



ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ / PATHOLOGICAL PHYSIOLOGY

<https://doi.org/10.15507/3034-6231.001.202501.059-066>

ISSN 3034-6231 (Print)

EDN: <https://elibrary.ru/pxwueg>

ISSN 3034-6258 (Online)

УДК 616.1

<https://medbiosci.ru>

Оригинальная статья / Original article

Некоторые функциональные показатели кардиореспираторной системы у лиц с различным индексом массы тела

Д. Г. Седова ✉, Н. А. Мельникова, А. Ю. Шукаева

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
(Саранск, Российская Федерация)

✉ sedova_dg@mail.ru



Аннотация

Введение. В процессе поддержания жизнедеятельности организма важная роль принадлежит кардиореспираторной системе, регулирующей состояние мышечной массы человека и другие антропометрические параметры. Интерес к изучению влияния различных факторов на антропометрический статус человека обусловлен возрастающей распространенностью сердечно-сосудистых заболеваний. **Цель исследования** – анализ функциональных показателей кардиореспираторной системы у лиц с различным индексом массы тела.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Национального исследовательского Мордовского государственного университета с участием студентов в возрасте от 18 до 20 лет. Для оценки физического развития использовались рост-весовые показатели, на их основе был рассчитан индекс массы тела, также производили замеры мышечной силы, артериального давления, осуществляли функциональные пробы с задержкой дыхания. После обработки массива данных были сделаны выводы о гармоничности физического развития.

Результаты исследования. Установлено, что тип телосложения и физическое развитие связаны с состоянием кардиореспираторной системы: у людей с недостаточной и избыточной массой тела наблюдаются дисгармоничное физическое развитие и отклонения в показателях, тогда как у лиц с нормальным индексом массы тела – гармоничное развитие и нормальные функциональные показатели.

Обсуждение и заключение. Выявленные ассоциативные связи между индексом массы тела и функциональными показателями кардиореспираторной системы подчеркивают важность учета антропометрических данных при оценке состояния здоровья человека.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, антропометрический статус, индекс массы тела, гармоничность физического развития, время задержки дыхания

© Седова Д. Г., Мельникова Н. А., Шукаева А. Ю., 2025



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.



Финансирование: подготовка исследования не имела внешнего финансирования.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Седова Д.Г., Мельникова Н.А., Шукаева А.Ю. Некоторые функциональные показатели кардиореспираторной системы у лиц с различным индексом массы тела. *Медицина и биотехнологии*. 2025;1(1):59–66. <https://doi.org/10.15507/3034-6231.001.202501.059-066>

Functional Parameters of the Cardiorespiratory System in Individuals with Different Body Mass Index Categories

D. G. Sedova ✉, N. A. Melnikova, A. Yu. Shukaeva

National Research Mordovia State University (Saransk, Russian Federation)

✉ sedova_dg@mail.ru

Abstract

Introduction. The cardiorespiratory system plays a crucial role in sustaining vital physiological functions, regulating muscle mass, and influencing other anthropometric parameters. The growing prevalence of cardiovascular diseases has intensified interest in investigating the impact of various factors on an individual's anthropometric status. **The aim of the study** is to analyze the functional parameters of the cardiorespiratory system in individuals with different body mass index categories.

Materials and methods. The study was conducted at the National Research Mordovia State University and involved students aged 18 to 20 years. Physical development was assessed using height and weight measurements, based on which the body mass index was calculated. Additionally, muscle strength, blood pressure, and respiratory function were evaluated through breath-holding tests. Following data analysis, conclusions were drawn regarding the proportionality and harmony of physical development.

Results. It was found that body type and physical development are associated with the state of the cardiorespiratory system: individuals with underweight and overweight exhibit disharmonious physical development and deviations in physiological parameters, whereas those with a normal body mass index demonstrate harmonious development and normal functional indicators.

Discussion and conclusion. The identified associative relationships between body mass index and the functional parameters of the cardiorespiratory system highlight the importance of considering anthropometric data when assessing an individual's health status.

Keywords: cardiorespiratory system, anthropometric status, body mass index, physical development harmony, breath-holding time

Funding: the study did not receive external funding.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Sedova D.G., Melnikova N.A., Shukaeva A.Yu. Functional Parameters of the Cardiorespiratory System in Individuals with Different Body Mass Index Categories. *Medicine and Biotechnology*. 2025;1(1):59–66. <https://doi.org/10.15507/3034-6231.001.202501.059-066>



Введение. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы являются ключевыми в обеспечении жизнедеятельности организма и поддержании его гомеостаза. Нормальное взаимодействие и функционирование этих систем играет важную роль в поддержании трофики тканей, удалении продуктов метаболизма, обеспечивает насыщение организма кислородом и выведение углекислого газа.

Следует отметить, что в последние годы возросла заболеваемость как со стороны сердечно-сосудистой, так и дыхательной систем. При этом некоторые заболевания (хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), астма, сердечная недостаточность и др.) могут вызывать нарушения в обеих системах одновременно [1]. Учитывая тесную взаимосвязь функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, общность многих патогенетических механизмов их заболеваний, далее по тексту используем термин «кардиореспираторная система».

Состояние мышечной массы человека и некоторые антропометрические показатели могут зависеть от уровня развития кардиореспираторной системы, а также непосредственно влиять на нее. Так, недостаток кислорода и ухудшение удаления углекислого газа негативно сказываются на развитии и функционировании тканей организма, ухудшая обменные процессы в них¹.

В состоянии покоя кровоток в скелетных мышцах колеблется от 750 до 900 мл/мин (15–20 % от минутного объема крови), при этом количество активных капилляров составляет 20–30 % от их общего числа. Во время физической активности приток крови в мышцы может возрастать до 30 раз (85–90 % от общего объема циркулирующей крови), а число рабочих капилляров увеличивается в 2–3 раза. Поэтому работоспособность мускулатуры напрямую зависит от состояния кардиореспираторной системы².

Исследования, анализирующие совместную деятельность сердечно-сосудистой

и дыхательной систем, доказывают их неразрывную связь в обеспечении нормального функционирования организма в целом. При расчете взаимной спектральной плотности мощности обеих систем выявлено, что у здоровых пациентов их эффективное взаимодействие определяется на основной частоте дыхания (0,3–0,8 Гц). На более высоких частотах взаимодействие ослабевает, так как эффективность альвеолярной вентиляции зависит от количества воздуха, достигающего альвеол, и участвующего в обмене через альвеолярно-капиллярный барьер. Увеличение частоты дыхания свыше 20 раз/мин (тахипноэ) приводит к снижению эффективности газообмена, поскольку количество газов, участвующих в диффузии через альвеолярно-капиллярную мембрану, резко снижается [2].

Для выявления рисков, связанных с избыточным весом или дефицитом массы, в исследованиях чаще всего используют индекс массы тела (ИМТ), известный также как индекс Кетле. Значение ИМТ ниже 18,5 свидетельствует о недостатке веса, в диапазоне 18,5–24,9 – о нормальном весе, 25–29,9 – о предожирении, 30–34,9 – о первом типе ожирения, 35–39,9 – о втором типе ожирения, 40 и выше – о третьем типе ожирения (морбидном) [3].

Таким образом, в нашем исследовании ставилась цель: установить ассоциативную связь между особенностями работы кардиореспираторной системы и телосложением человека.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Определить ключевые показатели работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем с целью анализа их функционирования.
2. Оценить индекс массы тела и уровень мышечной силы для характеристики антропометрического статуса обследуемых.
3. Определить взаимосвязь между состоянием сердечно-сосудистой и дыхательной систем и особенностями телосложения.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Национального исследовательского Мордовского государственного университета на кафедре нормальной и патологической физиологии с 2023 по 2024 гг.

В исследовании приняли участие 46 студентов 2 курса МГУ им. Н. П. Огарёва в возрасте от 18 до 20 лет. Все респонденты были

¹ Подоксенов Ю. К., Рязанцева Н. В., Зима А. П. Патология нарушений кислотно-основного состояния: учебн. пособие. Томск: Изд-во СибГМУ, 2013. 84 с.

² Кровоснабжение мышц. Интенсивность кровотока в сосудах мышц. Миогенная, гуморальная регуляция кровотока в мышцах [Электронный ресурс] // МедУнивер: офиц. сайт. URL: <https://meduniver.com/Medical/Physiology/400.html> (дата обращения: 15.01.2025).



проинформированы о цели исследования и выразили готовность (согласие) к сотрудничеству. Количество и молодой возраст обследуемых обусловлены проведением научно-практических изысканий среди членов студенческого научного объединения.

При оценке роста-весовых параметров рассчитывался индекс массы тела (ИМТ = масса тела, кг / рост, м²) в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения [3].

Для оценки физического развития по антропометрическим показателям рассчитывалась гармоничность физического развития по методу сигмальных отклонений.

Состояние мышечной массы оценивалось методом динамометрии с использованием механического ручного динамометра.

Особенности функционирования кардиореспираторной системы выявлялись по показателям артериального давления и проведением функциональных проб с задержкой дыхания.

Артериальное давление (АД) определяли при помощи электронного тонометра фирмы «Omron», значения оценивали согласно клиническим рекомендациям³.

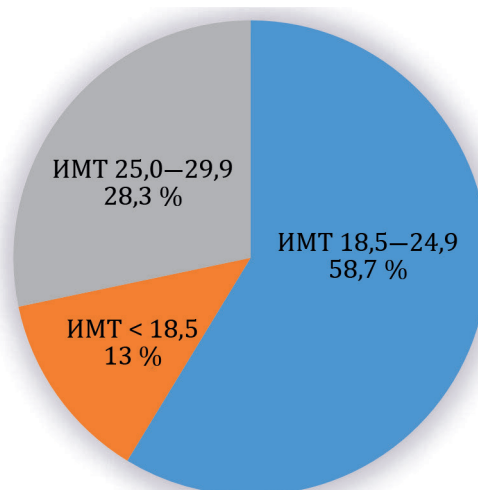
При оценке задержки дыхания использовали функциональную пробу Сообразе. За норму был взят диапазон показателей от 30 до 60 с.

Результаты статистически обработали с помощью программы Microsoft Excel, рассчитывали медиану, 5-й и 95 перцентили. Группы сравнивали с помощью критерия Манна – Уитни, значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования. На основании проведенных исследований участники были разделены на три группы: первая – с нормальным индексом массы тела, вторая – с дефицитом массы тела, и третья – с избыточной массой тела (рис. 1). Количество нормостеников среди обследованных в 2 раза превышало численность гиперстеников ($p < 0,05$) и в 4,5 раза – астеников ($p < 0,01$).

На следующем этапе был проведен отдельный анализ каждой группы обследуемых по гармоничности физического развития и силе мышц.

³ Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. 220 с. [Электронный ресурс]. URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/2024_AG.pdf (дата обращения: 15.01.2025).



Р и с. 1. Распределение обследуемых с различным показателем ИМТ
Fig. 1. Distribution of subjects with varying body mass index (BMI) values

Источник: здесь и далее – составлено авторами по собственным результатам.

Source: here and below – compiled by the authors based on their own results.

В первой группе (с нормальным показателем ИМТ) можно отметить незначимое преобладание обследуемых с резко дисгармоничным физическим развитием (37 %), при этом доля лиц с гармоничным (33,3 %) и дисгармоничным (29,7 %) развитием средней степени практически равны. Сила мышц у данных обследуемых находится в диапазоне от 15 до 50 (для правой руки), от 15 до 48 (для левой руки), при этом максимальный показатель в группе определялся у обследуемого с дисгармоничным развитием средней степени. Минимальный показатель силы мышц был зафиксирован у обследуемой с дисгармоничным физическим развитием.

Следует отметить, что лица с гармоничным развитием являлись в основном праворукими – 88,9 %.

При измерении АД было установлено, что у большинства обследуемых давление находится в пределах нормы. Стойкая гипотензия (90/60 мм рт. ст.) была зафиксирована у девушки с резко дисгармоничным физическим развитием.

Среднее время задержки дыхания после выдоха было снижено и составило 25,6 с.

Проанализировав показатели второй группы (с недостаточным весом), выявили следующую закономерность: физическое развитие большинства обследуемых было резко



дисгармоничным (83,3 %), у остальных – гармоничным (16,7 %).

Сила мышц у данной группы зафиксирована ниже, чем у первой группы, но у обследуемого с гармоничным развитием данный показатель был выше. Артериальное давление в норме, среднее время задержки дыхания ближе к норме – 52 с.

Показатели гармоничности третьей группы (с избыточной массой тела) варьировали от гармоничного до резко дисгармоничного (рис. 2).

Значения мышечной силы колебались от высоких по сравнению с первой группой до нормальных и сниженных. При измерении АД было отмечено превышение нормальных показателей у большинства обследуемых третьей группы (75 %). Среднее время задержки дыхания составило 23,3 с, что существенно ниже нормы.

Обсуждение и заключение. В большинстве случаев у обследуемых лиц с дефицитом ИМТ наблюдается резко дисгармоничное развитие. Вместе с тем, у обследуемых с нормальным ИМТ (18,5–24,9) отмечается больший процент гармоничного развития. У обследуемых третьей группы также встречаются случаи дисгармоничного развития, но реже, чем у лиц с дефицитом массы тела.

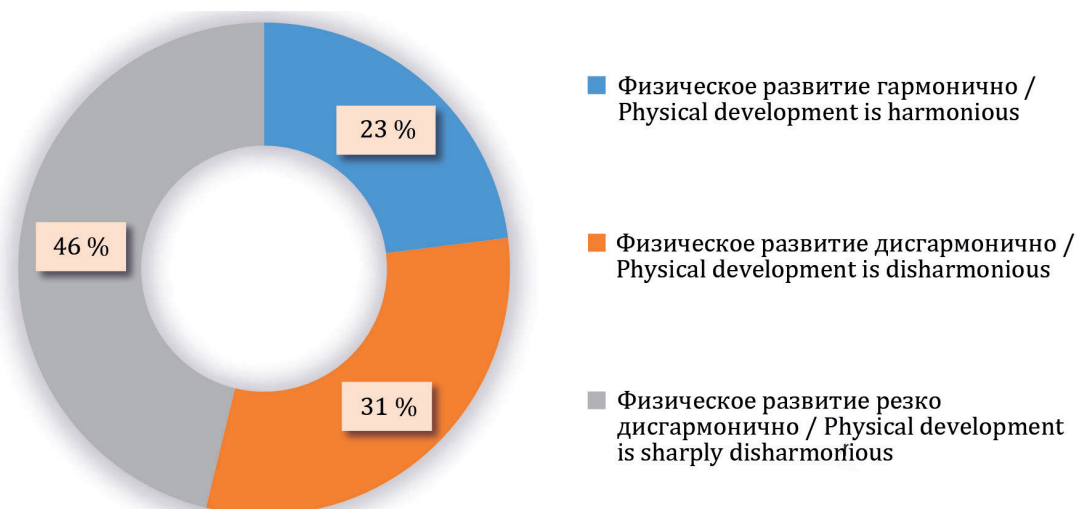
Сила мышц варьируется в зависимости от группы ИМТ. У обследуемых с дефицитом ИМТ она часто ниже, чем у тех, кто имеет нормальный или избыточный ИМТ.

Сравнительный анализ показателей трех групп обследуемых продемонстрировал, что

тип телосложения и гармоничность физического развития связаны с состоянием кардиореспираторной системы. Взаимосвязь дыхательной системы и телосложения человека также является темой различных исследований. Установлено, что у людей с высоким ИМТ часто наблюдаются ограничение подвижности диафрагмы и увеличение сопротивления грудной клетки, что может затруднять дыхание. Так, функциональная остаточная емкость легких (ФОЕЛ) и резервный объем выдоха ($PO_{\text{выд.}}$) экспоненциально снижаются с увеличением ИМТ. Наибольшие темпы изменения ФОЕЛ и $PO_{\text{выд.}}$ происходят при умеренном ожирении. Морбидное ожирение приводит к тому, что пациенты дышат на уровне, близком к остаточному объему [4]. Ранее была обнаружена значимая отрицательная корреляция легочных функциональных параметров с ИМТ и соотношением талии и бедер [5].

Синдром гиповентиляции при ожирении представляет значительный риск в периоперационных ситуациях, затрудняет проведение интубации, способствует неблагоприятным послеоперационным исходам, в частности, дыхательной и сердечной недостаточности [6].

Естественно, что все эти изменения в кардиореспираторной системе могут отразиться на газовом составе крови. У пациентов с избыточным весом в 30 % случаев наблюдается снижение уровня кислорода в крови, что связано с нарушением соотношения вентиляции и перфузии.



Р и с. 2. Гармоничность физического развития обследуемых с избыточной массой тела
F i g. 2. The harmony of physical development in subjects with excess body mass



Даже при условиях обильного кровоснабжения легких из-за микроателектазов некоторые альвеолы, получая кровь, не вентилируются. В результате кровь, оттекающая от этих альвеол, оказывается недостаточно насыщенной кислородом, а уровень углекислого газа в ней остается высоким [7].

В наших исследованиях участники с нормальным ИМТ показывают наилучшие результаты в тестах на время задержки дыхания, что может свидетельствовать о лучшем функционировании кардиореспираторной системы. При ожирении для преодоления сопротивления грудной клетки и воздухоносных путей требуется больше энергии на работу дыхательной мускулатуры. Это приводит к утомлению мышц и, как следствие, к одышке. Таким образом, у пациентов с высоким индексом массы тела увеличивается доля кислорода, расходуемая на сокращение инспираторной мускулатуры, и значительная часть кислорода не участвует в метаболических процессах [8].

Данные литературы о разных возрастных и профессиональных группах также показывают общую закономерность влияния телосложения на функциональную способность дыхательной системы [5–7]. Однако корреляция между ИМТ и, например, временем задержки дыхания, на наш взгляд, может быть сложной и зависит от множества факторов, включая возраст, пол, уровень физической активности и наличие сопутствующих заболеваний.

Известно, что артериальное давление является ключевым показателем гемодинамики. Существенные колебания его уровня, как в сторону повышения, так и в сторону понижения, могут служить предвестниками различных сердечно-сосудистых заболеваний, что представляет опасность для здоровья и жизни [3; 9].

В литературных данных имеется информация о том, что вероятность нарушений кардиореспираторной системы больше у людей с избыточным весом. Так, например, риск развития гипертонии выше в группе лиц с ожирением. В исследовании обозначено, что у таких

пациентов вероятность развития артериальной гипертензии ассоциируется с критериями ожирения, особенно со значением ИМТ [9].

При проведении ретроспективного анализа 603 медицинских освидетельствований моряков также была выявлена взаимосвязь индекса массы тела и артериального давления. ИМТ положительно коррелировал ($p < 0,01$) как с систолическим артериальным давлением (САД) ($r = 0,336$), так и с диастолическим артериальным давлением (ДАД) ($r = 0,344$). Около 39 % испытуемых были прегипертензивными, 16,6 % – гипертензивными. Риск предгипертензии и гипертензии был выше у лиц с избыточным весом и ожирением [10]. При этом более сильная корреляционная связь выявлена между массой тела и САД, тогда как корреляция между массой тела и ДАД менее выражена [11].

Также важным прогностическим фактором является снижение АД. По рекомендациям XXI Европейского кардиологического конгресса были установлены границы артериальной гипотензии. У лиц молодого возраста (до 25 лет) АД должно составлять $\geq 100/60$ мм рт. ст. Согласно рекомендациям НИИ неврологии РАМН, артериальное давление, уровень которого ниже 105/65 мм рт. ст., позволяет отнести пациентов в группу риска с возможным нарушением кровоснабжения мозга [3; 12].

Наши исследования показали, что существует ассоциативная связь между индексом массы тела и уровнем артериального давления. С увеличением ИМТ увеличивается и артериальное давление, что соответствует данным литературы [11; 12]. Ожирение может влиять на артериальное давление через несколько механизмов: увеличение объема циркулирующей крови, повышение сопротивления сосудов, изменения в гормональном фоне и т. д. [7; 9; 10]. Данная закономерность играет важную роль в установлении взаимосвязи степени кровоснабжения и оксигенации у лиц с разным типом телосложения, что обуславливает практическую ценность проведенного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Шпагина Л.А., Котова О.С., Шпагин И.С., Камнева Н.В. Хроническая обструктивная болезнь легких в сочетании с сердечной недостаточностью – трудности диагностики и лечения. *Вестник терапевта*. 2019;4–5:40–41. URL: <https://clck.ru/3GBEoV> (дата обращения: 25.12.2024).



- Shpagina L.A., Kotova O.S., Shpagin I.S., Kamneva N.V. [Chronic Obstructive Pulmonary Disease Combined with Heart Failure – Difficulties in Diagnosis and Treatment]. *Therapist's Bulletin*. 2019;4–5:40–41. (In Russ.). URL: <https://clck.ru/3GBEoV> (accessed: 25.12.2024).
2. Лукьянов Г.Н., Воронин А.А. Экспериментальные исследования взаимодействия процессов дыхания и сердцебиения. *Биотехносфера*. 2011;5–6(17–18):18–22. URL: <https://clck.ru/3GBGKj> (дата обращения: 12.01.2025).
Lukyanov G.N., Voronin A.A. [Experimental Studies of the Interaction of Breathing and Heartbeat Processes]. *Biotehnosfera = Biotechnosphere*. 2011;5–6(17–18):18–22 (In Russ.). URL: <https://clck.ru/3GBGKj> (accessed: 12.01.2025).
3. Юшманова Л.С., Соловьева Н.А., Совершаева С.Л. Качество жизни в зависимости от величины артериального давления и индекса массы тела у лиц юношеского возраста. *Фундаментальные исследования*. 2012;9(2):328–331. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30223> (дата обращения: 15.12.2024).
Yushmanova L.S., Solovieva N.A., Sovershaeva S.L. Quality of Life, Blood Pressure and Body Mass Index in the Healthy Young Persons. *Fundamental Research*. 2012;9(2):328–331 (In Russ.). URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30223> (accessed: 15.12.2024).
4. Jones R.L., Nzekwu M.M. The Effects of Body Mass Index on Lung Volumes. *Chest*. 2006;130(3):827–833. <https://doi.org/10.1378/chest.130.3.827>
5. Satapathy A.K., Das R.R., Mahapatro S., Panigrahi M.K., Bandopadhyaya D. Effect of Body Mass Index (BMI) on Pulmonary Functions in Children of 6–14 Years of Age: A Cross-Sectional Study. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2022;11(6):3156–3160. https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc_2002_21
6. Kaw R., Dupuy-McCauley K., Wong J. Screening and Perioperative Management of Obesity Hypoventilation Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(17):5000. <https://doi.org/10.3390/jcm13175000>
7. Bokov P., Delclaux C. Impact Fonctionnel Respiratoire de l'obésité. *Revue des Maladies Respiratoires*. 2019;36(9):1057–1063 (In Fr., abstract in Eng.). <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2019.07.009>
Bokov P., Delclaux C. The Impact of Obesity on Respiratory Function. *Revue des Maladies Respiratoires*. 2019;36(9):1057–1063 (In Fr., abstract in Eng.). <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2019.07.009>
8. Parameswaran K., Todd D.C., Soth M. Altered Respiratory Physiology in Obesity. *Canadian Respiratory Journal*. 2006;13(4):203–210. <https://doi.org/10.1155/2006/834786>
9. Цыганкова Д.П., Кривошапова К.Е., Максимов С.А. и др. Ожирение и артериальная гипертензия: роль критериев. *Системные гипертензии*. 2019;16(1):32–36. <https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.180168>
Tsygankova D.P., Krivoschapova K.E., Maksimov S.A., et al. Obesity and Hypertension: the Role of Criteria. *Systemic Hypertension*. 2019;16(1):32–36 (In Russ., abstract in Eng.). <https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.180168>
10. Sagaro G.G., Di Canio M., Amenta F. Correlation Between Body Mass Index and Blood Pressure in Seafarers. *Clinical and Experimental Hypertension*. 2021;43(2):189–195. <https://doi.org/10.1080/10641963.2020.1836193>
11. Yusni Y., Rahman S., Naufal I. Positive Correlation between Body Weight and Body Mass Index with Blood Pressure in Young Adults. *Narra Journal*. 2024;4(1):e533. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i1.533>
12. Муслов С.А., Зайцева Н.В., Корнеев А.А., Синицын А.А. Корреляционное исследование статистической связи между индексом массы тела и величиной артериального давления. *Современные проблемы науки и образования*. 2019;3:128. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28840> (дата обращения: 10.12.2024).
Muslov S.A., Zaitseva N.V., Korneev A.A., Sinitsyn A.A. Correlation Study of Statistical Relationship Between Body Mass Index and Arterial Pressure Value. *Modern Problems of Science and Education*. 2019;3:128 (In Russ., abstract in Eng.). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28840> (accessed: 10.12.2024).

Поступила 17.01.2025 г.; одобрена после рецензирования 10.02.2025 г.; принята к публикации 17.02.2025 г.

Об авторах:

Седова Дина Георгиевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7992-3202>, SPIN-код: 9349-1268, sedova_dg@mail.ru

Мельникова Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии Национального исследовательского Мордовского государственного



университета (430005, Российская Федерация, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3664-7881>, SCOPUS ID: 56966365800, SPIN-код: 3749-1594, n_melnicowa@mail.ru

Шукаева Анастасия Юрьевна, студент Медицинского института Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8334-7038>, shukaevaanastasia@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Д. Г. Седова – концепция и дизайн исследования; участие в исследовании, обработка материала; анализ и интерпретация данных; написание и редактирование текста.

Н. А. Мельникова – концепция и дизайн исследования; участие в исследовании, обработка материала; анализ и интерпретация данных; написание и редактирование текста.

А. Ю. Шукаева – участие в исследовании, обработка материала; анализ и интерпретация данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Submitted 17.01.2025; revised 10.02.2025; accepted 17.02.2025.

About the authors:

Dina G. Sedova, Cand.Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Physiology, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7992-3202>, SPIN-code: 9349-1268, sedova_dg@mail.ru

Natalia A. Melnikova, Cand.Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Physiology, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3664-7881>, SCOPUS ID: 56966365800, SPIN-code: 3749-1594, n_melnicowa@mail.ru

Anastasia Yu. Shukaeva, Student of the Medical Institute, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8334-7038>, shukaevaanastasia@yandex.ru

Authors' contribution:

D. G. Sedova – study concept and design; participation in the study, material processing; data analysis and interpretation; writing and editing the text.

N. A. Melnikova – study concept and design; participation in the study, material processing; data analysis and interpretation; writing and editing the text.

A. Yu. Shukaeva – participation in the study, material processing; data analysis and interpretation.

All authors have read and approved the final manuscript.