

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮEDN: <https://elibrary.ru/pdvhrx>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-12-813-819>

УДК 612:613.6

© Коллектив авторов, 2024

Герасимиidi С.К., Глухов Д.В.

Ремоделирование брахиоцефальных артерий на фоне артериальной гипертензии у переболевших COVID-19 машинистов электропоездов

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275

За более чем трёхлетний период пандемии коронавирусной инфекции исследователям удалось выявить взаимосвязи между сердечно-сосудистыми заболеваниями и тяжестью течения коронавирусной инфекции, особенно у лиц, переболевших COVID-19, в условиях стационара. Одним из осложнений, у переболевших коронавирусной инфекцией, является повышение артериального давления, что может приводить к формированию артериальной гипертензии. Известно, что артериальная гипертензия занимает лидирующее положение среди работников транспортной сферы, в том числе у машинистов электропоездов, в нашей стране. На сердечно-сосудистую систему машинистов оказывают воздействие производственные (шум, вибрация, психоэмоциональный стресс и т. д.) и зачастую непроизводственные (курение, повышенная масса тела) факторы риска. Совокупность указанных факторов: коронавирусная инфекция, производственные и непроизводственные факторы риска способны ускорить развитие сердечно-сосудистых заболеваний у машинистов электропоездов.

Цель исследования — оценить результаты дуплексного сканирования брахиоцефальных артерий у машинистов электропоездов, переболевших разными формами новой коронавирусной инфекции.

Исследование проведено в амбулаторных условиях среди 12 машинистов мужского пола в возрасте $43,4 \pm 5,0$ года, работающих в Центральном Федеральном округе, переболевших COVID-19 в I и II квартале 2021 года, продолжающих трудовую деятельность в настоящее время в должности «машинист электропоезда». Исследуемые были разделены на 2 группы: 1-ю составили работники, перенёсшие лёгкую форму COVID-19, 2-ю группу составили работники, перенёсшие тяжёлую форму COVID-19. Работникам проведено дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий с цветным допплеровским картированием, а также были изучены амбулаторные карты работников, анализировались данные артериального давления. Исследования проводились в период 2022–2023 гг. Работники, принимавшие участие в исследованиях, имели факторы риска — курение, повышенная масса тела и повышенные показатели артериального давления. У работников 2-й группы (тяжёлая форма), в отличие от показателей 1-й группы (лёгкая форма), выявлены более высокие показатели артериального давления, при этом у обеих групп сформирована «I степень артериальной гипертензии». При ультразвуковом исследовании брахиоцефальных артерий у работников 2-й группы, в отличие от работников 1-й группы локализованы начальные признаки ремоделирования сосудов на экстракраниальном уровне виде диффузного повышения эхогенности комплекса интима-медиа и утолщения его до 1 мм в общей сонной артерии, деформации общих и внутренних сонных артерий, в виде волнообразных С-образных извитостей, начальной эктазии общих сонных артерий, снижение линейных показателей скорости кровотока, повышение индекса резистентности. А также у работников, переболевших тяжёлой формой коронавирусной инфекции, при визуализации позвоночных артерий, прослеживается непрямолинейный ход в межкостном канале, чего не наблюдается у работников, переболевших лёгкой формой COVID-19. Исследование средней мозговой артерии на интракраниальном уровне у работников 1-й группы, указывает на отсутствие гемодинамических изменений, а у работников 2-й группы отмечено снижение скоростных показателей и увеличение индекса резистентности.

У машинистов, переболевших как тяжёлой, так и лёгкой формой COVID-19, установлена «артериальная гипертензия I степени», что потребовало назначения антигипертензивной терапии. У работников, переболевших тяжёлой формой COVID-19, показатели артериального давления выше, что привело к ремоделированию брахиоцефальных артерий в виде утолщения комплекса интима-медиа общей сонной артерии, незначительной эктазии и развитию деформаций сонных артерий, повышенному сопротивлению току крови, чего нет у работников, переболевших лёгкой формой. Работники, имеющие сформировавшиеся осложнения в постковидном периоде, нуждаются в ежегодном дуплексном сканировании с цветным допплеровским картированием брахиоцефальных артерий, что поможет в выявлении нарушений на экстра- и интракраниальном уровне.

Ограничения исследования. Имеются количественные ограничения, обусловленные числом переболевших COVID-19.

Этика. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол № 1 от 16 февраля 2022 г.).

Ключевые слова: машинисты электропоездов; COVID-19; брахиоцефальные артерии; артериальная гипертензия; дуплексное сканирование

Для цитирования: Герасимиidi С.К., Глухов Д.В. Ремоделирование брахиоцефальных артерий на фоне артериальной гипертензии у переболевших COVID-19 машинистов электропоездов. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(12): 813–819. <https://elibrary.ru/pdvhrx> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-12-813-819>

Для корреспонденции: Герасимиidi София Константинова, e-mail: sofa4gerasimidi@mail.ru

Участие авторов:

Герасимиidi С.К. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование текста;

Глухов Д.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 15.05.2024 / **Дата принятия к печати:** 05.11.2024 / **Дата публикации:** 10.12.2024

Sofiya K. Gerasimidi, Dmitrij V. Glukhov

Remodeling of the brachiocephalic arteries on the background of arterial hypertension in electric train drivers who have been ill with COVID-19

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave, Moscow, 105275

Over the more than three-year period of the coronavirus pandemic, researchers have identified the relationship between cardiovascular diseases and the severity of coronavirus infection, especially in people who have had COVID-19 in a hospital setting. One of the complications of patients with coronavirus infection is an increase in blood pressure, which can lead to the formation of hypertension. It is known that arterial hypertension occupies a leading position among workers in the transport sector, including electric train drivers, in our country. The cardiovascular system of machinists is influenced by industrial risk factors (noise, vibration, psycho-emotional stress, etc.) and often non-industrial: smoking, increased body weight. The combination of these factors: coronavirus infection, industrial and non-industrial risk factors can accelerate the development of cardiovascular diseases in electric train drivers.

The study aims are the results of duplex scanning of brachiocephalic arteries in electric train drivers who have been ill with various forms of new coronavirus infection.

The authors have conducted the study on an outpatient basis among 12 male machinists aged 43.4 ± 5.0 years working in the Central Federal District, who have been ill with COVID-19 in the first and second quarters of 2021, and are currently continuing their work as an "electric train driver". The subjects were divided into 2 groups: the 1st group consisted of workers who had suffered a mild form of COVID-19, the 2nd group consisted of workers who had suffered a severe form of COVID-19. Scientists conducted duplex scanning of brachiocephalic arteries with color Doppler mapping for workers, and they also studied outpatient charts of workers, analyzed blood pressure data. The research was conducted in the period 2022–2023. The employees involved in the studies had risk factors such as smoking, increased body weight and high blood pressure.

Scientists have revealed higher blood pressure indicators in workers of the 2nd group (severe form), in contrast to the indicators of the 1st group (mild form), while both groups had "grade I arterial hypertension". Ultrasound examination of the brachiocephalic arteries in group 2 workers, unlike group 1 workers, revealed the initial signs of vascular remodeling at the extracranial level in the form of a diffuse increase in the echogenicity of the intima-media complex and its thickening to 1 mm in the common carotid artery, deformations of the common and internal carotid arteries, in the form of wavy C-S-shaped tortuosity, initial ectasia of the common carotid arteries, a decrease in linear indicators of blood flow velocity, an increase in the resistance index. And also in workers who have had a severe form of coronavirus infection, when visualizing the vertebral arteries, an indirect linear course in the interosseous canal is traced, which is not observed in workers who have had a mild form of COVID-19. A study of the middle cerebral artery at the intracranial level in group 1 workers indicates the absence of hemodynamic changes, and in group 2 workers there was a decrease in speed indicators and an increase in the resistance index. In the machinists who suffered both severe and mild forms of COVID-19, scientists established "grade I arterial hypertension", which required the appointment of antihypertensive therapy. In workers who have undergone severe COVID-19, blood pressure indicators are higher, which led to remodeling of the brachiocephalic arteries in the form of thickening of the intima-media complex of the common carotid artery, minor ectasia and the development of deformities of the carotid arteries, increased resistance to blood flow, which is not present in workers who have undergone a mild form. Workers who have developed complications in the post-COVID period need annual duplex scanning with color Doppler mapping of the brachiocephalic arteries, which will help identify abnormalities at the extra- and intracranial level.

Limitations. There are quantitative limitations due to the number of COVID-19 patients.

Ethics. The study was approved by the local Ethics Committee of the Izmerov Research Institute of Occupational Health (Protocol No.1 dated February 16, 2022).

Keywords: electric train drivers; COVID-19; brachiocephalic arteries; arterial hypertension; duplex scanning

For citation: Gerasimidi S.K., Glukhov D.V. Remodeling of brachiocephalic arteries on the background of arterial hypertension in COVID-19 electric train drivers. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(12): 813–819. <https://elibrary.ru/pdvhrx> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-12-813-819> (in Russian)

For correspondence: Sofia K. Gerasimidi, e-mail: sofa4gerasimidi@mail.ru

Contribution:

Gerasimidi S.K. — research concept and design, material collection and processing, statistical data processing, text writing, text editing;

Glukhov D.V. — concept and design of the study, text editing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 15.05.2024 / **Accepted:** 05.11.2024 / **Published:** 10.12.2024

Введение. За более чем трёхлетний период пандемии новой коронавирусной инфекции исследователям удалось выявить патологические взаимосвязи между сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) и тяжестью течения коронавирусной инфекции [1, 2]. Известно, что наиболее частым сопутствующим ССЗ среди переболевших COVID-19-инфекцией, является артериальная гипертензия (АГ) [3], распространённость которой, по данным разных исследований, варьирует от 9 до 35% [4, 5]. В свою очередь АГ ведущий фактор риска (ФР) нарушения мозгового кровообращения различного характера [6], а также причина формирования хронической прогрессирующей недостаточности мозгового кровообращения [7].

В Российской Федерации распространение АГ среди мужского населения в возрасте до 65 лет достигает 47% [8, 9], она же лидирует среди ССЗ у работников транспортной сферы [10]. По данным ряда авторов частота АГ среди работников локомотивных бригад доходит до 60% [11]. Также известно, что в последние годы наблюдается тенденция к «омоложению» АГ среди машинистов молодого возраста [12, 13]. У машинистов электропоездов ССЗ являются значимой проблемой, в связи с немалым количеством ФР, таких как: производственные (шум, вибрация), факторы, связанные с особенностями организации производственного процесса (монотонность, повышенный стресс, нарушение режима труда и отдыха и т. д.), пове-

денческие (повышенная масса тела, курение) [14–19]. Одним из наиболее ранних проявлений гипертонической артериопатии являются деформации сосудов, локализованные в разных отделах брахиоцефальных артерий (БЦА) [20]. Перенесённая коронавирусная инфекция, производственные и непроизводственные ФР среди машинистов, на фоне повышенного АД могут привести к более ускоренному снижению эластичности стенок и расширению просвета сосудов, а также к удлинению и развитию извитости магистральных БЦА.

Объективным, доступным, эффективным и безопасным методом исследования БЦА является дуплексное сканирование с цветным допплеровским картированием (ЦДК) [21, 22].

Цель исследования — оценить результаты дуплексного сканирования брахиоцефальных артерий у машинистов электропоездов, переболевших разными формами новой коронавирусной инфекции.

Материалы и методы. Исследование проведено в амбулаторных условиях среди 12 машинистов мужского пола в возрасте $43,4 \pm 5,0$ года, работающих в Центральном Федеральном округе, переболевших COVID-19 в I и II квартале 2021 г., продолжающих трудовую деятельность в настоящее время в должности «машинист электропоезда». COVID-19 был подтверждён методом полимерной цепной реакции. В исследование включены работники, имеющие стаж работы в должности «машинист электропоезда» более 10 лет; имеющие в анамнезе ФР: курение, повышенная масса тела, а также показатели повышенного АД, без поражения органов-мишеней. Исследуемые разделены на 2 группы, в зависимости от формы новой коронавирусной инфекции:

- 1-я ($n=6$): работники, перенёсшие лёгкую форму COVID-19 (температура тела менее 38°C , кашель, слабость, боли в горле), в возрасте $39,6 \pm 2,4$ года, с индексом массы тела — $33,2 \pm 4,4 \text{ кг}/\text{м}^2$ (ожирение), при средних показателях роста $179,3 \pm 5,8$ см, веса — $107,5 \pm 21,4$ кг;
- 2-я ($n=6$): работники, перенёсшие тяжёлую форму COVID-19 ($\text{SpO}_2 \leq 93\%$, изменения в лёгких при КТ (рентгенографии), типичные для вирусного поражения), в возрасте $47,2 \pm 4,0$ года, с индексом массы тела — $25,7 \pm 2,7 \text{ кг}/\text{м}^2$ (избыточная масса тела), при средних показателях роста $177,5 \pm 5,8$ см, веса — $80,2 \pm 8,0$ кг.

Критериями исключения в исследование стали: работники, занимающие должность «помощники машиниста»; работники, занимающиеся спортом профессионально; работники, имеющие в анамнезе: заболевания эндокринной системы (сахарный диабет), наличие органической патологии сердца (кардиомиопатии, миокардиты, ишемическая болезнь сердца, клапанные пороки сердца), заболевания сосудистой системы (острые нарушения мозгового кровообращения), заболевания бронхолёгочной системы (бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь лёгких).

Каждому работнику проводился ряд исследований в период 2022–2023 гг., включающий в себя сбор жалоб и анамнеза, измерение АД, ультразвуковые исследования БЦА на экстракраниальном и интракраниальном уровнях. Исследования проводились одним врачом ультразвуковой диагностики, раз в 4 месяца до момента II квартала 2023 года. Измерение АД проводилось за полчаса до дуплексного исследования брахиоцефальных артерий.

Данные систолического (АДс) и диастолического (АДд) АД, до (2018–2022 гг.) заболевания коронавирусной инфекцией, взяты из амбулаторных карт работников. Величина АД оценивалась согласно классификации АГ, утвержденной Кардиологическим обществом [9]. Измерение АД проводилось в положении работников сидя, опершись спиной на спинку стула, ноги на уровне плеч, на левой руке, по методу Короткова, с используемой техникой — механический тонометр — Little Doctor (LD-71), стетоскоп Littmann Lightweight II SE.

Исследование сосудов шеи и головного мозга проводились с используемой техникой: аппараты для ультразвуковой диагностики «Logiq P6» или «Philips ClearVue 500», в В-режиме, режимах импульсно-волнового допплера (PW), ЦДК. Исследования проводились с использованием линейных (от 4 до 12 МГц) и секторных фазированных (от 1 до 8 МГц) датчиков. Структурно-функциональные показатели брахиоцефальных артерий оценивались согласно литературным данным [Куликов В.П., 2015, Умаров Т.М., 2021]. Визуализации и оценке были доступны следующие сосуды: общие сонные артерии (ОСА), внутренние сонные артерии (ВСА), позвоночные артерии (ПА), средние мозговые артерии (СМА).

Экстракраниальные артерии исследовались с помощью линейного датчика, в положении работника на спине, с за-прокинутой головой без использования валика (т. к. это могло исказить показатели гемодинамики [Куликов, 2015]), со слегка повёрнутой головой в контрлатеральную сторону. Исследование начиналось с правой стороны шеи с проксимального отдела ОСА, затем проводилась оценка толщины комплекса интима-медиа (КИМ) по задней стенке, за 1 см до бифуркации ОСА. Далее, дистальнее к углу нижней челюсти, исследовалась ВСА, латеральнее на шею — позвоночная артерия, до входа в костный канал и в межкостном канале. В указанных артериях проводились измерения: диаметр сосуда (мм), пиковая систолическая скорость кровотока (V_{ps} , см/с), максимальная конечная диастолическая скорость (V_{ed} , см/с), индекс резистентности (RI), наличие или отсутствие деформации сосудов. Далее проводилось исследование на контрлатеральной стороне по тому же алгоритму.

Исследование БЦА на интракраниальном уровне проводилось через транстемпоральный доступ — тонкую часть височной кости, в положении на спине, с использованием секторного фазированного датчика. Доступная визуализации средняя мозговая артерия оценивалась по параметрам: пиковая систолическая скорость кровотока (V_{ps} , см/с), максимальная конечная диастолическая скорость (V_{ed} , см/с), индекс резистентности (RI).

Данное исследование носило пилотный характер, архива исследования брахиоцефальных артерий на экстракраниальном и интракраниальном уровнях до заболевания COVID-19 не проводилось и основывалось на показателях АД.

Статистический анализ. Статистический анализ проводился с помощью Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 26. Выборки были исследованы на наличие статистически значимых различий при помощи t -критерия Стьюдента для независимых выборок с критерием Ливингстона и критерия Манна–Уитни. В результате расчётов критерии показали одинаковые результаты на качественном уровне, дисперсии всех пар показателей равны.

Результаты и обсуждение. При анализе данных АД, у работников 1-й группы, переболевших лёгким течением коронавирусной инфекции на момент II квартала 2023 года, вы-

явлено повышение показателей АДс до $141,0 \pm 6,1$ мм рт. ст. и АДд до $89,8 \pm 6,2$ мм рт. ст. (табл. 1). У работников 2-й группы — АДс составляет $156,5 \pm 5,9$ мм рт. ст., АДд — $95,3 \pm 2,7$ мм рт. ст. Показатели АД работников 1-й группы можно расценивать как «I степени АГ», что может потребовать постоянной антигипертензивной терапии.

Таблица 1 / Table 1

Показатели артериального давления у машинистов электропоездов
Blood pressure indicators for electric train drivers

Группы	АДс, мм рт. ст.		АДд, мм рт. ст.	
	До COVID-19	После COVID-19	До COVID-19	После COVID-19
1-я	$125,6 \pm 5,1$	$141,0 \pm 6,1$	$83,0 \pm 1,4$	$89,8 \pm 6,2$
2-я	$131,5 \pm 3,7$	$156,5 \pm 5,9$	$84,5 \pm 2,1$	$95,3 \pm 2,7$

Таблица 2 / Table 2

Толщина КИМ ОСА у машинистов электропоездов
Common carotid artery intima-media thickness in electric train drivers

Группы	Толщина, мм	
	справа	слева
1-я	$0,73 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,05$
2-я	$0,95 \pm 0,05$	$0,98 \pm 0,04$

Таблица 3 / Table 3

Диаметр сонных и позвоночных артерий у машинистов электропоездов
Diameter of carotid and vertebral arteries in electric train drivers

Группы	Общая сонная артерия, мм		Внутренняя сонная артерия, мм		Позвоночная артерия, мм	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
1-я	$7,0 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,1$	$4,9 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,2$
2-я	$7,1 \pm 0,1$	$7,1 \pm 0,1$	$5,1 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,1$

Таблица 4 / Table 4

Показатели кровотока по БЦА у машинистов электропоездов
Blood flow indices in the brachiocephalic arteries in electric train drivers

Группы	Общая сонная артерия					
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
	Vps, см/с		Ved, см/с		RI	
1-я						
1-я	$73,0 \pm 2,4^*$	$73,4 \pm 3,9^*$	$33,3 \pm 1,0^*$	$33,7 \pm 1,0^*$	$0,54 \pm 0,01^*$	$0,54 \pm 0,02^*$
2-я	$53,3 \pm 2,3^*$	$55,4 \pm 2,2^*$	$20,6 \pm 1,0^*$	$20,5 \pm 1,0^*$	$0,61 \pm 0,02^*$	$0,63 \pm 0,02^*$
Внутренняя сонная артерия						
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
	Vps, см/с		Ved, см/с		RI	
1-я	$81,6 \pm 2,8^*$	$81,7 \pm 3,3^*$	$41,0 \pm 1,9^*$	$40,6 \pm 1,5^*$	$0,49 \pm 0,01^*$	$0,50 \pm 0,01^*$
2-я	$60,9 \pm 1,4^*$	$61,0 \pm 1,9^*$	$19,2 \pm 0,6^*$	$19,4 \pm 1,4^*$	$0,67 \pm 0,01^*$	$0,67 \pm 0,01^*$
Позвоночная артерия						
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
	Vps, см/с		Ved, см/с		RI	
1-я	$35,1 \pm 1,6^*$	$40,9 \pm 1,9^*$	$14,1 \pm 0,4$	$13,7 \pm 0,4$	$0,61 \pm 0,01^*$	$0,64 \pm 0,01$
2-я	$34,5 \pm 0,5^*$	$35,6 \pm 1,0^*$	$14,1 \pm 0,9$	$15,0 \pm 0,9$	$0,60 \pm 0,02^*$	$0,59 \pm 0,03$
Средняя мозговая артерия						
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
	Vps, см/с		Ved, см/с		RI	
1-я	$108,8 \pm 6,7^*$	$109,4 \pm 4,8^*$	$42,9 \pm 2,6^*$	$43,0 \pm 2,2^*$	$0,49 \pm 0,01^*$	$0,50 \pm 0,01^*$
2-я	$90,5 \pm 5,5^*$	$92,2 \pm 3,2^*$	$29,9 \pm 2,4^*$	$30,1 \pm 2,4^*$	$0,62 \pm 0,01^*$	$0,62 \pm 0,02^*$

Примечание: * — статистически значимые отличия при $p < 0,05$.

Note: * — statistically significant differences at $p < 0.05$.

Макрососудистые изменения БЦА у машинистов электропоездов
Macrovascular changes in the brachiocephalic arteries in electric train drivers

Группы	Общая сонная артерия		Внутренняя сонная артерия		Позвоночная артерия	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева
1-я	Не извита	Не извита	Не извита	Не извита	Прямолинейная	Прямолинейная
2-я	Волнообразная (S/C-извитость)	Волнообразная (S/C-извитость)	Волнообразная (S/C-извитость)	Волнообразная (S/C-извитость)	Непрямолинейная	Непрямолинейная

В **таблице 1** представлены данные показатели АД работников обеих групп.

По данным дуплексного сканирования, средняя толщина КИМ у работников обеих групп не более 1,0 мм, но при этом имеют достоверные отличия: $t(10)=-7,050$, $p=0,000$ — справа, $t(10)=-8,062$, $p=0,000$ — слева. Показатели КИМ работников 2-й группы указывают на начальные проявления диффузного повышения эхогенности КИМ (**табл. 2**), что может быть связано с длительно повышенным АД и употреблением табака.

При измерении диаметра общей и внутренней сонных артерий имеются статистические различия, между группами работников, в сосудах: ОСА — $t(10)=-1,941$, $p=0,081$ — справа, $t(10)=-2,828$, $p=0,018$ — слева; ВСА $t(10)=-2,076$, $p=0,065$ — справа, $t(10)=-1,754$, $p=0,110$ — слева. Диаметры указанных артерий находятся в значениях общепринятой нормы у работников 1-й группы. Диаметр ОСА работников 2-й группы в значениях, с минимальной тенденцией к эктазии сосудов (**табл. 3**), что также может быть обусловлено снижением эластичности сосудистой стенки на фоне длительного повышения АД и также употреблением табака.

Данные скоростных показателей сонных, позвоночных и среднемозговых артерий работников обеих групп представлены в **табл. 4**. Скоростные показатели по БЦА работников обеих групп не выходят за пределы нормальных значений, но в группе работников, переболевших тяжёлой формой коронавирусной инфекции, старшего возраста, имеется тенденция к снижению скоростных показателей. Оценка показателя периферического сопротивления (RI) выявила достоверные различия между возрастными группами ($p<0,05$) и тенденцию к их увеличению, что отражает приспособительные реакции брахиоцефальных сосудов к условиям повышенного перфузионного давления.

При исследовании сосудов на наличие деформаций (**табл. 5**) у работников 2-й группы выявлены волнообразные S-C-извитости, без развития патологических извитостей в виде кинкинга или койлинга и без локальных гемодинамических перепадов в зоне извитости не более 150 см/с с удовлетворительными характеристиками в дистальных отделах артерий. Деформаций сонных артерий у работников 1-й группы не выявлено. На уровне позвоночных артерий у работников 1-й группы ход ПА прямолинейный, у работников 2-й группы — непрямолинейный, что отражает длительное течение повышенного АД, при этом гемодинамических перепадов в обеих группах также не выявлено.

Выявленные показатели повышенного АД у работников обеих групп и структурно-функциональные изменения брахиоцефальных артерий у работников, переболевших тяжёлой формой коронавирусной инфекции, не являются противопоказаниями к осуществлению профессиональной деятельности в должности «машинист электропоезда». Для контроля за состоянием сосудистой системы исследования БЦА у машинистов электропоездов должны стать рутинными методами исследования.

Выводы:

1. Проведённое исследование показало, что тяжёлой формой коронавирусной инфекции с имеющимися производственными и непроизводственными факторами риска переболели работники старшей возрастной группы ($47,2\pm4,0$ года), а лёгкой формой работники младшей ($39,6\pm2,4$ года) возрастной группы.

2. У работников обеих групп, на момент окончания исследования, установлена «I степень артериальной гипертензии», что потребовало назначения постоянной антигипертензивной терапии. У работников, переболевших тяжёлой формой коронавирусной инфекции показатели артериального давления выше, что явилось фактором начального ремоделирования брахиоцефальных артерий на экстракраниальном уровне. Изменения брахиоцефальных артерий проявились в виде диффузного увеличения эхогенности комплекса интима-медиа, снижения эластичности сосудистой стенки — минимальной эктазии общих сонных артерий, волнообразной извитостью общих и внутренних сонных артерий, а также в виде непрямолинейности хода позвоночных артерий. Ремоделирование брахиоцефальных артерий на экстракраниальном уровне привело к снижению показателей кровотока по общим и внутренним сонным артериям, а также по средним мозговым артериям, с повышением индекса сопротивления — RI, что отражает приспособительные реакции брахиоцефальных сосудов к условиям повышенного перфузионного давления. При этом линейные показатели мозгового кровотока были умеренные, что свидетельствует об адекватном функционировании системы ауторегуляции.

3. Работники, переболевшие коронавирусной инфекцией, с установленным диагнозом «артериальная гипертензия I степени», а также с выявленными структурно-функциональными нарушениями нуждаются в ежегодном дуплексном сканировании с цветным допплеровским картированием брахиоцефальных артерий, так как это безопасно, доступно и помогает в ранней диагностике выявления нарушений мозгового кровообращения.

Список литературы

- Кравцова А.В., Гуляева А.А., Голованова Е.Д., Айрапетов К.В. Поражение сердечно-сосудистой системы при COVID-19. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2021; 20(4): 59–65. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.4.8>
- Фисун А.Я., Лобзин Ю.В., Черкашин Д.В., Тыренко В.В., Ткаченко К.Н., Качнов В.А., и др. Механизмы поражения сердечно-сосудистой системы при COVID-19. *Вестник РАМН*. 2021; 76(3): 287–297. <https://doi.org/10.15690/vramn1474>
- Коростовцева Л.С., Ротарь О.П., Конради А.О. COVID-19: каковы риски пациентов с артериальной гипертензией? *Артериальная гипертензия*. 2020; 26(2): 124–132. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-2-124-132>
- Явелов И.С. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания. *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. 2020; 27(8): 4–13. <https://doi.org/10.24412/2311-1623-2020-27-4-13>
- Золотовская И.А., Гиматдинова Г.Р., Давыдкин И.Л. Артериальная гипертензия у пациентов, перенёсших COVID-19: особенности и возможности коррекции артериального давления. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(1): 63–70. <https://doi.org/10.17116/profmed20222501163>
- Куликов В.П. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний. М.: ООО Фирма «СТРОМ»; 2007.
- Кистенев Б.А., Максимова М.Ю., Брюхов В.В. Варианты нарушений мозгового кровообращения при артериальной гипертонии. *Клинический разбор*. 2007; 1(3): 49–55.
- Бойцов С.А., Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д., Артамонова Г.В., Гатагонова Т.М. и др. Артериальная гипертония среди лиц 25–64 лет: распространённость, осведомлённость, лечение и контроль. По материалам исследования ЭССЕ. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2014; (4): 4–14.
- Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации «Артериальная гипертензия у взрослых». <https://clck.ru/3EwWE1>
- Жидкова Е.А., Шлипаков С.В., Гутор Е.М., Гуревич М.В., Панкова В.Б., Вильк М.Ф. и др. Распространённость превышения нормативных величин артериального давления у работников локомотивных бригад по результатам многолетней динамики предрейсового медицинского осмотра. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022; 21(5): 3189. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3189>
- Жидкова Е.А., Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Гуревич К.Г., Драпкина О.М. Ассоциация профессии с развитием артериальной гипертонии у работников железнодорожной отрасли. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021; 20(7): 3063. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-3063>
- Яркова В.Г., Жмурев В.А., Шум А.С., Скоморохова В.Н. Особенности формирования артериальной гипертензии (АГ) у работников локомотивных бригад (ЛБ) в зависимости от стажа трудовой деятельности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (9): 163–164.
- Антропова О.Н., Силякина С.Б., Осипова И.В., Смышляева Т.Л., Батанина И.А. Кардиоваскулярные факторы риска у лиц молодого возраста с высоким нормальным артериальным давлением и эссенциальной артериальной гипертензией. *Сибирский медицинский журнал*. 2019; 34(4): 101–111. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-4-101-111>
- Орлова Н.В., Старокожева А.Я. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний среди машинистов локомотивов железнодорожного транспорта. *Медицинский алфавит*. 2020; (2): 37–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-37-40>
- Королева А.М., Пономарев В.М., Аксенов В.А., Юдаева О.С., Козлов А.С. Анализ заболеваемости работников пассажирской железнодорожной службы. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего*. 2018; 7(41): 44–49.
- Карецкая Т.Д., Пфаф В.Ф., Чернов О.Э. Профессиональная заболеваемость на железнодорожном транспорте. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 1: 1–5.
- Гутор Е.М., Жидкова Е.А., Гуревич К.Г. Факторы риска развития заболеваний у работников локомотивных бригад. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 61(1): 43–52. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-43-52>
- Rivera A.S., Akanbi M., O'Dwyer L.C., McHugh M. Shift work and long work hours and their association with chronic health conditions: A systematic review of systematic reviews with meta-analyses. *PLoS One*. 2020; 15(4): e0231037. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231037>
- Жидкова Е.А., Гутор Е.М., Гуревич К.Г., Макогон Н.В., Шугушев З.Х., Орлов Д.О., и др. Анализ причин внезапной смерти среди работников железных дорог Российской Федерации. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2022; 30(4): 497–506. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ110985>
- Кривенко Л.Е., Кузьменко Е.А., Вуд Т.Г., Шерстнева Е.П. Состояние мозгового кровообращения и брахиоцефальных артерий у больных гипертонической болезнью. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2012; (4): 21–24.
- Верещагин Н.В., Суслина З.А., Максимова М.Ю. Артериальная гипертония и цереброваскулярная патология: современный взгляд на проблему. *Кардиология*. 2004; (3): 4–8.
- Найден Т.В., Абрамов Е.А., Бартош-Зеленая С.Ю., Федорец В.Н. Результаты ультразвуковой оценки экстрав- и интракраниальных артерий у больных с острым коронарным синдромом. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2014; 11(2): 117–129.

References

- Kravtsiva A.V., Gulyaeva A.A., Golovanova E.D., Ayraperov K.V. Damage to the cardiovascular system in COVID-19. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy medicinskoy akademii*. 2021; 20(4): 59–65. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.4.8> (in Russian).
- Fisun A.Ya., Lobzin Yu.V., Cherkashin D.V., Tyrenko V.V., Tkachenko K.N., Kachnov V.A. et al. Mechanisms of Damage to the Cardiovascular System in COVID-19. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2021; 76(3): 287–297. <https://doi.org/10.15690/vramn1474> (in Russian).
- Korostovtseva L.S., Rotar O.P., Konradi A.O. COVID-19: what are the risks in hypertensive patients? *Arterial'naya Gipertenziya*. 2020; 26(2): 124–132. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-2-124-132> (in Russian).
- Yavelov I.S. COVID-19 and cardiovascular diseases. *International Journal of Heart and Vascular Diseases*. 2020; 8(27): 4–13. <https://doi.org/10.24412/2311-1623-2020-27-4-13> (in Russian).
- Zolotovskaya I.A., Gimatdinova G.R., Davydkin I.L. Arterial hypertension in patients who have undergone COVID-19: features and possibilities of blood pressure correction. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2022; 25(1): 63–70. <https://doi.org/10.17116/profmed20222501163> (in Russian).
- Kulikov V.P. *Ultrasound diagnostics of vascular diseases*. M.: LLC Firm STROM; 2007 (in Russian).
- Kistenev B.A., Maksimova M.Yu., Bryukhov V.V. Variants of cerebral circulation disorders in arterial hypertension. *Klinicheskiy razbor*. 2007; 1(3): 49–55 (in Russian).
- Boytsov S.A., Balandova Yu.A., Shalnova S.A., Deev A.D., Artamonova G.V., Gatagonova T.M. et al. Arterial hypertension among individuals of 25–64 years old: prevalence, awareness, treatment and control. By the data from ECCD. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika*. 2014; (4): 4–14 (in Russian).

9. Ministry of Health of the Russian Federation. *Clinical recommendations "Arterial hypertension in adults"*. <https://clck.ru/3EwWE> (in Russian).
10. Zhidkova E.A., Shlipakov S.V., Gutor E.M., Gurevich M.V., Pankova V.B., Vilk M.F., et al. Prevalence of elevated blood pressure among locomotive workers according to the long-term assessment of pre-trip health screening. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika*. 2022; 21(5): 3189. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3189> (in Russian).
11. Zhidkova E.A., Pankova V.B., Vilk M.F., Gurevich K.G., Drapkina O.M. Association of railway industry occupations with hypertension. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika*. 2021; 20(7): 3063. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-3063> (in Russian).
12. Yarkova V.G., Smurov V.A., Shum A.S., Skomorokhova V.N. Features of forming of hypertension for the workers of locomotive brigades depending on experience of labour activity. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; (9): 163–164 (in Russian).
13. Antropova O.N., Silkina S.B., Osipova I.V., Smyshlyaeva T.L., Batanina I.V. Cardiovascular risk factors in younger adults with high-normal blood pressure and essential hypertension. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2019; 34(4): 101–111. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-4-101-111> (in Russian).
14. Orlova N.V., Starokozheva A.Ya. Risk factors for cardiovascular disease among railway locomotive drivers. *Medicinskij alfavit*. 2020; (2): 37–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-37-40> (in Russian).
15. Koroleva A.M., Ponomarev V.M., Aksenov V.A., Yudaeva O.S., Kozlov A.S. Analysis of morbidity of employees of passenger railway service. *XXI vek: itogi proshloga i problemy nastojashhego*. 2018; 7(41): 44–49 (in Russian).
16. Karetskaya T.D., Pfaf V.F., Chernov O.E. Occupational morbidity of railway transport workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 1(1): 1–5 (in Russian).
17. Gutor E.M., Zhidkova E.A., Gurevich K.G. Risk factors for developing diseases in locomotive crew workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 61(1): 43–52. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-43-52> (in Russian).
18. Rivera A.S., Akanbi M., O'Dwyer L.C., McHugh M. Shift work and long work hours and their association with chronic health conditions: A systematic review of systematic reviews with meta-analyses. *PLoS One*. 2020; 15(4): e0231037. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231037>
19. Zhidkova E.A., Gutor E.M., Gurevich K.G., Makogon N.V., Shugushev Z.Kh., Orlov D.O., et al. Analysis of Causes of Sudden Death Among Russian Railway Workers. *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2022; 30(4): 497–506. <https://doi.org/10.17816/PAVLOV110985> (in Russian).
20. Krivenko L.E., Kuzmenko E.A., Voud T.G., Sherstneva E.P. Cerebral circulation and brachiocephalic arteries in patients with hypertensive heart disease. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*. 2012; (4): 21–24 (in Russian).
21. Vereshchagin N.V., Sulsina Z.A., Maksimova M.Y. Arterial hypertension and cerebrovascular pathology: a modern view of the problem. *Kardiologiya*. 2004; (3): 4–8 (in Russian).
22. Naiden T.V., Abramov E.A., Bartosh-Zelenaya S.J., Fedorets V.N. Results of ultrasound evaluation of extra- and intracranial arteries in patients with acute coronary syndrome. *Vestnik Sankt-peterburgskogo universiteta*. 2014; 11(2): 117–129 (in Russian).

Сведения об авторах:

- Герасимиди София Константиновна* научный сотрудник лаборатории разработки метода газожидкостной искусственной вентиляции лёгких.
E-mail: sofa4gerasimidi@mail.ru
https://orcid.org/0009-0004-9746-9530
- Глухов Дмитрий Валерьевич* заведующий лабораторией физиологии труда и профилактической эргономики, д-р мед. наук.
E-mail: d.gluhov@irioh.ru
https://orcid.org/0000-0001-5704-0650

About the authors:

- Sofia K. Gerasimidi* Researcher, Laboratory for Developing a Method of Liquid Ventilation.
E-mail: sofa4gerasimidi@mail.ru
https://orcid.org/0009-0004-9746-9530
- Dmitry V. Glukhov* Head of Labor Physiology and Preventive Ergonomics Laboratory, Dr. of Sci. (Med.).
E-mail: d.gluhov@irioh.ru
https://orcid.org/0000-0001-5704-0650