

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Конеvских Л.А.¹, Ладохина Т.Т.¹, Константинова Е.Д.², Астахова С.Г.¹

Влияние факторов производственной среды и образа жизни на состояние артериальных сосудов у работников, занятых в производстве меди

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург;

²ФГБУН Институт промышленной экологии УрО РАН, 620990, Екатеринбург

Введение. Ведущей причиной смертности населения трудоспособного возраста, в том числе случаев смерти на производстве, являются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Основу борьбы с ССЗ составляет концепция высокого риска их развития, и для выявления лиц с высоким риском ССЗ для Европейского региона рекомендуют использовать шкалу SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation). Однако не у всех людей, имеющих факторы риска ССЗ, происходит их одинаковая реализация. Поэтому наибольшее значение имеет определение интегральных показателей сердечно-сосудистого риска (ССР), которые отражают реализованное воздействие отрицательных факторов на человека в течение жизни и позволяют выявлять изменения на ранних, обратимых стадиях заболевания.

Материал и методы. Одномоментное исследование включало 108 практически здоровых работников мужского пола основных профессий (конвертерщики, шихтовщики, обжигальщики, плавильщики) в возрасте от 27 до 63 лет и стажем работы во вредных условиях труда от 4 до 40 лет, занятых в производстве меди на предприятиях Свердловской области. В клинике Екатеринбургского медицинского научного центра в 2017–2018 гг. всем работникам были проведены исследования, включающие определение уровня общего холестерина (ОХС), глюкозы, свинца и меди в крови, объёмная сфигмография с регистрацией сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (СЛСИ), ультразвуковое исследование сонных артерий с измерением толщины комплекса интима-медиа (ТИМ) и определён сердечно-сосудистый риск (ССР) по шкале SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation).

Результаты. Выявлены факторы ССР: курение (72,2%), ожирение различной степени выраженности (33,3%), ОХС более 4,9 ммоль/л (57,9%), гипергликемия натощак (73,9%) и артериальная гипертония 1–2-й степени (40,7%). В 28,7% случаев зарегистрировано повышение жёсткости артериальных сосудов по СЛСИ (> 8). Установлена зависимость между СЛСИ и «Риск» ($p = 0,00105$), отражающего суммарный сердечно-сосудистый риск по шкале SCORE, корреляционная связь между СЛСИ и содержанием меди в крови ($r = 0,33$) у работников производства меди, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований.

Ключевые слова: производство меди; риск сердечно-сосудистых заболеваний; артериальная жёсткость; объёмная сфигмография.

Для цитирования: Конеvских Л.А., Ладохина Т.Т., Константинова Е.Д., Астахова С.Г. Влияние факторов производственной среды и образа жизни на состояние артериальных сосудов у работников, занятых в производстве меди. *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (1): 45-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-45-50>

Для корреспонденции: Конеvских Лилия Алексеевна, доктор мед. наук, зав. научно-производственным отделом функциональной и лучевой диагностики, в.н.с., ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург. E-mail: la@konevskikh.net

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Конеvских Л.А., Ладохина Т.Т.; сбор и обработка материала – Ладохина Т.Т., Астахова С.Г.; статистическая обработка – Константинова Е.Д.; написание текста – Конеvских Л.А., Ладохина Т.Т.; редактирование – Конеvских Л.А.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила: 09.10.19

Принята к печати: 12.12.19

Опубликована: 27.02.2020

Konevskikh L.A.¹, Ladokhina T.T.¹, Konstantinova E.D.², Astakhova S.G.¹

The impact of occupational and lifestyle factors on state of arterial vessels in copper industry workers

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 620990, Russian Federation

Introduction. Cardiovascular diseases (CVDs) are the leading cause of death in working-age population, including mortality occurring through occupational fatalities. The core principle in fighting CVDs is having special consideration for individuals with a high risk of its development. In order to identify those individuals, the SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation) system is advised. The realizations (i.e. the effects of exposure) with respect to the same risk factors may vary across individuals. Therefore, it is of urging importance to conduct an assessment of the integral cardiovascular risk estimates that are informative of coming-to-an-effect long-term exposures to adverse factors and helpful in identifying changes at early reversible stages of CVD.

Material and methods. A cross-sectional study included 108 male workers aged 27-63 years, without apparent health disorders who been working in unsafe conditions over from 4 to 40 years, employed as occupational staff (converter furnace operators, charge workers, burners, smelters) in copper production enterprises of the Sverdlovsk region. Clinical examination and laboratory tests were conducted at the Yekaterinburg Medical Research Center in 2017-2018. The evaluated indices included: total cholesterol (TC), glucose, Pb and Cu level in blood. A 3D-sphygmography with CAVI assessment and aa. carotides ultrasound with intima-media thickness (IMT) assessment were performed. Cardiovascular risk (CVR) was evaluated according to the SCORE assessment.

Results. The following CVR factors were identified: smoking (72.2%), obesity of various classes (33.3%), TC > 4.9 mmol/l (57.9%), high fasting glucose (73.9%) and arterial hypertension stages 1-2 (40.7%). An arterial vessel stiffness increase by CAVI (>8.0) was found in 28.7% of subjects. Associations were found between CAVI index and (i) total CVR level as evaluated by SCORE ($p=0.00105$), (ii) blood Cu level ($r=0.33$). Therefore, further research is needed.

Key words: copper production; cardiovascular risk; arterial wall stiffness 3D-sphygmography.

For citation: Konevskikh L.A., Ladokhina T.T., Konstantinova E.D., Astakhova S.G. The impact of occupational and lifestyle factors on the state arterial vessels in copper industry workers. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99 (1): 45-50. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-45-50>

For correspondence: Liliya A. Konevskikh, MD, Ph.D., DSci., Head of Radiology and Functional Diagnostics Department, Leading Researcher at the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: la@konevskikh.net

Information about authors:

Konevskikh L.A., <https://orcid.org/0000-0002-1667-0055>; Ladokhina T.T., <https://orcid.org/0000-0002-8811-1084>
Konstantinova E.D., <https://orcid.org/0000-0002-2260-744X>; Astakhova S.G., <https://orcid.org/0000-0002-6027-704X>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: The design of the study – Konevskikh L.A., Ladokhina T.T.; Data collection and processing – Ladokhina T.T., Astakhova S.G.; Statistics by Konstantinova E.D.; Text writing by Konevskikh L.A., Ladokhina T.T. Text editing by Konevskikh L.A. A final version confirmation process, consistency ensuring by all the authors.

Received: October 09, 2019

Accepted: December 12, 2019

Published: February 27, 2020

Введение

На состояние здоровья работающего населения помимо общих факторов риска, присущих населению России (курение, алкоголь, малая физическая активность, несбалансированное питание с дефицитом витаминов и др.), воздействуют неблагоприятные факторы среды обитания, в том числе профессиональные факторы риска, роль которых в отдельных отраслях промышленности (угольная, химическая, горная, «горячие цеха металлургических производств» и др.) чрезвычайно высока. По данным Управления Роспотребнадзора по Свердловской области, каждый третий работник занят в условиях воздействия вредных производственных факторов [1].

Ведущей причиной смертности населения трудоспособного возраста, в том числе случаев смерти на производстве, являются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Важную роль в их патогенезе играет повышение жёсткости и снижение эластичности крупных артерий. Высокий уровень зависимости состояния здоровья населения от факторов среды обитания ставит перед медициной труда в качестве первоочередной задачи реализацию комплекса профилактических мер, направленных на изучение механизмов влияния факторов производственной среды на человека и раннюю диагностику ССЗ [2]. Основу борьбы с ССЗ составляет концепция высокого риска их развития, которая направлена на выявление людей с высокой вероятностью развития заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) с последующим осуществлением профилактических мероприятий [3]. Для выявления лиц с высоким риском ССЗ для Европейского региона рекомендуют использовать шкалу SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation), разработанную на основе проспективных данных европейских стран [4]. Не у всех людей, имеющих факторы риска ССЗ, происходит их одинаковая реализация. Поэтому наибольшее значение имеет определение интегральных показателей сердечно-сосудистого риска (ССР), которые отражают реализованное воздействие отрицательных факторов на человека в течение жизни, могут быть представлены в количественном выражении и позволяют выявлять изменения на ранних, обратимых стадиях заболевания. К таким показателям относится жёсткость артериальных сосудов, которая ассоциируется с артериальной гипертензией (АГ) и ИБС и приводит к развитию сердечной недостаточности [5, 6].

В последние годы для оценки региональной жёсткости сосудистой стенки обычно используется каротидно-феморальная скорость распространения пульсовой волны (СПВ_{кф}), которую консенсус экспертов Европейского общества кардиологов по арте-

риальной жёсткости (2006) рекомендует использовать в качестве дополнительного критерия поражения магистральных сосудов у больных АГ. Исследования, проведённые в последние годы, доказали, что СПВ_{кф} является независимым предиктором общей и сердечно-сосудистой смертности у больных АГ и в общей популяции в целом [5]. Однако СПВ_{кф} зависит не только от жёсткости сосудов, но и от уровня артериального давления (АД) у пациента в момент проведения исследования, что снижает значимость метода определения СПВ_{кф}, особенно при повышении АД. Кроме того, внедрение метода СПВ_{кф} встречает определённые трудности, связанные со сложностью регистрации пульсовых волн при проведении скрининговых исследований и у пациентов с повышенной массой тела. В Японии предложен простой метод определения скорости пульсовой волны путём объёмной сфигмографии на участке от аорты до лодыжки – сердечно-лодыжечная СПВ или сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (СЛСИ), а также плечелодыжечная СПВ (СПВ_{пл}) и индекс augmentation давления [7–11]. Установлено, что СПВ_{пл} хорошо коррелирует с СПВ_{кф} выраженностью ИБС [12]. Однако данные литературы о влиянии различных факторов риска на артериальную жёсткость сосудов противоречивы, а сведения о влиянии профессиональных факторов риска на жёсткость сосудистой стенки отсутствуют.

Цель работы – выявить факторы производственной среды и образа жизни (профессиональные факторы риска, табакокурение, гипергликемия, избыточная масса тела, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия), коррелирующие с жёсткостью артериальных сосудов у работников, занятых в производстве меди.

Материал и методы

В клинике Екатеринбургского медицинского научного центра были обследованы 108 работников мужского пола в возрасте от 27 до 63 лет (средний возраст – $45,2 \pm 8,1$ года) и стажем работы во вредных условиях от 4 до 40 лет (средний стаж работы – $18,1 \pm 8,2$ года), занятых в производстве меди на предприятиях Свердловской области. Среди обследованных были работники основных профессий предприятий по производству черновой меди и медных анодов (конвертерщики, загрузчики шихты, обжигальщики, плавильщики).

По результатам специальной оценки условий труда на рабочих местах плавильщиков анодного участка, среднесменные значения концентрации свинца и его неорганических соединений превышали предельно допустимые концентрации (ПДК) в 1,5–2 раза. Темпера-

Таблица 1

Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний и показатели артериальной жёсткости у работников производства меди с различным суммарным риском по шкале SCORE, $M \pm SD$

Показатель	Группа риска сердечно-сосудистых заболеваний				P
	1-я, n = 9	2-я, n = 74	3-я, n = 16	4-я, n = 9	
Возраст, годы	37,5 ± 4,7	43,8 ± 7,3	52,1 ± 3,6	57,4 ± 3,3	1-30,00000 2-40,00000 3-40,123
Стаж работы, годы	16,1 ± 6,1	16,8 ± 8,7	20,4 ± 8,8	24,4 ± 9,3	1-40,05
ПАД, мм рт. ст.	47,4 ± 5,0	47,6 ± 9,1	54,6 ± 10,5	61,0 ± 18,7	1-40,025 2-40,0004
Глюкоза крови, ммоль/л	5,8 ± 0,3	6,0 ± 1,6	6,0 ± 0,5	6,0 ± 0,2	1-43,34
ИМТ, кг/м ²	26,3 ± 2,9	27,6 ± 4,1	30,5 ± 16,2	29,5 ± 3,6	2-30,01210
СЛСИ, ед.	6,9 ± 1,1	7,2 ± 1,1	7,9 ± 0,7	8,1 ± 1,3	1-40,0269 2-40,0310
СЛСИ > 8 ед, %	11,1	24,3	43,7	66,7	1-40,007
ЛПИ, ед.	1,1 ± 0,05	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,05	1-40,36
ИА, ед.	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1-40,59
СПВ _{пл} , м/с	6,8 ± 0,6	7,4 ± 0,8	7,9 ± 0,8	8,2 ± 1,0	1-30,0232 2-40,00573 1-40,00223

тура воздуха превышала допустимые нормы в тёплый период года на 14 °С, в холодный – на 7 °С, а интенсивность теплового излучения на различных рабочих площадках превышала предельно допустимые уровни (ПДУ) до 13 раз (класс условий труда 3.3). Рабочее место конвертерщика производства черновой меди характеризовалось неблагоприятными факторами: химический (класс условий труда 3.2), аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (3.1), шум (3.3), нагревающий микроклимат (3.2), тяжесть труда (3.2). Общая оценка условий труда конвертерщика – 3.3. Рабочее место загрузчика шихты предприятия по производству черновой меди характеризовалось неблагоприятными производственными факторами: химический (хром (VI) триоксид, свинец и мышьяк, класс условий труда 3.3), аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (3.1), тяжесть труда (3.1). Кроме вышеуказанных превышающих ПДК веществ на рабочем месте загрузчика шихты, также отмечены высокие концентрации для ванадия и его соединений (1,8 ПДК), меди по максимально разовым и среднесменным ПДК (1,8 и 1,4 ПДК соответственно), свинца (1,94 ПДК). Итоговый класс условий труда для рабочего места загрузчика шихты обжигового отделения составлял 3.4, учитывая эффект суммации для канцерогенных веществ (хром (VI) триоксид, свинец и мышьяк).

Всем работникам проведены анкетирование, антропометрические исследования, включающие измерение роста, массы тела, окружности талии и бёдер, артериального давления, электрокардиография, определение уровня общего холестерина (ОХС), свинца и меди в крови методом атомной абсорбции. Индекс массы тела определяли по формуле Кетле (отношение массы тела в кг к росту в м²). Оценку суммарного ССР проводили по шкале риска SCORE [3]. Всем работникам проведено ультразвуковое исследование сонных артерий (Acuson S2000, Siemens) для определения толщины комплекса интима-медиа (ТИМ) и наличия атеросклеротических бляшек. Методом объёмной сфигмографии (VaSera-1500N, «Fukuda Denshi», Япония) регистрировалось давление одновременно на плечевых артериях и артериях голени, показатели СЛСИ, СПВ_{пл}, лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) и индекс аугментации (ИА) рассчитывались автоматически. Известно, что величина индекса аугментации зависит от числа сердечных сокращений [13], для исключения этого эффекта используют процедуру нормирования по длительности сердечного цикла. При анализе полученных данных учитывали значения индекса аугментации, приведённые к частоте пульса, равной 75.

Полученные результаты анализировали методами прикладной математической статистики: описательная статистика, методы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа с использованием программы Statistica for Windows, 7-я версия.

Результаты

У обследуемых работников зарегистрированы факторы риска, применяемые для стратификации сердечно-сосудистого риска: курение в 72,2% случаев, ОХС более 4,9 ммоль/л в 57,9%, ожирение различной степени выраженности (индекс массы тела более 30 кг/м²) в 33,3%, гипергликемия натощак в 73,9%, семейный анамнез ранних сердечно-сосудистых заболеваний в 18,8%, пульсовое давление более 60 мм рт. ст. в 16,7% случаев. У 44 работников (40,7%) зарегистрирована артериальная гипертензия 1–2-й степени. Все пациенты составили 4 группы по результатам оценки суммарного ССР по шкале SCORE. Первая группа включала 9 (8,3%) работников с низким ССР (риск SCORE < 1%); 2-я группа – 74 (68,6%) человека с умеренным риском (риск SCORE ≥ 1% и < 5%). У пациентов 3-й группы (16 человек, 14,8%) был определён высокий риск (риск SCORE ≥ 5% и < 10%), а у пациентов 4-й группы (9 работников, 8,3%) – очень высокий ССР (табл. 1). Группы работников с различным суммарным ССР различались между собой по среднему возрасту, при этом большинство (66,7%) работников в группе с очень высоким ССР были старше 55 лет. Артериальная гипертензия первой и второй степени была диагностирована одинаково часто среди пациентов 1-й и 2-й групп (22,2 и 31,1% соответственно). В группе работников с высоким ССР АГ была выявлена в 68,7%, а в 4-й группе (очень высокий ССР) – в 88,9% случаев. Показатели САД, ДАД и пульсовое АД (ПАД) в 4-й группе работников достоверно отличались от аналогичных показателей 1-й группы. Большинство (70%) мужчин 2-й группы и все мужчины 3-й и 4-й групп курили. В группе с низким ССР табакокурение зарегистрировано в 9% случаев. У половины работников 2-й группы и у большинства (75%) работников 3-й и 4-й групп была выявлена гиперхолестеринемия (ОХС более 4,9 ммоль/л) и гипергликемия натощак. Средние значения индекса массы тела (ИМТ) среди обследованных с различным ССР свидетельствовали, что большинство мужчин были с избыточной массой тела или ожирением (ИМТ 30,0 и более, ВОЗ). Действительно, в 3-й и 4-й группах половина работников были с ожирением различной степени выраженности, которое сопровождалось увеличением окружности талии более 94 см, то есть абдоминальным ожирением.

Таким образом, у большинства обследованных работников, занятых в производстве меди, выявлены такие факторы риска ССЗ, как артериальная гипертензия, табакокурение, избыточная масса тела, у половины обследованных ожирение различной степени выраженности, в том числе абдоминальное, гиперхолестеринемия, гипергликемия натощак, возраст старше 55 лет. Сочетание различных факторов риска увеличивалось в группах высокого и очень высокого суммарного ССР.

У работников, занятых в производстве меди, средние значения концентрации меди в крови составили $15,5 \pm 4,1$ мкг/л, а концентрации свинца в крови $0,33 \pm 0,2$ мкг/л и не превышали значения нормы ($11-22$ и $0-0,9$ мкг/л соответственно).

Жёсткость артериальных сосудов оценивали по таким показателям, как СЛСИ, СПВ_{пл}, ИА, ЛПИ. Так как показатели СЛСИ справа были достоверно выше, чем слева (разность средних значений $0,0918$, $p = 0,00343$), а показатели ЛПИ справа и слева не различались ($p = 0,42848$), то для анализа были взяты показатели СЛСИ и ЛПИ, зарегистрированные в области правых конечностей. Величина СЛСИ в группе работников с очень высоким ССР статистически значимо была выше, чем в группе работников с низким и умеренным ССР, и составила $8,1 \pm 1,3$ ед. (см. табл. 1). Нами были использованы нормативы, предложенные Т. Shoda и соавт., согласно которым за норму принимается величина индекса СЛСИ < 8 ед., пограничной считается зона между 8 и 9 ед.; на вероятное наличие атеросклероза указывает показатель > 9 ед. [14]. Был проведён индивидуальный анализ по данному показателю, который показал, что у половины работников 3-й группы и большинства работников 4-й группы СЛСИ был более 8 ед., а в группе работников с умеренным ССР увеличение жёсткости сосудистой стенки отмечено у каждого четвёртого работника. Индекс аугментации во всех группах работников был выше единицы, но не имел достоверных различий в группах работников с различным уровнем ССР. Значения ЛПИ у всех обследованных были выше $0,9$ ед., что свидетельствовало об отсутствии атеросклеротических изменений нижних конечностей.

Данные анализа зависимости показателей жёсткости сосудистой стенки с факторами риска ССЗ, выявленными у работников (возраст, табакокурение, ИМТ, показатели артериального давления, ОХС), представлены в табл. 2.

Результаты регрессионного анализа выявили зависимость СЛСИ и СПВ_{пл} лишь с возрастом работников. Более тесная зависимость была выявлена между СЛСИ и «Риск» ($p = 0,00105$), отражающего суммарный ССР, то есть совокупность факторов риска ССЗ (возраст, курение, уровень артериального давления, холестерин крови). Корреляционный анализ зависимости жёсткости сосудистой стенки с вредными факторами производственной

Таблица 2

Взаимосвязи между показателями жёсткости сосудистой стенки и факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний у работников производства меди (R^2 – коэффициент детерминации)

Показатель	Возраст	ОХС	САД	ДАД	ИМТ
СЛСИ, ед.	0,290	0,003	0,027	0,13	0,0001
ЛПИ, ед.	0,014	0,001	0,003	0,027	0,008
ИА, ед.	0,010	0,008	0,0002	0,00003	0,0006
СПВ _{пл} , м/с	0,290	0,004	0,228	0,29	0,015

среды позволил установить связь между СЛСИ и стажем работы во вредных условиях труда ($r = 0,187$, $p = 0,092$), СЛСИ и содержанием меди в крови ($r = 0,33$, $p < 0,05$) у работников в возрасте старше 45 лет (средний стаж работы $20,9 \pm 8,7$ года).

Учитывая данные литературы [7], свидетельствующие, что возраст и артериальная гипертензия являются определяющими факторами повышения СЛСИ, СПВ и утолщения ТИМ сонных артерий, мы провели анализ изменения СЛСИ в зависимости от уровня артериального давления и толщины комплекса интима-медиа. Полученные результаты показали, что СЛСИ и СПВ_{пл} у работников с диагностированной артериальной гипертензией и без артериальной гипертензии не имели статистически значимых различий. В дальнейшем был проведён анализ показателей, отражающих жёсткость сосудистой стенки в зависимости от толщины комплекса интима-медиа (ТИМ), результаты представлены в табл. 3.

Индивидуальный анализ позволил установить, что уже в группе работников (средний стаж работы во вредных условиях труда $19,6 \pm 5$ лет) без АГ и без увеличения ТИМ в 20% случаев зарегистрировано повышение СЛСИ, а в подгруппах работников с ТИМ $\geq 0,9$ мм повышение жёсткости сосудистой стенки встречалось достоверно чаще (см. табл. 3).

Таблица 3

Показатели жёсткости сосудистой стенки у работников производства меди с АГ и без АГ в зависимости от толщины комплекса интима-медиа сонных артерий, $M \pm SD$

Показатель	Группа работников				p
	без артериальной гипертензии, n = 64		с артериальной гипертензией, n = 44		
	ТИМ < 0,9 мм, n = 55 (85,9%)	ТИМ $\geq 0,9$ мм, n = 9 (14,1%)	ТИМ < 0,9 мм, n = 28 (63,6%)	ТИМ $\geq 0,9$ мм, n = 16 (36,4%)	
Возраст, годы	42,5 \pm 7,8	53,7 \pm 6,1	45,5 \pm 7,2	49,1 \pm 7,5	1-20,0001 1-40,0039
Стаж работы, годы	16,2 \pm 8,3	24,2 \pm 7,5	19,0 \pm 8,1	19,4 \pm 7,5	1-20,0309
САД, мм рт. ст.	129,5 \pm 12,7	135,2 \pm 9,0	144,3 \pm 16,8	145,9 \pm 12,0	1-30,000 2-40,030 1-40,0000
ДАД, мм рт. ст.	81,9 \pm 9,8	90,2 \pm 8,6	89,2 \pm 9,6	94,2 \pm 12,0	1-30,0018 1-20,02 1-40,0000
ПАД, мм рт. ст.	47,7 \pm 9,1	45,0 \pm 8,4	55,1 \pm 13,0	51,6 \pm 6,7	1-30,0036 2-40,048
ОХС, ммоль/л	5,1 \pm 0,8	5,7 \pm 1,6	5,0 \pm 1,1	5,6 \pm 1,4	1-40,064
ИМТ, кг/м ²	26,4 \pm 4,3	26,3 \pm 3,2	27,4 \pm 4,7	29,1 \pm 3,5	1-40,084
СЛСИ, ед.	7,0 \pm 1,1	8,2 \pm 1,1	7,4 \pm 1,2	7,6 \pm 0,9	1-20,0057
СЛСИ > 8 ед., %	20,0	55,5	28,6	43,7	1-20,01 1-40,0058
ЛПИ, ед.	1,1 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1-40,591
ИА, ед.	1,0 \pm 0,24	1,1 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,2 \pm 0,3	1-40,0037 3-40,05
СПВ _{пл} , м/с	7,2 \pm 0,9	7,4 \pm 0,4	7,6 \pm 0,8	7,6 \pm 1,4	1-40,274

Обсуждение

Возрастные изменения артерий изучены достаточно хорошо [15]. Старение, даже при нормальном артериальном давлении, приводит к увеличению пульсового артериального давления и риску развития сосудистых катастроф. Показано, что высокое ПАД как маркер повышения жёсткости артериальной системы является независимым предиктором сердечно-сосудистой смертности у пациентов с АГ [16, 17]. В Фрамингемском исследовании было показано, что у пожилых пациентов пульсовое давление является самым сильным фактором риска сердечно-сосудистой смертности, выше, чем систолическое, диастолическое и среднее гемодинамическое давление [18]. Полученные нами результаты не противоречат данным литературы. Действительно, у работников в группе очень высокого ССР пульсовое АД было выше, чем в группах работников с низким и умеренным ССР, что указывает на необходимость выявления работников с высоким риском ССЗ и проведения им профилактических мероприятий. Для выявления лиц с высоким кардиоваскулярным риском используется шкала SCORE. Известно, что не всегда достаточно повышения уровня общего холестерина или артериального давления, а также наличия других факторов риска по шкале SCORE для формирования изменений со стороны артерий, которые имеют, как правило, многофакторный характер. Кроме того, шкала SCORE учитывает не все факторы риска, воздействующие на человека. Так, вредные производственные факторы, оказывающие влияние на сердечно-сосудистую систему (нагревающий микроклимат, тяжесть труда), указанная шкала не учитывает. Путём непосредственного определения состояния сосудов можно более точно определить степень сердечно-сосудистого риска. Этим методом может быть объёмная сфигмография с определением индекса жёсткости СЛСИ, достаточно чувствительного индикатора состояния сосудистой стенки. Результаты наших исследований показали, что уже в группе работников с умеренным ССР по шкале SCORE увеличение жёсткости сосудистой стенки отмечено у каждого четвёртого. Перевод лиц из группы низкого или умеренного риска в группу высокого риска позволит изменить и характер профилактических мероприятий, а также могут быть проведены дополнительные исследования, в том числе и визуализирующие ультразвуковые исследования сосудистой стенки. У работников промышленных предприятий, работающих во вредных и опасных условиях труда, исследования, направленные на изучение жёсткости сосудистой стенки с проведением сфигмографии и определением СЛСИ, проводились [19, 20]. Однако в этих работах не проведён анализ взаимосвязи показателей жёсткости сосудистой стенки с вредными факторами производственной среды. Изучались общие факторы риска, такие как холестерин, ИМТ, показатели артериального давления, глюкоза крови. Результаты наших исследований выявили корреляционную связь между СЛСИ и содержанием меди в крови, несмотря на отсутствие превышения допустимых значений нормы, при длительном стаже работы во вредных условиях труда.

Как было изложено выше, для условий труда в производстве меди характерно загрязнение воздуха рабочих помещений

тяжёлыми металлами (медь, цинк, свинец, мышьяк и кадмий), обладающими как токсическим, так и канцерогенным действием на организм [21]. Соединения меди обладают широким спектром токсического действия с многообразными клиническими проявлениями. Изучение токсикодинамики и токсикокинетики меди тесно связано с пониманием её роли в качестве физиологически необходимого (эссенциального) микроэлемента. Эти вопросы освещены многими литературными источниками и обобщающими монографиями [22]. Присущая меди способность генерировать активные формы кислорода посредством восстановления его молекулярной формы позволяет рассматривать данный металл как вещество повышенной токсичности [23]. Установлено, что медь является одним из важных следовых биометаллов, принимающих участие в регуляции гомеостаза сердечно-сосудистой системы, а повышение её содержания приводит к развитию сосудистых заболеваний, в частности артериальной гипертензии [24]. Однако механизм действия меди на сердечно-сосудистую систему изучен недостаточно.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют, что жёсткость артериальных сосудов тесно связана с суммарным риском развития ССЗ, и в очередной раз подтверждают многофакторную этиологию атеросклероза. У обследуемых работников производства меди без клинических проявлений сердечно-сосудистых заболеваний уже выявлялась повышенная жёсткость сосудистой стенки по СЛСИ. У работников с АГ, которая у каждого третьего сочеталась с увеличением ТИМ, повышение жёсткости сосудистой стенки свидетельствует о развитии не только атеросклероза в сосудистой стенке, но и артериосклероза. Установленная корреляционная связь между СЛСИ и содержанием меди в крови, несмотря на отсутствие превышения допустимых значений нормы, у работников, средний стаж работы которых во вредных условиях труда составил 20,9 года, подтверждает вклад вредных факторов производственной среды, в том числе и тяжёлых металлов, в общий суммарный риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Заключение

1. У работников производства меди, занятых во вредных условиях труда, в 28,7% случаев зарегистрировано повышение жёсткости артериальных сосудов по СЛСИ (> 8).
2. Установлена зависимость между СЛСИ и «Риск» ($p = 0,00105$), отражающего суммарный сердечно-сосудистый риск по шкале SCORE (возраст, курение, уровень артериального давления, холестерин крови).
3. Корреляционная связь между СЛСИ и содержанием меди в крови ($r = 0,33$), выявленная у работников производства меди, свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований.
4. Работникам, занятым в производстве меди, рекомендуется включать в план обследования объёмную сфигмографию для определения жёсткости артериальных сосудов при стаже работы во вредных условиях труда 15 лет и более.

Литература (пп. 4, 10, 11, 14, 16–18, 22–24 см. References)

1. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю., Брылева М.С. и соавт. Условия труда как фактор риска повышения смертности в трудоспособном возрасте. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 8: 43–9.
2. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Смертность населения трудоспособного возраста в России и развитых странах Европы: тенденции последнего двадцатилетия. *Вестник РАМН*. 2014; 7–8: 121–6.
3. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 6: 7–122.
5. Васюк Ю.А., Иванова С.В., Школьник Е.Л., Котовская Ю.В., Милягин В.А., Олейников В.Э. и соавт. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жёсткости в клинической практике. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016; 15 (2): 4–19. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-2-4-19.
6. Милягин В.А., Милягина И.В., Пурыгина М.А., Осипенкова Т.А. Метод объёмной сфигмографии на аппарате VaSera VS-1500N: методические рекомендации. Смоленск: СГМА; 2014.
7. Алиева А.С., Бояринова М.А., Могучая Е.В., Колесова Е.П., Васильева Е.Ю., Солнцев В.Н. и соавт. Маркеры субклинического поражения артерий в выборке жителей Санкт-Петербурга (по данным ЭССЕ-РФ). *Артериальная гипертензия*. 2015; 21 (3): 241–51.
8. Клинкава Е.В., Оттева Э.Н., Гарбузова О.Г., Исакова В.Н., Бандурко Е.В. Оценка параметров артериальной ригидности у больных подагрой и артериальной гипертензией. *Научно-практическая ревматология*. 2010; 6: 40–5.
9. Сумин А.Н., Осокина А.В., Щеглова А.В., Жучкова Е.А., Барбараш О.Л. Можно ли с помощью сердечно-сосудистого индекса оценить распространённость атеросклероза у больных ишемической болезнью сердца? *Сибирский медицинский журнал*. 2014; 1: 45–9.
12. Милягина И.В., Милягин В.А., Шпынева З.М., Лексина Ю.В., Пурыгина М.А., Агеенкова О.А. Клиническое значение новых показателей жёсткости сосудов. *Вестник Смоленской медицинской академии*. 2010; 1: 37–41.
13. Калинина А.М., Парфенов А.С., Кондратьева Н.В., Рыжов В.М., Худяков М.Б. Взаимосвязь факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и субклинических маркеров функционально-структурных сосудистых нарушений. *Профилактическая медицина*. 2014; 3: 11–7.

15. Терегулов Ю.Э., Маянская С.Д., Терегулова Е.Т. Изменения эластических свойств артерий и гемодинамические процессы. *Практическая медицина*. 2017; 2 (103): 14–20.
19. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Кузьмина Л.П., Бурякина Е.А., Субботина Я.К., Ненасева Р.А. Метод объёмной сфигмографии в медицине труда: методические рекомендации. М.: НИИ МТ; 2015.
20. Трошин В.В., Федотов В.Д., Зубарова С.А., Фомина Ю.Н., Рахманов Р.С. *Применение объёмной сфигмографии при профилактических медицинских осмотрах работающих во вредных и опасных условиях труда*. Н. Новгород: НИИ ГиП; 2015.
21. Иванов В.С., Черкасова О.А. Роль промышленных предприятий в формировании загрязнения почвенного покрова кобальтом, медью, свинцом. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2011; 10 (3): 143–50.

References

1. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N., Gorchakova T.Y., Bryleva M.S. et al. Work conditions as a risk factor mortality increase in able-bodied population. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology]*. 2017; 8 43–9. (in Russian)
2. Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu. Mortality of working age population in Russia and industrial countries in Europe: trends of the last two decades. *Vestnik RAMN [The Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]*. 2014; 7–8: 121–6. (in Russian)
3. Prevention of cardiovascular diseases 2017. National guidelines. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2018; 6: 7–122. (in Russian)
4. Conroy R.M., Pyorala K., Fitzgerald A.P., Sans S., Menotti A., De Backer G. et al. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project. *Eur Heart J*. 2003; 24 (11): 987–1003. DOI: 10.1016/s0195-668x(03)00114-3.
5. Vasyuk Yu.A., Ivanova S.V., Shkol'nik E.L., Kotovskaya Yu.V., Milyagin V.A., Oleynikov V.E. et al. Consensus of Russian experts on the evaluation of arterial stiffness in clinical practice. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2016; 15 (2): 4–19. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-2-4-19. (in Russian)
6. Milyagin V.A., Milyagina I.V., Purygina M.A. A 3D-sphygmography using VaSera VS-1500N: tips on the procedure. Smolensk: SGMA; 2014. (in Russian)
7. Alieva A.S., Boyarinova M.A., Moguchaya E.V., Kolesova E.P., Vasilieva E.V., Solntsev V.N. et al. Subclinical vascular damage markers in St. Petersburg inhabitants (ESSE-RF study). *Arterialnaya gipertenziya*. 2015; 21 (3): 241–51. (in Russian)
8. Klinkova E.V., Otteva E.N., Garbuzova O.G., Isakova V.N., Bandurko E.V. Estimation of arterial rigidity parameters in patients with gout and essential hypertension. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. 2010; 6: 40–5. (in Russian)
9. Sumin A.N., Osokina A.V., Shcheglova A.V., Zhuchkova E.A., Barbarash O.L. Can we use cardio-ankle vascular index to estimate the prevalence of atherosclerosis in patients with coronary heart disease? *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014; 1: 45–9. (in Russian)
10. Shirai K., Hiruta N., Song M., Kurosu T., Suzuki J., Tomaru T. et al. Cardio-ankle vascular index (CAVI) as a novel indicator of arterial stiffness: theory, evidence and perspectives. *J Atheroscler Thromb*. 2011; 18 (11): 924–38. DOI: 10.5551/jat.7716.
11. Sun C. Cardio-ankle vascular index (CAVI) as an indicator of arterial stiffness. *Integr Blood Press Control*. 2013; 30 (6): 27–38. DOI: 10.2147/ibpc.s34423.
12. Milyagina I.V., Milyagin V.A., Shpyneva Z.M., Leksina Yu.V., Purygina M.A., Ageenkova O.A. Clinical significance of the new estimations of arterial thickness. *Vestnik Smolenskoj meditsinskoj akademii*. 2010; 1: 37–41. (in Russian)
13. Kalinina A.M., Parfenov A.S., Kondrat'eva N.V., Ryzhov V.M., Khudyakov M.B. Relationship of cardiovascular risk factors to the subclinical markers of vascular functional and structural abnormalities. *Profilakticheskaya meditsina*. 2014; 3: 11–7. (in Russian)
14. Shoda T. *Vascular Pathology Research with pulse wave examination CAVI-VaSera*. Tokyo; 2005: 7.
15. Teregulov Yu.E., Mayanskaya S.D., Tereguлова E.T. Changes in elastic properties of arteries and hemodynamic processes. *Prakticheskaya meditsina*. 2017; 2 (103): 14–20. (in Russian)
16. Aronov W., Fleg J., Pepine C. Expert consensus document on hypertension in the Elderly: ACCF/AHA 2011. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 57 (20): 2037–114. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.01.008.
17. Blacher J., Staessen J., Blacher J., Girerd X. Pulse pressure not mean pressure determines cardiovascular risk in older hypertensive patients. *Arch Intern Med*. 2000; 160 (8): 1085–9.
18. Franklin S., Lopez V., Wong N. Single versus combined blood pressure components and risk for cardiovascular disease: the framingham heart study. *Circulation*. 2009; 119: 243–50. DOI: 10.1161/circulationaha.108.797936.
19. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Kuz'mina L.P., Buryakina E.A., Subbotina Ya.K., Nenasheva R.A. 3D-sphygmography as an evaluation technique in occupational health: the guidelines. Moscow: Izmerov Research Institute of Occupational Health; 2015. (in Russian)
20. Troshin V.V., Fedotov V.D., Zubarova S.A., Fomina Yu.N., Rakhmanov R.S. *The use of 3D-sphygmography technique during regular medical examinations in workers exposed to harmful conditions and occupational hazards [Primeneniye ob'yemnoy sfigmografii pri profilakticheskikh meditsinskikh osmotrah rabotayushchikh vo vrednykh i opasnykh usloviyakh truda]*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Health; 2015. (in Russian)
21. Ivanov V.S., Cherkasova O.A. Industrial plants contribution to the contamination of soil cover with Co, Cu, Pb. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2011; 10 (3): 143–50. (in Russian)
22. Katsnelson B.A., Makeev O.H., Kochneva N.I., Degtyareva T.D. Testing a set of bioprotectors against the genotoxic effect of a combination of ecotoxins. *Central Eur J Occup Environ Med*. 2007; 13 (3–4): 251–64.
23. Ahamed M., Akhtar M., Alhadlag H., Alrokayan S.A. Assessment of the lung toxicity of copper oxide nanoparticles: current status. *Nanomedicine*. 2015; 10 (15): 2365–77. DOI: 10.2217/nmm.15.72.
24. Carpenter E.W., Lam D., Toney M.C., Neal I. Zinc, copper and blood pressure: human population studies. *Med Sci Monit*. 2013; 19: 1–9. DOI: 10.12659/msm.883708.