DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-335-341>

УДК 616.13:616.12-091-057:622

© Коллектив авторов, 2019

Бондарев О.И.^{1,2}, Бугаева М.С.^{1,2}, Михайлова Н.Н.²**Патоморфология сосудов сердечной мышцы у работников основных профессий угольной промышленности**¹Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, пр-т Строителей, 5, Новокузнецк, Россия, 654005;²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, Россия, 654041

Введение. Неблагоприятные условия труда шахтеров являются фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. В литературе имеются сведения о формировании функциональных и морфологических нарушений сердечно-сосудистой системы у горнорабочих, в то же время мало освещены механизмы их развития. Фиброзные изменения в миокарде шахтеров чаще всего связывают с ишемической болезнью сердца, гипертонией и сахарным диабетом. В последние годы внимание исследователей привлекает изучение роли дисфункции и трансформации сосудистого эндотелия в патогенезе многих заболеваний.

Цель исследования — морфологическое изучение стенки сосудов сердца у шахтеров, имеющих различный стаж работы в условиях запыленной атмосферы.

Материалы и методы. Осуществлено гистологическое и морфометрическое исследование стенки сосудов сердечной мышцы у шахтеров различных стажевых групп (в диапазоне от 5 до 30 лет) и у лиц контрольной группы. Аутопсийный материал получен при проведении 24 судебно-медицинских экспертиз шахтеров Кемеровской области. Группа контроля была сформирована из 8 судебно-медицинских экспертиз погибших при автодорожной катастрофе мужчин г. Новокузнецка в возрасте не старше 30 лет, не имевших по результатам вскрытий видимой органной патологии. В сосудах различного диаметра оценивались: толщина стенки, площадь клеток эндотелиального слоя, толщина периваскулярного фиброза.

Результаты. Сравнительный анализ полученных значений в группах шахтеров и контрольной группе показал, что вредные условия труда шахтеров уже при 5–9-летнем стаже работы приводят к развитию в стенке сосудов сердца морфологических изменений в виде гипертрофии клеток эндотелия, утолщения мышечных волокон меди и формирования фибропластических изменений в периваскулярных зонах. Вместе с тем не были найдены статистически значимые различия по исследуемым признакам с контрольной группой. Стажированность сопровождалась нарастанием вышеупомянутых морфологических изменений. Значимые различия толщины стенки с показателями контрольной группы выявлены в большинстве структур. Увеличение продолжительности работы во вредных условиях до 20–30 лет приводило к развитию выраженных изменений морфоструктуры сосудов сердца в виде эндотелиоза, гипертрофии меди и периваскулярного фиброза. При этом измеряемые параметры сосудов сердца были статистически значимо выше контрольных значений практически во всех изучаемых группах сосудов.

Заключение. Неблагоприятные условия труда шахтеров являются фактором риска развития изменений сосудов сердечной мышцы в виде их морфоструктурной трансформации.

Ключевые слова: шахтеры; сердечно-сосудистая система; эндотелиоз

Для цитирования: Бондарев О.И., Бугаева М.С., Михайлова Н.Н. Патоморфология сосудов сердечной мышцы у работников основных профессий угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (6). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-335-341>

Для корреспонденции: Бондарев Олег Иванович, зав. научно-исследовательской лаб. патологической анатомии, зав. каф. патологической анатомии и судебной медицины Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей — филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; ст. науч. сотр. лаб. охраны здоровья работающего населения ФГБНУ «НИИ КПППЗ», канд. мед. наук. E-mail: gis.bondarev@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Oleg I. Bondarev^{1,2}, Maria S. Bugaeva^{1,2}, Nadezhda N. Mikhailova²**Pathomorphology of heart muscle vessels in workers of the main professions of the coal industry**

¹Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 5, Stroiteley Ave., Novokuznetsk, Russia, 654005;

²Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova Str., Novokuznetsk, Russia, 654041

Introduction. Unfavorable working conditions of miners are a risk factor for cardiovascular diseases. In the literature there is information about the formation of functional and morphological disorders of the cardiovascular system in miners, at the same time, the mechanisms of their development are poorly covered. Fibrous changes in the myocardium of miners are most often associated with coronary heart disease, hypertension and diabetes. In recent years, the attention of researchers is drawn to the study of the role of dysfunction and transformation of vascular endothelium in the pathogenesis of many diseases.

The aim of the study is a morphological study of the walls of the heart vessels of miners with different experience in the dusty atmosphere.

Materials and methods. Histological and morphometric study of the vascular wall of the heart muscle in miners of different age groups (in the range from 5 to 30 years) and in the control group was carried out. Autopsy material was obtained during 24 forensic examinations of miners of the Kemerovo region. The control group was formed from 8 forensic examinations of men killed in a road accident in Novokuznetsk at the age of not older than 30 years, who did not have the results of autopsies of visible organ pathology. In vessels of different diameters were evaluated: thickness of walls, size of the cells of the endothelial layer, the thickness of the perivascular fibrosis.

Results. A comparative analysis of the obtained values in the groups of miners and the control group showed that harmful working conditions of miners already at 5–9 years of experience lead to the development of morphological changes in the wall of the heart vessels in the form of endothelial cell hypertrophy, thickening of the muscle fibers of media and the formation of fibroplastic changes in the perivascular zones. However, no statistically significant differences were found in the studied characteristics with the control group. The internship was accompanied by the growth of the above-mentioned morphological changes. Significant differences in wall thickness with the indicators of the control group were revealed in most structures. The increase in the duration of work in harmful conditions up to 20–30 years led to the development of pronounced changes in the morphostructure of the heart vessels in the form of endothelium, hypertrophy of media and perivascular fibrosis. At the same time, the measured parameters of the heart vessels were significantly higher than the control values in almost all studied groups of vessels.

Conclusion. *Unfavorable working conditions of miners are a risk factor for the development of changes in the vessels of the heart muscle in the form of their morphostructural transformation.*

Key words: miners; cardiovascular system; endotheliosis

For citation: Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Mikhailova N.N. Pathomorphology of heart muscle vessels in workers of the main professions of the coal industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (6). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-335-341>

For correspondence: Oleg I. Bondarev, Head of Research laboratory of pathological anatomy, Head of Department of pathological anatomy and forensic medicine of Novokuznetsk State Institute of Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of Ministry of Health of Russia, senior researcher of the laboratory of health protection of working population of Research Institute CPGP, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gis.bondarev@yandex.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Угольная промышленность Кемеровской области характеризуется одним из наиболее высоких уровней профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости по сравнению с другими регионами РФ [1,2]. В литературе имеются сведения о том, что практически все вредные условия труда шахтеров могут оказывать негативное воздействие на сердечно-сосудистую систему [3,4]. Приводятся данные о развитии у горнорабочих функциональных изменений сердца и сосудов. В то же время мало освещены вопросы морфологических нарушений сердечно-сосудистой системы, недостаточно изучены механизмы их формирования. Развитие фиброзных изменений в миокарде у шахтеров чаще всего связывают с ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью и сахарным диабетом [5].

В последние годы внимание исследователей привлекает изучение роли сосудистого эндотелия в патогенезе многих заболеваний [6–9].

Активация эндотелия сосудов в условиях воздействия различных патогенных факторов отмечается многими авторами. Эндотелий является центральным звеном в развитии, течении и исходе воспаления, типе ответной реакции организма на него. Экспрессия цитокиновых рецепторов, расположенных на поверхности эндотелиальных клеток, запускает целый каскад реакций, окислительный стресс, продукцию медиаторов воспаления, свободных радикалов и других молекул, повреждающих клеточные мембраны [10,11]. Патологически активизированное состояние эндотелия сосудов в итоге приводит к нарушению его функции.

На развитие эндотелиальной дисфункции у шахтеров указывают многие авторы, однако почти не встречается работ, которые характеризуют морфологическое состояние внутренней выстилки сосудов сердца [12–16].

Дисфункция эндотелия некоторыми исследователями в настоящее время рассматривается с принципиально новых позиций. Не отрицая важной роли медиаторов воспаления, авторы считают, что вероятным механизмом ее формирования является изменение активности мезенхимальных клеток сосудистого гистииона [17,18]. Многообразие форм фибропластических нарушений в легочной ткани значительно зависит от глубины трансформации клеток эндотелия. Показано, что эндотелиоз и гипертрофия гладкомышечных клеток легочных артерий являются одними из начальных проявлений пневмокониотического процесса в бронхах и артериях малого круга кровообращения у шахтеров и сочетаются с выраженным перибронхиальным и периваскулярным склерозом [19].

Цель исследования — морфологическое изучение стенки сосудов сердца шахтеров, имеющих различный стаж работы в условиях запыленной атмосферы.

На основании поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Осуществить гистологическое и морфометрическое исследование стенки сосудов сердца у шахтеров различных стажевых групп и у лиц контрольной группы.

2. Провести сравнительный анализ полученных значений сосудистой стенки в группах шахтеров и контрольной группе.

Материалы и методы. Осуществлено гистологическое и морфометрическое исследование аутопсийного материала (сосудов сердечной мышцы), полученного при проведении 24 судебно-медицинских экспертиз шахтеров Кемеровской области, погибших в техногенной катастрофе. Их профессии относились к основным в угледобывающей отрасли: проходчик, горнорабочий очистного забоя, горнорабочий подземный, подземный электрослесарь, машинист горновыводочных машин, мастер участка. Ранее установле-

но, что у исследуемых лиц наблюдалось генерализованное и манифестное развитие атрофических, гиперпластических и склеротических процессов во всех структурах системы органов дыхания.

Возраст шахтеров находился в диапазоне от 22 до 64 лет, их стаж во вредных условиях труда — от 5 до 30 лет. Все горнорабочие были разделены на группы по продолжительности работы в подземных условиях. К 1-й группе шахтеров были отнесены лица, имеющие подземный стаж работы от 5 до 9 лет ($n=8$), ко 2-й — стаж от 10 до 19 лет ($n=8$), в 3-ю группу вошли шахтеры со стажем работы от 20 до 30 лет ($n=8$). Группа контроля была сформирована из 8 судебно-медицинских экспертиз погибших при автодорожной катастрофе мужчин г. Новокузнецка в возрасте не старше 30 лет и не имевших, по результатам вскрытий, видимой органной патологии.

Для исследования использовался аутопсийный материал, представленный участками сердечной мышцы правых и левых отделов сердца, а также межжелудочковой перегородкой с пучками проводящей системы.

Приготовление образцов тканей для гистологического изучения было стандартным. Кусочки органов фиксировались при помощи нейтрального 12-процентного формалина. Далее материал промывался, обезжизнялся в спиртах возрастающей крепости и заливался в гистологическую среду «Гистомикс». Полученные срезы сердечной мышцы окрашивались гематоксилин-эозином, а также пикрофуксином по методу Ван Гизона. Микроскопирование и микрофотосъемка гистологических препаратов проводились с помощью микроскопа Olympus CX31 RBSF (Германия) при увеличении окуляра 10 крат, поля зрения — 20 мм и объектива — 20, 40 и 100 с водной и масляной иммерсией.

Морфометрические измерения сосудов сердца шахтеров осуществлялись с использованием программы Bio Vision 4.0. Оценивался диаметр каждого сосуда, на основании полученных результатов последние разделены на 3 группы: 1 группа — сосуды диаметром до 50 микрон (мк), 2 группа — от 50 до 100 мк и 3 группа — диаметром от 100 до 250 мк. У каждого шахтера проводились измерения 5 сосудов в каждой группе. В структурах оценивались: толщина стенки, площадь клеток эндотелиального слоя, толщина периваскулярного фиброза. Линейные размеры в гистологических образцах измерялись в микронах 5–20-кратно, в среднем 10 раз. Компьютерная программа морфометрии позволяла по частичным фрагментам и кривизне сегментарных отрезков сосудов высчитывать площади объектов.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 22 (лицензионный договор № 20/604/3–1 от 22.04.2016). Нормальность распределения количественных признаков проверялась с помощью показателей эксцесса и асимметрии. Сравнение переменных сосудистой стенки в двух независимых группах проводилось с помощью критерия Манна-Уитни (U). Для сравнения более чем двух независимых выборок использовался H -тест Крускала-Уоллиса. Для выявления связей между количественными признаками в группах применяли метод парных ранговых корреляций по Спирману (r_s — коэффициент корреляции). Критическое значение уровня значимости различий: $p=0,05$. Обозначения: N — объем выборки, M — среднее, σ — стандартное отклонение, Me — медиана (50% перцентиль). Использовались также значения нижнего (25%) и верхнего (75%) квартилей (перцентилей).

Результаты и обсуждение. Проверка нормальности распределения количественных признаков с помощью по-

казателей эксцесса и асимметрии выявила, что большая часть параметров выходит за пределы интервала от -1 до $+1$, следовательно, распределение признака в данных группах не являлось нормальным. В связи с этим при проведении статистического анализа полученных результатов использовались соответствующие непараметрические тесты.

У шахтеров 1-й группы, имевших подземный стаж работы от 5 до 9 лет, в сосудах сердца различного диаметра отмечалось развитие начальных гипертрофических изменений медиальной оболочки, что приводило к незначительному утолщению стенки большинства структур (табл. 1).

Кроме того, в некоторых эндотелиальных клетках выявлялись признаки относительной гипертрофии ядер клетки с их гиперхромией, контуры кариолеммы были неровные, частично размытые. Отмечалось пролабирование клеток в просвет сосудов, увеличение их размеров. Описываемые изменения, вероятнее всего, свидетельствовали о возрастании функциональной активности эндотелиоцитов в условиях повышенной пылевой нагрузки. В отдельных полях зрения эндотелиальные клетки формировали частоклообразные структуры.

Вместе с тем не были найдены статистически значимые различия по исследуемым признакам (толщина стенки сосуда и площадь эндотелиоцитов) с контрольными показателями.

В периваскулярных зонах сосудов различного диаметра отмечено формирование фибропластических изменений, что не наблюдалось в контрольной группе.

Корреляционный анализ позволил выявить значимые сильные прямые связи:

- между площадью эндотелиоцитов и толщиной периваскулярного фиброза в сосудах диаметром до 50 мк ($r_s=0,833$, $p=0,01$) и от 100 до 250 мк ($r_s=0,714$, $p=0,047$);
- между площадью эндотелиоцитов и толщиной сосудистой стенки в сосудах диаметром до 50 мк ($r_s=0,738$, $p=0,037$).

Отсутствие взаимосвязи между толщиной стенки сосуда и площадью эндотелиоцитов в большинстве групп сосудов, вероятно, можно объяснить тем, что в данном процессе ключевую роль играет гипертрофия гладкомышечных клеток меди.

В контрольной группе не было выявлено статистически значимых связей между переменными стенки сосудов сердечной мышцы.

Стажированность сопровождалась нарастанием вышеупомянутых морфологических изменений. При исследовании сосудов сердца шахтеров, имевших стаж работы в подземных условиях от 10 до 19 лет, было выявлено, что стенки гемодинамических структур утолщены более значительно, по сравнению с 1-й группой, в сосудах диаметром от 50 до 100 мк — статистически значимо ($U=-2,1$, $p=0,036$) (табл. 2).

Значимые различия толщины стенки с контрольными показателями также выявлены в сосудах диаметром от 50 до 250 мк ($U=-2,31$, $p=0,021$).

Гипертрофия клеток гладкой мускулатуры медиа льного слоя носила циркулярный характер. Ядра миоцитов крупные, тесно прилежали друг к другу. Часть из них формировала частоклообразные структуры, что свидетельствовало о спазмировании изучаемых гемодинамических структур или о фиброзной трансформации сосудистого компонента сердечной мышцы. В различных слоях сосудов появлялась очаговая лимфогистиоцитарная инфильтрация.

Отмечалось значительное увеличение общего количества эндотелиоцитов и их площади, статистически значи-

Таблица 1 / Table 1

Значения переменных стенки сосуда у шахтеров 1-й группы (стаж работы 5–9 лет)
The values of the variables of the vessel wall in miners 1st group (work experience 5–9 years)

Группа	Значения толщины стенки сосуда, мк			Значения площади эндотелиоцитов сосуда, мк ²			Значения толщины периваскулярного фиброза сосуда, мк	
	M±σ	Me (25%;75%)	Статистическая значимость	M±σ	Me (25%;75%)	Статистическая значимость	M±σ	Me (25%;75%)
Сосуды диаметром < 50 мк								
Группа шахтеров 1	14,25±5,69	12,99 (9,23;20,67)	U=-1,26 p=0,208	32,87±14,13	30,83 (23,49;46,23)	U=-0,84 p=0,401	25,30±10,58	27,26 (16,38;34,38)
Контрольная группа	11,43±5,03	10,10 (7,22;16,23)	–	25,64±8,07	25,84 (17,95;32,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 50–< 100 мк								
Группа шахтеров 1	13,89±3,83	12,45 (10,86;17,44)	U=-0,315 p=0,753	41,05±13,84	36,80 (29,31;51,95)	U=-1,58 p=0,115	31,32±10,59	29,56 (23,92;36,01)
Контрольная группа	13,63±2,36	12,53 (12,13;15,16)	–	31,13±9,72	29,99 (23,55;36,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 100–< 250 мк								
Группа шахтеров 1	31,63±18,89	22,52 (18,74;53,29)	U=-1,68 p=0,093	51,91±13,86	51,88 (40,62;62,29)	U=-1,79 p=0,074	45,57±8,89	47,63 (39,73;49,21)
Контрольная группа	20,50±10,27	15,58 (14,22;31,75)	–	39,04±12,39	36,42 (28,55;50,65)	–	–	–

Таблица 2 / Table 2

Значения переменных стенки сосуда у шахтеров 2-й группы (стаж работы 10–19 лет)
The values of the variables of the vessel wall miners 2nd team (work experience of 10–19 years)

Группа	Значения толщины стенки сосуда, мк			Значения площади эндотелиоцитов сосуда, мк ²			Значения толщины периваскулярного фиброза сосуда, мк	
	M±σ	Me (25%;75%)	Статистическая значимость	M±σ	Me (25%;75%)	Статистическая значимость	M±σ	Me (25%;75%)
Сосуды диаметром < 50 мк								
Группа шахтеров 2	15,84±4,95	16,38 (11,07;19,74)	U=-1,58 p=0,115	50,97±11,28	48,61 (42,06;63,51)	U=-3,26 p=0,115	37,90±17,99	37,59 (19,71;52,19)
Контрольная группа	11,43±5,03	10,10 (7,22;16,23)	–	25,64±8,07	25,84 (17,95;32,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 50–< 100 мк								
Группа шахтеров 2	18,45±4,51	17,87 (14,22;23,06)	U=-2,31 p=0,021	55,41±19,44	49,83 (38,69;78,07)	U=-2,73 p=0,006	47,43±11,05	48,12 (35,85;59,13)
Контрольная группа	13,63±2,36	12,53 (12,13;15,16)	–	31,13±9,72	29,99 (23,55;36,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 100–< 250 мк								
Группа шахтеров 2	36,04±11,14	35,72 (29,19;40,61)	U=-2,31 p=0,021	80,05±25,88	79,31 (56,16;99,93)	U=-2,94 p=0,003	78,11±36,57	62,48 (54,52;109,8)
Контрольная группа	20,50±10,27	15,58 (14,22;31,75)	–	39,04±12,39	36,42 (28,55;50,65)	–	–	–

Таблица 3 / Table 3

Значения переменных стенок у шахтеров 3-й группы (стаж работы 20–30 лет)
The values of the variables of the wall of the miners of the 3rd group (the work experience of 20–30 years)

Группа	Значения толщины стенки сосуда, мк			Значения площади эндотелиоцитов сосуда, мк ²			Значения толщины периваскулярного фиброза сосуда, мк	
	M±σ	Me (25%; 75%)	Статистич. значимость	M±σ	Me (25%; 75%)	Статистич. значимость	M±σ	Me (25%; 75%)
Сосуды диаметром < 50 мк								
Группа шахтеров 3	13,86±1,88	13,65 (12,24;15,74)	U=–1,16; p=0,248	43,61±6,97	44,64 (39,91;49,43)	U=–3,15; p=0,002	39,64±5,90	37,97 (36,30;46,31)
Контрольная группа	11,43±5,03	10,10 (7,22;16,23)	–	25,64±8,07	25,84 (17,95;32,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 50–< 100 мк								
Группа шахтеров 3	19,99±3,30	19,02 (17,97;21,15)	U=–3,15; p=0,002	80,34±22,52	80,29 (60,73;99,64)	U=–3,26; p=0,001	63,50±10,60	62,96 (56,56;70,38)
Контрольная группа	13,63±2,36	12,53 (12,13;15,16)	–	31,13±9,72	29,99 (23,55;36,10)	–	–	–
Сосуды диаметром > 100–< 250 мк								
Группа шахтеров 3	36,49±14,35	34,67 (26,16;36,58)	U=–2,21; p=0,027	96,06±26,56	96,14 (76,27;123,2)	U=–3,26; p=0,001	88,01±32,60	78,05 (59,95;114,3)
Контрольная группа	20,50±10,27	15,58 (14,22;31,75)	–	39,04±12,39	36,42 (28,55;50,65)	–	–	–

мые различия по данному признаку с контрольной группой были выявлены в сосудах диаметром свыше 50 мк ($U=-2,73$, $p=0,006$ и $U=-2,94$, $p=0,003$). Также данный показатель был значимо больше по сравнению с 1-й группой шахтеров в структурах диаметром до 50 мк ($U=-2,31$, $p=0,021$) и свыше 100 мк ($U=-2,21$, $p=0,027$). Ядра эндотелиоцитов увеличены в объеме с гиперхромией последних, выбухали в просвет сосудов.

Отмечено прогрессирование относительно значений 1-й группы шахтеров, имевших подземный стаж работы от 5 до 9 лет, периваскулярного фиброза в виде муфт, частично деформирующего просветы сосудов, что более выражено в сосудах диаметром от 50 до 250 мк ($U=-2,63$, $p=0,009$ и $U=-2,42$, $p=0,016$).

Корреляционный анализ не выявил статистически значимых взаимосвязей между параметрами сосудистой стенки различных групп.

Увеличение стажа работы до 20 лет приводило к развитию значительных изменений в сосудах сердечной мышцы. У шахтеров отмечалось резкое утолщение стенки изучаемых структур за счет гипертрофии гладкомышечного компонента меди, эндотелиоза и незначительной инфильтрации клетками лимфогистиоцитарного ряда.

Измеряемые параметры были статистически значимо выше значений контрольной группы практически во всех изучаемых сосудах (табл. 3).

Увеличение толщины периваскулярного фиброза в структурах диаметром до 50 мк и свыше 100 мк было незначительным по сравнению с показателями во 2-й группе шахтеров, но статистически значимым относительно значений признака в 1-й группе (соответственно $U=-2,84$, $p=0,005$ и $U=-3,15$, $p=0,02$). Резкое увеличение показателей по сравнению со значениями изучаемого признака у шахтеров со стажем работы 10–19 лет было отмечено в сосудах диаметром от 50 до 100 мк ($U=-2,31$, $p=0,021$).

Корреляционные взаимосвязи между параметрами выявлены не были.

Применение критерия Крускала-Уоллиса показало статистически значимые различия между переменными сосудов различного диаметра во всех группах, за исключением признака «толщина стенки» сосудов диаметром <50 мк.

Выводы:

1. Вредные условия труда шахтеров приводят к развитию в стенке сосудов сердца морфологических изменений в виде эндотелиоза, гипертрофии меди и периваскулярного фиброза. Данные нарушения регистрируются у лиц, имеющих 5–9-летний подземный стаж работы, и прогрессируют с его увеличением, приводя к морфоструктурной трансформации сосудов.

2. Морфометрическое исследование сосудов сердечной мышцы шахтеров с последующей статистической обработкой полученных измерений показало: у шахтеров со стажем работы от 5 до 9 лет не были найдены статистически значимые различия по исследуемым признакам с контрольной группой. Корреляционный анализ выявил значимые сильные прямые связи между площадью эндотелиоцитов и толщиной периваскулярного фиброза в большинстве групп сосудов, а также между площадью эндотелиоцитов и толщиной сосудистой стенки в структурах диаметром до 50 мк.

3. Стенки сосудов сердца шахтеров, имевших подземный стаж работы от 10 до 19 лет, утолщены более значительно, чем в 1-й группе. Значимые различия толщины стенки с показателями контрольной группы выявлены в большинстве структур. Наблюдалось увеличение площади эндотелиоцитов как относительно контрольных значений, так и

1-й группы шахтеров. Значения толщины периваскулярного фиброза достоверно превышали показатели шахтеров, продолжительность работы которых во вредных условиях составляла 5–9 лет.

4. У шахтеров со стажем работы от 20 до 30 лет измеряемые параметры сосудов сердца были статистически значимо выше значений контрольной группы практически по всем изучаемым группам сосудов. Увеличение толщины периваскулярного фиброза было незначительным по сравнению с показателями во 2-й группе шахтеров, но статистически значимым относительно значений 1-й группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головкова Н.П., Чеботарев А.Г., Хелковский-Сергеев Н.А., Каледина Н.О. Оценка условий труда, профессионального риска, состояния профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности. *Горн. инф. анал. бюл.* 2011; (7): 9–40.

2. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г., Суржиков Д.В. Оценка и обоснование системы профилактики риска профессиональных заболеваний работников угольных разрезов. *Мед. труда и пром. экол.* 2013; (4): 33–6.

3. Измеров Н.Ф. Современные проблемы медицины труда. В кн.: *Стандартизация и качество медицинской помощи в медицине труда: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию Ростовского областного центра профпатологии.* Ростов; 2008: 5–10.

4. Панев Н.И., Коротенко О.Ю., Захаренков В.В., Шавцова Г.М., Матвеева О.В., Попова Е.В. и др. Частота заболеваний сердечно-сосудистой системы у работников угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; (5): 16–20.

5. Шальнова С.А., Оганов Р.Г., Деев А.Д. Оценка и управление суммарным риском сердечно-сосудистых заболеваний у населения России. *Кардиоваскуляр. терапия и профилактика.* 2004; 3(4): 4–11.

6. Дорофиев Н.Н. Роль сосудистого эндотелия в организме и универсальные механизмы изменения его активности (обзор литературы). *Бюл. физиол. и патол. дыхания.* 2018; (68): 107–16.

7. Мельникова Ю.С., Макарова Т.П. Эндотелиальная дисфункция как центральное звено патогенеза хронических болезней. *Казан. мед. ж.* 2015; 96(4): 659–64.

8. Clozel M., Salloukh H. Role of endothelin in fibrosis and anti-fibrotic potential of bosentan. *Ann. Med.* 2005; 37(1): 2–12.

9. Lee C.G., Kang H.R., Homer R.J., Chupp G., Elias J.A. Transgenic modeling of transforming growth factor-beta(1): role of apoptosis in fibrosis and alveolar remodeling. *Proc. Am. Thorac. Soc.* 2006; 3(5): 418–23.

10. Боташев А.А., Терещенко О.А., Сергиенко В.И. Современные взгляды на патогенетическую взаимосвязь между системным воспалением и иммунной системой при желчном перитоните, осложненном абдоминальным сепсисом. *Иммунология.* 2013; (3): 164–7.

11. Гусев Е.Ю., Черешнев В.А. Системное воспаление: теоретические и методологические подходы к описанию модели общепатологического процесса. Часть 3. Предпосылки несиндромального подхода. *Патол. физиол. и эксперим. терапия.* 2013; 57(3): 3–14.

12. Екимовских А.В., Чурляев Ю.А., Епифанцева Н.Н., Кан С.Л., Данцигер Д.Г., Редкокаша Л.Ю. Механизмы дисфункции сосудистого эндотелия у шахтеров. *Сиб. мед. ж. (Томск).* 2013; 28(3): 28–34.

13. Епифанцева Н.Н., Филимонов С.Н., Панев Н.И., Данилевская Л.А., Захаренков В.В., Бурдейн А.В. Нарушения в систе-

ме гемостаза у шахтеров-угольщиков. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; (9): 22–5.

14. Золотоев О.С., Чурляев Ю.А., Екимовских А.В., Кан С.Л., Косовских А.А., Данцигер Д.Г. Особенности формирования эндотелиальной дисфункции у шахтеров-подземников. *Мед. в Кузбассе.* 2012; 11(4): 26–30.

15. Мельников В.В. Прогностическая роль функции эндотелия при выборе метода холецистэктомии у работников угольной промышленности с патологией органов дыхания. *Международ. мед. ж.* 2012; 18(3): 64–7.

16. Федорущенко Л.С., Сугак Н.К., Бокач А.В. Динамика морфологических изменений легочной ткани при кратковременной экспозиции смешанной пыли. В кн.: *Здоровье и окружающая среда: Сборник научных трудов.* Минск; 2006; (Вып. 7): 796–802.

17. Пучинская М.В. Эпителиально-мезенхимальный переход в норме и патологии. *Арх. патол.* 2015; 77(1): 75–83.

18. Потапов В.Е., Синельник Е.А., Акименко М.А., Оганесян М.Г., Пасечник Д.Г. Современные представления о роли эпителиально-мезенхимального перехода в развитии почечного фиброза. *Мол. ученый.* 2016; (15–2): 28–33.

19. Разумов В.В., Бондарев О.И. Методологические проблемы изучения пневмокониоза и пылевого бронхита: прошлое и настоящее: Монография. Новокузнецк: ООО «Полиграфист»; 2012.

REFERENCES

1. Golovkova N.P., Chebotarev A.G., Khelkovskiy-Sergeev N.A., Kaledina N.O. Assessment of working conditions, occupational risk, state of occupational morbidity and industrial injuries of coal industry workers. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'.* 2011; (7): 9–40 (in Russian).

2. Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G., Surzhikov D.V. Assessment and justification of the system of prevention of the risk of occupational diseases of coal mine workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2013; (4): 33–6 (in Russian).

3. Izmerov N.F. Modern problems of occupational medicine. In: *Standardization and quality of medical care in occupational medicine: Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Rostov Regional Center for Occupational Pathology.* Rostov; 2008: 5–10 (in Russian).

4. Panev N.I., Korotenko O.Yu., Zakharenkov V.V., Shavtsova G.M., Matveeva O.V., Popova E.V. et al. The occurrence of diseases of the cardiovascular system in coal industry workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; (5): 16–20 (in Russian).

5. Shalnova S.A., Oganov R.G., Deev A.D. Assessment and management of total cardiovascular disease risk in Russian population. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2004; 3(4): 4–11 (in Russian).

6. Dorofienko N.N. The role of vascular endothelium in the organism and the universal mechanisms of changing its activity (review). *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya.* 2018; (68): 107–16 (in Russian).

7. Mel'nikova Yu.S., Makarova T.P. Endothelial dysfunction as the key link of chronic diseases pathogenesis. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2015; 96(4): 659–64 (in Russian).

8. Clozel M., Salloukh H. Role of endothelin in fibrosis and the anti-fibrotic potential of bosentan. *Ann. Med.* 2005; 37(1): 2–12.

9. Lee C.G., Kang H.R., Homer R.J., Chupp G., Elias J.A. Transgenic modeling of transforming growth factor-beta(1): role of apoptosis in fibrosis and alveolar remodeling. *Proc. Am. Thorac. Soc.* 2006; 3 (5): 418–23.

10. Botashev A.A., Tereshchenko O.A., Sergienko V.I. Modern views on the pathogenetic relationship between systemic inflammation and the immune system in biliary peritonitis complicated by abdominal sepsis. *Immunologiya.* 2013; (3): 164–7 (in Russian).

11. Gusev E.Yu., Chereshev V.A. Systemic inflammation: theoretical and methodological approaches to the description of the general pathological process model. Part 3. Prerequisites of non-syndromic approach. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*. 2013; 57 (3): 3–14 (in Russian).
12. Ekimovskikh A.V., Churlyayev Yu.A., Epifantseva N.N., Kan S.L., Dantsiger D.G., Redkokasha L.Yu. Mechanisms of vascular endothelial dysfunction in miners. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Tomsk)*. 2013; 28 (3): 28–34 (in Russian).
13. Epifantseva N.N., Filimonov S.N., Panev N.I., Danilevskaya L.A., Zakharenkov V.V., Bourdein A.V. Hemostasis disorders in coal miners. *Med. truda i prom. ekol*. 2009; (9): 22–5 (in Russian).
14. Zoloeva O.S., Churlyayev Yu.A., Ekimovskikh A.V., Kan S.L., Kosovskikh A.A., Dantsiger D.G. Characteristics of endothelial dysfunction in coal miners. *Meditsina v Kuzbasse*. 2012; 11 (4): 26–30 (in Russian).
15. Melnikov V.V. The prognostic role of endothelial function when choosing a cholecystectomy method in coal industry workers with respiratory pathology. *Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal*. 2012; 18 (3): 64–7 (in Russian).
16. Fedorushchenko L.S., Sugak N.K., Bokach A.V. Dynamics of morphological changes in lung tissue during short-term exposure to mixed dust. In: *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: Sbornik nauchnykh trudov*. Minsk; 2006; (Issue 7): 796–802 (in Russian).
17. Puchinskaya M.V. Epithelial-mesenchymal transition in normal and pathological conditions. *Arkhiv patologii*. 2015; 77(1): 75–83 (in Russian).
18. Potapov V.E., Sinelnik E.A., Akimenko M.A., Oganessian M.G., Pasechnik D.G. Modern ideas about the role of the epithelial-mesenchymal transition in the development of renal fibrosis. *Mol. uchenyj*. 2016; (15–2): 28–33 (in Russian).
19. Razumov V.V., Bondarev O.I. *Methodological problems of studying pneumoconiosis and mechanic bronchitis: past and present: Monograph*. Novokuznetsk: Polygraphist; 2012 (in Russian).

Дата поступления / Received: 01.04.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 31.05.2019

Дата публикации / Published: 14.06.2019