0139*		

Примечания: p₁ — достоверность различия показателей у обследованных двух групп с наличием артериальной гипертензии; p₂ — достоверность различия показателей у обследованных двух групп без артериальной гипертензии; * — различия достоверны, p<0,05. Notes: p₁ — reliability of the difference in the indices in the examined two groups with the presence of arterial hypertension; p₂ — reliability of the difference in the indices in the examined two groups without arterial hypertension; * — the differences are reliable, p<0.05.

увеличение E/Ea ПЖ у шахтёров без АГ в сравнении с работниками разрезов с нормальным АД (**табл. 2**).

Снижение соотношения транстрикуспидальных потоков как проявление ДД ПЖ было выявлено у 22,5% шахтёров с АГ и 2,6% без неё ($p=0,00001$) и у 12,3% работников разрезов с повышенным артериальным давлением (АД) и у 8,3% без АГ ($p=0,071$). Различий в группах шахтёров и работников разрезов как с АГ, так и без неё получено не было. Соотношение тканевых доплеровских потоков трикуспидального кольца было снижено у 89,9% шахтёров с АГ и 81,2% с нормальным АД ($p=0,083$), у работников предприятий с открытым способом добычи угля данный показатель также не различался (68,4% с АГ и 60,3% без АГ, $p=0,337$). Следует отметить, что различия Ea/Aa ПЖ между шахтёрами и работниками разрезов с нормальным АД и при наличии АГ оказались достоверны ($p=0,0012$ у обследованных с повышенным АД, $p=0,0015$ — без АГ). Увеличение E/Ea ПЖ более 6 выявлено у 52,8% шахтёров без АГ и у 36,0% — с АГ ($p=0,0859$), в группе работников наземной добычи угля данный показатель тоже не раз-

личался (35,0% с АГ и 31,8% без АГ, $p=0,827$), различий между подгруппами также не установлено, но тенденция прослежена между основными группами сравнения при отсутствии АГ ($p=0,097$).

Учитывая наличие ранних признаков ухудшения диастолической функции ПЖ у шахтёров, не имеющих АГ, был проведён корреляционный анализ для выявления возможных причин этому факту. В группе шахтёров установлена значимая корреляционная взаимосвязь стажа работы в подземных условиях с диастолическими показателями ПЖ, так, при увеличении стажа уменьшаются E/A ПЖ и Ea/Aa ПЖ ($r=-0,151$, $p=0,04$; $r=-0,25$, $p=0,0005$ соответственно), в то время как среди работников угольных разрезов данной взаимосвязи получено не было ($r=-0,0638$, $p=0,483$; $r=-0,116$, $p=0,198$). Среди значений ИКур. и ИК установлены умеренные по силе корреляционные связи с E/A ПЖ только у работников угольных разрезов, в то время как у шахтёров данные взаимосвязи отсутствовали (ИКур. и E/A ПЖ $r=-0,313$, $p=0,0023$; $r=-0,072$, $p=0,399$ соответственно; ИК и E/A ПЖ $r=-0,368$, $p=0,000017$;

Таблица 2 / Table 2

Показатели правых отделов сердца Right heart indices

Показатель	Шахтёры		Работники разрезов		p
	без артериальной гипертензии, n=117	с артериальной гипертензией, n=89	без артериальной гипертензии, n=73	с артериальной гипертензией, n=58	
ПП длина, см	4,35±0,033	4,4±0,027	4,18±0,042	4,34±0,048	p ₁ =0,316 p ₂ =0,002*
	p=0,276		p=0,0156*		
ПП ширина, см	3,7±0,03	3,77±0,04	3,6±0,042	3,74±0,056	p ₁ =0,661 p ₂ =0,045*
	p=0,146		p=0,038*		
ИПП, мл/м ²	30,05±0,57	30,95±0,75	27,87±0,59	29,06±0,72	p ₁ =0,088 p ₂ =0,011*
	p=0,331		p=0,196		
ПЖ, см	2,18±0,02	2,27±0,02	2,21±0,026	2,28±0,031	p ₁ =0,757 p ₂ =0,464
	p=0,0039*		p=0,0805		
СистДЛА, мм рт. ст.	24,45±0,348	26,85±0,41	24,57±0,368	26,60±0,62	p ₁ =0,727 p ₂ =0,817
	p<0,0001*		p=0,004*		
E ПЖ, м/с	0,64±10,09	0,62±0,09	0,612±0,008	0,611±0,010	p ₁ =0,551 p ₂ =0,079
	p=0,227		p=0,917		
A ПЖ, м/с	0,46±0,013	0,46±0,007	0,46±0,010	0,49±0,012	p ₁ =0,117 p ₂ =0,734
	p=0,00006*		p=0,0452*		
E/A ПЖ	1,373±0,02	1,237±0,03	1,36±0,029	1,24±0,035	p ₁ =0,960 p ₂ =0,763
	p=0,00018*		p=0,00779*		
Ea ПЖ	0,127±0,002	0,12±0,002	0,139±0,003	0,131±0,004	p ₁ =0,024* p ₂ =0,005*
	p=0,0469*		p=0,0914		
Aa ПЖ	0,153±0,003	0,161±0,004	0,154±0,004	0,151±0,003	p ₁ =0,058 p ₂ =0,840
	p=0,101		p=0,567		
Ea/Aa ПЖ	0,844±0,002	0,760±0,01	0,933±0,029	0,873±0,033	p ₁ =0,0017* p ₂ =0,0168*
	p=0,00427*		p=0,180		
E/Ea ПЖ	5,16±0,106	5,34±1,27	4,57±0,12	4,94±0,19	p ₁ =0,082 p ₂ =0,0005*
	p=0,299		p=0,096		

Примечания: p_1 — достоверность различия показателей у обследованных двух групп с наличием артериальной гипертензии; p_2 — достоверность различия показателей у обследованных двух групп без артериальной гипертензии; * — различия достоверны, $p<0,05$.
Notes: p_1 — reliability of the difference in the indices in the examined two groups with the presence of arterial hypertension; p_2 — reliability of the difference in the indices in the examined two groups without arterial hypertension; * — the differences are reliable, $p<0,05$.

$r=-0,062$, $p=0,374$ соответственно). Обратная корреляционная связь между ОТ и E/A ПЖ также в большей степени выявлена у работников наземной добычи угля по сравнению с подземной ($r=-0,327$, $p=0,00019$; $r=-0,143$, $p=0,0497$ соответственно). Прямая корреляционная зависимость установлена с отношением транстрикуспидальных потоков и с продольной деформацией ЛЖ в обеих группах (у шахтёров E/A ПЖ и GLS $r=0,221$, $p=0,0017$, Ea/Aa ПЖ $r=0,145$, $p=0,0005$; у работников разрезов E/A ПЖ и GLS $r=0,223$, $p=0,0159$; Ea/Aa ПЖ $r=0,234$, $p=0,0109$). У работников разрезов данные показатели диастолической функции ПЖ имели зависимость с ОТМЛЖ и в то же время оказались не взаимосвязаны у шахтёров (у работников разрезов E/A ПЖ и ОТМЛЖ $r=-0,369$, $p=0,000016$; Ea/Aa ПЖ и ОТМЛЖ $r=-0,247$, $p=0,0044$; у шахтёров E/A ПЖ и ОТМЛЖ $r=-0,096$, $p=0,168$, Ea/Aa ПЖ и ОТМЛЖ $r=-0,054$, $p=0,433$). Выявлены слабые достоверные прямые корреляционные связи E/A ПЖ с $ОФВ_1$ у работников разрезов (E/A ПЖ с $ОФВ_1=0,207$, $p=0,0366$) и Ea/Aa ПЖ с ЖЕЛ у шахтёров (Ea/Aa ПЖ с ЖЕЛ $r=0,175$, $p=0,014$).

Также выявлены умеренные по силе связи корреляции между E/A ЛЖ и E/A ПЖ в обеих группах (в группе шахтёров $r=-0,411$, $p<0,0001$, в группе работников разрезов $r=-0,412$, $p<0,0001$).

Значимых корреляционных связей диастолических показателей ПЖ с ИАП в обеих группах не получено.

Обсуждение. Нарушения наполнения ПЖ возникают раньше и чаще всего предшествуют развитию его систолической дисфункции. Так, при катетеризации правых отделов сердца у больных с лёгочной гипертензией было выявлено нарушение релаксации ПЖ, в то время как его сократимость была нормальной или повышенной [14].

Выявление ранней диастолической дисфункции ПЖ, которая диагностирована у большинства стажированных работников угольной промышленности, а также причин её развития крайне необходимо для организации профилактических мероприятий. Именно ДД ПЖ (повышение отношения E/Ea ПЖ, которое в исследовании было выше нормальных значений более чем у трети обследованных) является независимым фактором риска ранней смерти после операции коронарного шунтирования у больных со сниженной систолической функцией ЛЖ [15]. Безусловно, необходимо комплексное изучение диастолической

функции ПЖ как с оценкой транстрикуспидальных потоков, так и оценкой движения трикуспидального кольца в режиме спектральной тканевой доплерографии [16].

В литературных источниках описана проблема снижения систолической и диастолической функций ПЖ у лиц с ожирением [17] и у курящих людей [18]. В нашем исследовании выявлена взаимосвязь ожирения с диастолической функцией ПЖ только у работников угольных разрезов, у шахтёров же эта взаимосвязь отсутствовала.

Нашими коллегами в эксперименте было показано влияние угольно-породной пыли на морфологические изменения миокарда, которые формировались в зависимости от длительности её воздействия [19], что могло стать причиной развития нарушений диастолической функции ПЖ у шахтёров.

По результатам обработки данных было обнаружено раннее нарушение диастолической функции ПЖ (установленное по снижению Ea/Aa ПЖ) у большинства работников угольной промышленности, причём значимо больше у шахтёров вне зависимости от наличия сопутствующей АГ. На данный показатель у шахтёров оказывали влияние стаж работы во вредных условиях, снижение продольной деформации ЛЖ, ЖЕЛ и, в меньшей степени, ОТ. У работников угольных разрезов получены несколько другие взаимосвязи показателей диастолической функции ПЖ, а именно зависимость от других факторов риска: ИКур, ИК, ОТ, продольной деформации ЛЖ, ОТМЛЖ, $ОФВ_1$.

Таким образом, на развитие нарушения диастолической функции правого желудочка у работников угольной промышленности оказывают влияние не только общепринятые факторы риска и сопутствующая АГ, но и длительный стаж работы в подземных условиях у шахтёров.

Выводы:

1. На развитие диастолической дисфункции правого желудочка у шахтёров оказывали влияние стаж работы в подземных условиях труда, наличие АГ, снижение продольной деформации ЛЖ, снижение ЖЕЛ и нарушение диастолической функции ЛЖ.

2. У работников угольных разрезов выявлены ассоциации показателей диастолической функции правого желудочка с наличием АГ, повышенными значениями ИКур, ИК, ОТ, ОТМЛЖ, снижением продольной деформации ЛЖ и $ОФВ_1$, нарушением диастолической функции ЛЖ.

Список литературы

- Нестеров В.С., Урванцева И.А., Воробьев А.С. Хроническая сердечная недостаточность: современные проблемы и пути их решения. *Лечащ. врач*. 2018; (7): 11–4.
- Kowalski M., Kukulski T., Jamal F., D'hooge J., Weidemann F., Rademakers F. et al. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2001; 27(8): 1087–97. [https://doi.org/10.1016/S0301-5629\(01\)00388-X](https://doi.org/10.1016/S0301-5629(01)00388-X)
- Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K. et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography: endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010; 23(7): 685–713; quiz 786–8. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
- Ersbøll M., Andersen M.J., Valeur N., Mogensen U.M., Fakhri Y., Thune J.J. et al. Early diastolic strain rate in relation to systolic and diastolic function and prognosis in acute myocardial infarction: a two-dimensional speckle-tracking study. *Eur Heart J*. 2014; 35(10): 648–56. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu179>
- Архипов О.Г., Сумин А.Н. Диастолическая дисфункция правого желудочка у больных ишемической болезнью сердца. *Рос. кардиол. ж*. 2017; 22(3): 37–45. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-37-45>
- Алехин М.Н., Сидоренко Б.А. Современные подходы к эхокардиографической оценке диастолической функции левого желудочка сердца. *Кардиология*. 2010; 50(1): 72–7.
- Рябов В.А., Столбова О.Б. Современный промышленный комплекс Кемеровской области. *Вестн. Кемер. ГУ. Серия: Биол., техн. науки и науки о Земле*. 2017; 3(3): 41–6. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-3-41-46>
- Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности

- России за январь–декабрь 2018 года. *Уголь*. 2019; (3): 64–79. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-3-64-79>
9. Бадин Ю.В., Фомин И.В., Белевков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Поляков Д.С. и др. ЭПОХА-АГ 1998–2017 гг.: динамика распространенности, информированности об артериальной гипертензии, охвате терапией и эффективного контроля артериального давления в Европейской части РФ. *Кардиология*. 2019; 59(1S): 34–42. <https://doi.org/10.18087/cardio.2445>
 10. Коротенко О.Ю., Филимонов Е.С. Деформация миокарда и параметры диастолической функции левого желудочка у работников с артериальной гипертензией угледобывающих предприятий юга Кузбасса. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(3): 151–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-151-156>
 11. Сумин А.Н., Шушунова О.В., Архипов О.Г. Факторы, влияющие на развитие диастолической дисфункции правого желудочка у больных артериальной гипертензией. *Сердце*. 2015; 14(1): 50–6.
 12. 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. <https://doi.org/10.1093/ejehoccard/jer021>
 13. Макаренко Е.С., Неласов Н.Ю., Бисвас Б., Затонский С.А., Харахашян А.В., Каркошка Т.А. и др. Способ диагностики латентной диастолической дисфункции миокарда правого желудочка: пат. 2467695 Рос. Федерация: МПК51 А61 В 8/06; № 2011122909/14
 14. Murch S.D., La Gerche A., Roberts T.J., Prior D.L., MacIsaac A.I., Burns A.T. Abnormal right ventricular relaxation in pulmonary hypertension. *Pulm Circ.* 2015; 5(2): 370–5. <https://doi.org/10.1086/681268>
 15. Jin Y., Wang H., Wang Z., Jiang H., Tao D., Wu H. The evaluation of preoperative right ventricular diastolic dysfunction on coronary artery disease patients with left ventricular dysfunction. *Echocardiography*. 2014; 31(10): 1259–64. <https://doi.org/10.1111/echo.12652>
 16. Rodriguez Muñoz D., Markl M., Moya Mur J.L., Barker A., Fernández-Golfín C., Lancellotti P. et al. Intracardiac flow visualization: current status and future directions. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013; 14(11): 1029–38. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jet086>
 17. Leggio M., Cruciani G., Sgorbini L., Mazza A., Bendini M.G., Pugliese M. et al. Obesity-related adjunctive systo-diastolic ventricular dysfunction in patients with hypertension: echocardiographic assessment with tissue Doppler velocity and strain imaging. *Hypertens Res.* 2011; 34(4): 468–73. <https://doi.org/10.1038/hr.2010.266>
 18. Barutcu I., Esen A.M., Kaya D., Onrat E., Melek M., Celik A. et al. Effect of acute cigarette smoking on left and right ventricle filling parameters: a conventional and tissue Doppler echocardiographic study in healthy participants. *Angiology*. 2008; 59(3): 312–6. <https://doi.org/10.1177/0003319707304882>
 19. Михайлова Н.Н., Бугаева М.С., Бондарев О.И., Шавцова Г.М. Системные морфологические изменения, ассоциированные с динамикой развития пневмокониоза. *Мед. в Кузбассе*. 2017; 16(4): 68–73.

References

1. Nesterov V.S., Urvantseva I.A., Vorobiev A.S. Chronic heart failure: modern problems and their solutions. *Lechashchiy vrach*. 2018; (7): 11–4 (in Russian).
2. Kowalski M., Kukulski T., Jamal F., D'hooge J., Weidemann F., Rademakers F. et al. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol.* 2001; 27(8): 1087–97. [https://doi.org/10.1016/S0301-5629\(01\)00388-X](https://doi.org/10.1016/S0301-5629(01)00388-X)
3. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K. et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography: endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010; 23(7): 685–713; quiz 786–8. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
4. Ersbøll M., Andersen M.J., Valeur N., Mogensen U.M., Fakhri Y., Thune J.J. et al. Early diastolic strain rate in relation to systolic and diastolic function and prognosis in acute myocardial infarction: a two-dimensional speckle-tracking study. *Eur Heart J.* 2014; 35(10): 648–56. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehf179>
5. Arkhipov O.G., Sumin A.N. Diastolic dysfunction of the right ventricle in coronary heart disease patients. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2017; 22(3): 37–45. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-37-45> (in Russian).
6. Alekhin M.N., Sidorenko B.A. Contemporary approaches to echocardiographic assessment of diastolic function of left ventricle of the heart. *Kardiologiya*. 2010; 50(1): 72–7 (in Russian).
7. Riabov V.A., Stolbova O.B. Modern industrial complex of the Kemerovo Oblast. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering and Earth Sciences*. 2017; 3(3): 41–6. <https://doi.org/10.21603/2542-2448-2017-3-41-46> (in Russian).
8. Tarzanov I.G. Russia's coal industry performance for January–December, 2018. *Ugol*. 2019; (3): 64–79. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-3-64-79> (in Russian).
9. Badin Yu.V., Fomin I.V., Belenkov Yu.N., Mareev V.Yu., Ageev F.T., Polyakov D.S. et al. EPOCHA-AH 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. <https://doi.org/10.18087/cardio.2445> (in Russian).
10. Korotenko O.Yu., Filimonov E.S. Myocardial deformation and parameters of diastolic function of the left ventricle in workers of coal mining enterprises in the South of Kuzbass with arterial hypertension. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(3): 151–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-151-156> (in Russian).
11. Sumin A.N., Shushunova O.V., Arkhipov O.G. Factors influencing the development of right ventricular dysfunction in patients with arterial hypertension. *Serdtshe (Russian Heart Journal)*. 2015; 14(1): 50–6 (in Russian).
12. 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. <https://doi.org/10.1093/ejehoccard/jer021>
13. Makarenko E.S., Nelasov N.J., Bisvas B., Zatonskiy S.A., Kharakhashjan A.V., Karkoshka T.A. et al. Method for diagnosing latent diastolic dysfunction of the right ventricular myocardium. Patent № 2467695; 2012 (in Russian).
14. Murch S.D., La Gerche A., Roberts T.J., Prior D.L., MacIsaac A.I., Burns A.T. Abnormal right ventricular relaxation in pulmonary hypertension. *Pulm Circ.* 2015; 5(2): 370–5. <https://doi.org/10.1086/681268>
15. Jin Y., Wang H., Wang Z., Jiang H., Tao D., Wu H. The evaluation of preoperative right ventricular diastolic dysfunction on coronary artery disease patients with left ventricular dysfunction. *Echocardiography*. 2014; 31(10): 1259–64. <https://doi.org/10.1111/echo.12652>

16. Rodriguez Muñoz D., Markl M., Moya Mur J.L., Barker A., Fernández-Golfín C., Lancellotti P. et al. Intracardiac flow visualization: current status and future directions. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013; 14(11): 1029–38. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jet086>
17. Leggio M., Cruciani G., Sgorbini L., Mazza A., Bendini M.G., Pugliese M. et al. Obesity-related adjunctive systo-diastolic ventricular dysfunction in patients with hypertension: echocardiographic assessment with tissue Doppler velocity and strain imaging. *Hypertens Res*. 2011; 34(4): 468–73. <https://doi.org/10.1038/hr.2010.266>
18. Barutcu I., Esen A.M., Kaya D., Onrat E., Melek M., Celik A. et al. Effect of acute cigarette smoking on left and right ventricle filling parameters: a conventional and tissue Doppler echocardiographic study in healthy participants. *Angiology*. 2008; 59 (3): 312–6. <https://doi.org/10.1177/0003319707304882>
19. Mikhailova 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).