



Журнал медико-биологических исследований. 2025. Т. 13, № 4. С. 501–507.
Journal of Medical and Biological Research, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 501–507.



Краткое сообщение
УДК 616-092.12:612.13
DOI: 10.37482/2687-1491-Z269

Анализ гемодинамических, антропометрических параметров и адаптационного потенциала системы кровообращения у старших школьников г. Владикавказа

Виктория Александровна Беляева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-5275>

*Институт биомедицинских исследований – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (с. Михайловское, Пригородный р-н, Республика Северная Осетия – Алания, Россия)

Аннотация. Проанализированы основные гемодинамические и антропометрические показатели учеников старших классов г. Владикавказа с учетом гендерных различий и адаптационного потенциала системы кровообращения. Антропометрические параметры большинства обследуемых соответствовали норме, однако отношение обхвата талии к длине тела у мальчиков было ниже, чем у девочек, что соответствовало более низкому содержанию абдоминального жира. Установлено, что на фоне снижения резервов адаптации к концу учебного года адаптационный потенциал системы кровообращения у большинства школьников (68 %) соответствовал состоянию напряжения адаптации (2,23 [2,03; 2,39] балла). Мобилизация функциональных резервов организма у мальчиков реализовывалась преимущественно за счет повышения систолического артериального давления (до 125,0 [118,0; 130,5] мм рт. ст.), у девочек – частоты сердечных сокращений (до 87,15 [82,57; 96,97] уд./мин).

Ключевые слова: гемодинамические параметры, индекс массы тела, адаптационный потенциал системы кровообращения, функциональные резервы, индекс центрального ожирения, старшие школьники

Для цитирования: Беляева, В. А. Анализ гемодинамических, антропометрических параметров и адаптационного потенциала системы кровообращения у старших школьников г. Владикавказа / В. А. Беляева // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 501-507. – DOI 10.37482/2687-1491-Z269.

© Беляева В.А., 2025

Ответственный за переписку: Виктория Александровна Беляева, адрес: 363110, Республика Северная Осетия – Алания, Пригородный р-н, с. Михайловское, ул. Вильямса, д. 1; e-mail: pursh@inbox.ru

Brief communication

Analysis of Haemodynamic and Anthropometric Parameters and Adaptive Potential of the Circulatory System in High School Students (Vladikavkaz)

Victoria A. Belyayeva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-5275>

*Institute of Biomedical Investigations – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of Russian Academy of Sciences (Mikhaylovskoye Settlement, Prigorodny District, Republic of North Ossetia – Alania, Russia)

Abstract. The paper analysed key haemodynamic and anthropometric parameters of high school students living in Vladikavkaz taking into account sex-related differences and the adaptive potential of the circulatory system. The anthropometric parameters of most schoolchildren were within the norm, but the waist-to-height ratio was lower in boys than in girls, which corresponded to a higher content of abdominal fat in the latter. It was found that, with decreased adaptive reserves by the end of the school year, the adaptive potential in most schoolchildren (68 %) could be classified as adaptive stress (2.23 [2.03; 2.39] points). The body's functional reserves in boys were mobilized primarily through an increase in systolic pressure (125.0 [118.0; 130.5] mmHg), while in girls, in heart rate (up to 87.15 [82.57; 96.97] bpm).

Keywords: *haemodynamic parameters, body mass index, adaptive potential of the circulatory system, functional reserves, waist-to-height ratio, high school students*

For citation: Belyayeva V.A. Analysis of Haemodynamic and Anthropometric Parameters and Adaptive Potential of the Circulatory System in High School Students (Vladikavkaz). *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 501–507. DOI: 10.37482/2687-1491-Z269

Современные учебные программы, направленные на получение большого количества информации в сжатые сроки, вызывают хроническое переутомление у школьников, что в совокупности с гиподинамией способствует возникновению различных гемодинамических нарушений и снижению резервов адаптации. Для учащихся старших классов, организм которых проходит период полового созревания и существенного изменения всех физиологических систем, такие нагрузки зачастую оказываются чрезмерными. Значимость проблемы возрастает на фоне того, что среди подростков массово

распространены несоблюдение режима дня, сокращение продолжительности сна, питание ультраобработанными продуктами (фастфуд и др.), увлечение гаджетами. Все эти факторы существенно повышают кардиометаболические риски [1, 2]. Ранний скрининг на основе антропометрических и гемодинамических параметров позволяет предотвращать возникновение кардиометаболических заболеваний путем выявления подростков группы риска и проведения профилактических мероприятий [3, 4].

Цель работы состояла в исследовании основных гемодинамических и антропометри-

Corresponding author: Victoria Belyayeva, address: ul. Vil'yamsa 1, s. Mikhaylovskoe, 363110, Prigorodnyy r-n, Respublika Severnaya Osetiya – Alaniya, Russia; e-mail: pursh@inbox.ru

ческих параметров, а также адаптационного потенциала (АП) системы кровообращения школьников с учетом гендерных различий.

В весенний период 2023 года были обследованы обучающиеся 9-го класса школы № 46 г. Владикавказа (81 чел.: 37 девочек, 44 мальчика) в возрасте 16,1 [15,4; 16,7] года, родители или законные представители которых подписали добровольное информированное согласие. Исследование проведено с учетом конфиденциальности сведений об участниках, все проводимые процедуры соответствовали Хельсинкской декларации (редакция 2013 года) и были одобрены этическим комитетом Института биомедицинских исследований Владикавказского научного центра Российской академии наук (протокол № 3 от 20.02.2022).

Замеры проводились в отдельном помещении с комфортной температурой (20–22 °C) в отсутствие посторонних раздражителей в первой половине дня с предварительным покоем в течение 5–7 мин. Артериальное давление (АД, мм рт. ст.) и частоту пульса (ЧСС, уд./мин) измеряли двукратно в положении сидя, с помощью электронного автоматического сфигмоманометра ВС 52 (Mabis Healthcare Inc., Германия) после 10 мин покоя. По разнице систолического (САД) и диастолического (ДАД) определялось пульсовое давление (ПАД, мм рт. ст.). Среднее артериальное давление рассчитывалось по формуле $AD_{cp} = PAД/3 + DAД$. На основании длины (h , м) и массы (m , кг) тела вычислялись индекс массы тела школьников по формуле $ИМТ = m/h^2$, а также индексы WHtR (отношение обхвата талии к длине тела) и WAR (отношение обхвата талии к обхвату руки), характеризующие центральное ожирение. АП системы кровообращения определялся по формуле Р.М. Баевского и оценивался по шкале: $\leq 2,10$ балла – удовлетворительная адапта-

ция; 2,11–3,2 балла – напряжение адаптации; 3,21–4,30 балла – неудовлетворительная адаптация; $\geq 4,31$ балла – срыв адаптации.

Статистический анализ данных проводился в компьютерной программе Statistica v. 10.0. Характер распределения исследуемых параметров проверялся с помощью теста Шапиро–Уилка, по результатам которого дальнейший анализ выполнялся с использованием U -критерия Манна–Уитни. Параметры представлены в виде медианы, 1-го и 3-го квартилей – $Me [Q_1; Q_3]$. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Установлено, что значения САД у мальчиков, ЧСС и АП системы кровообращения как у мальчиков, так и у девочек выше нормы, остальные показатели находились в ее пределах согласно классификации Всемирной организации здравоохранения (см. таблицу).

Выявлены значимые гендерные различия гемодинамических параметров. САД, ПАД были более высокими у мальчиков, а ЧСС – у девочек. В пубертатный период у подростков могут возникать подъемы АД вследствие выраженной диспропорции между увеличением объема сердца и емкостью сосудистой сети, что зачастую фиксируется у взрослых обследуемых. Высокая активность эндокринных желез в этом возрасте усугубляет ситуацию и может вызывать повышение АД. САД при этом может возрастать до 140–160 мм рт. ст., а ДАД оставаться в пределах нормы¹. Частые эпизоды подъема АД на фоне повышенной утомляемости, головных болей и головокружения могут свидетельствовать о нейроциркуляторной дистонии. Высокорослые подростки с отягощенной наследственностью по артериальной гипертензии и периодическими подъемами АД составляют группу особого контроля. В нашем исследовании было отмечено более высокое ПАД у мальчиков. Необходимо иметь в виду,

¹Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В., Ермакова И.В., Сельверова Н.Б., Соколов Е.В. Подростковый возраст: особенности развития сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем и адаптации к различным нагрузкам в условиях учебного процесса: метод. пособие для педагогов и психологов. М.: НИИ школ. технологий, 2017. 32 с.

Основные антропометрические, гемодинамические параметры и АП системы кровообращения у старших школьников г. Владикавказа, $Me [Q_1; Q_3]$

Key anthropometric and haemodynamic parameters and adaptive potential of the circulatory system in high school students living in Vladikavkaz, $Me [Q_1; Q_3]$

Параметр	Девочки ($n = 37$)	Мальчики ($n = 44$)	p
Длина тела, см	167,0 [163,0; 170,0]	180,0 [174,5; 183,0]	0,000
Обхват талии, см	67,0 [63,0; 70,0]	74,0 [70,0; 80,0]	0,000
WHtR, у. е.	0,38 [0,37; 0,39]	0,35 [0,34; 0,36]	0,000
Обхват руки, см	25,0 [23,0; 26,5]	29,0 [25,5; 30,0]	0,001
WAR, у. е.	2,73 [2,58; 2,85]	2,70 [2,59; 2,86]	0,348
Масса тела, кг	55,0 [52,0; 60,0]	70,0 [60,0; 75,0]	0,000
ИМТ, у. е.	20,31 [18,78; 21,55]	21,87 [18,75; 24,02]	0,112
ЧСС, уд./мин	87,15 [82,57; 96,97]	82,30 [78,19; 88,79]	0,005
САД, мм рт. ст.	115,0 [110,0; 123,0]	125,0 [118,0; 130,5]	0,000
ДАД, мм рт. ст.	78,0 [71,0; 83,0]	76,5 [70,5; 81,5]	0,390
ПАД, мм рт. ст.	37,0 [35,0; 40,0]	50,0 [42,0; 56,5]	0,000
АД _{ср} , мм рт. ст.	89,6 [86,0; 95,0]	92,8 [86,8; 97,0]	0,265
АП, баллы	2,19 [2,04; 2,36]	2,26 [2,00; 2,42]	0,541

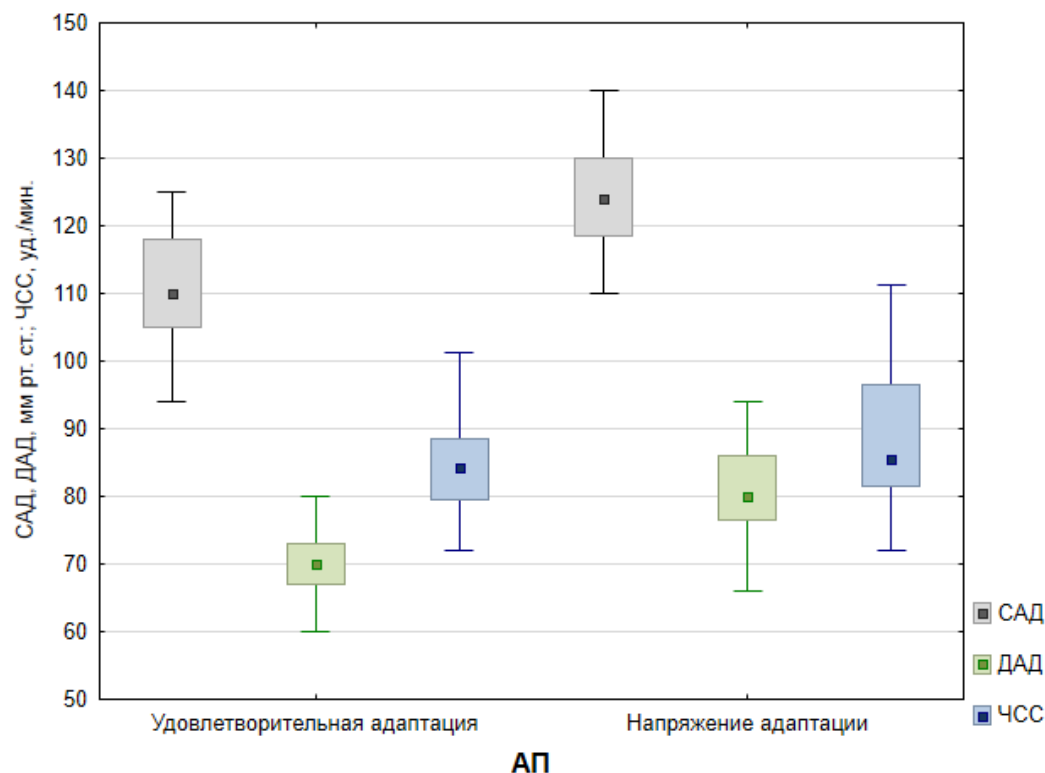
Примечание. Полу жирным начертанием выделены статистически значимые различия между параметрами у девочек и мальчиков.

что этот показатель является независимым предиктором сердечно-сосудистых рисков [5].

Как мальчики, так и девочки в подавляющем большинстве (87 %) имели нормальный ИМТ. Несмотря на то, что данный показатель является надежным инструментом оценки ожирения у детей [6, 7], его применение имеет ряд ограничений, т. к. при одинаковых ИМТ соотношение жировой и мышечной массы может отличаться [8]. WHtR же учитывает распределение абдоминального жира, поэтому этот индекс предпочтительнее в качестве предиктора кардиометаболических рисков [9, 10]. В нашем исследовании WHtR у мальчиков ниже, чем у девочек, т. е. у них содержание абдоминального жира было несколько ниже, чем у девочек, но WHtR соответствовал норме в обеих группах. Это согласуется с имеющимися данными о том, что для девочек пубертатного возраста характерны более высокий уровень жира в организме, меньшая мышечная масса и

меньшая гидратация организма [11]. На фоне снижения резервов адаптации к концу учебного года АП системы кровообращения как у мальчиков, так и у девочек соответствовал состоянию напряжения адаптации. Не выявлено школьников с неудовлетворительной адаптацией или срывом адаптации, т. к. максимальное значение АП системы кровообращения по всей выборке не превышало 3,19 балла. Установлено, что школьники с напряжением адаптации (68 %) отличались более высокими САД ($p = 0,000$), ДАД ($p = 0,000$) и ЧСС ($p = 0,037$) по сравнению с испытуемыми с удовлетворительной адаптацией (32 %) (см. рисунок).

Переход к донозологическим состояниям требует мобилизации функциональных резервов организма и реализуется путем активизации функционирования сердечно-сосудистой системы за счет повышения САД и ЧСС. Полученные нами данные подтверждаются результатами исследования [12]. У маль-



Гемодинамические показатели (ЧСС, САД, ДАД) старших школьников г. Владикавказа с разными уровнями АП системы кровообращения: ■ – медиана, □ – квартили, I – min-max

Haemodynamic parameters (heart rate variability, systolic and diastolic pressure) in high school students of Vladikavkaz with different levels of adaptive potential of the circulatory system: ■ – median, □ – quartiles, I – min-max

чиков активизация достигалась в большей мере за счет повышения САД (до 125,0 [118,0; 130,5] мм рт. ст.), у девочек – ЧСС (до 87,15 [82,57; 96,97] уд./мин). АП организма складывается из соотношения между адаптационными резервами и характеристиками действующего фактора (интенсивностью, продолжительностью и т. п.) [13].

Таким образом, у 87 % школьников ИМТ соответствовал норме. WHtR у мальчиков был ниже, чем у девочек, что свидетельствует о бо-

лее высоком содержании абдоминального жира у последних. АП системы кровообращения большинства школьников (68 %) находился в состоянии напряжения адаптации, что сопровождалось компенсаторным повышением ЧСС у девочек и САД у мальчиков. Причиной этого может служить вегетативная нестабильность в период полового созревания на фоне высокой учебной нагрузки. Повышение АД у старших школьников может расцениваться как предболезнь и требует дополнительного обследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Список литературы

1. Petridi E., Karatzi K., Magriplis E., Charidemou E., Philippou E., Zampelas A. The Impact of Ultra-Processed Foods on Obesity and Cardiometabolic Comorbidities in Children and Adolescents: A Systematic Review // *Nutr. Rev.* 2024. Vol. 82, № 7. P. 913–928. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad095>
2. Sehn A.P., de Castro Silveira J.F., Brand C., Lemes V.B., Borfe L., Tornquist L., Pfeiffer K.A., Renner J.D.P., Andersen L.B., Burns R.D., Reuter C.P. Screen Time, Sleep Duration, Leisure Physical Activity, Obesity, and Cardiometabolic Risk in Children and Adolescents: A Cross-Lagged 2-Year Study // *BMC Cardiovasc. Disord.* 2024. Vol. 24, № 1. Art. № 525. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-04089-2>
3. Xie L., Kim J., Almandoz J.P., Clark J., Sunil Mathew M., Cartwright B.R., Barlow S.E., Lipshultz S.E., Messiah S.E. Anthropometry for Predicting Cardiometabolic Disease Risk Factors in Adolescents // *Obesity (Silver Spring)*. 2024. Vol. 32, № 8. P. 1558–1567. <https://doi.org/10.1002/oby.24090>
4. Meng Y., Mynard J.P., Smith K.J., Juonala M., Urbina E.M., Niiranen T., Daniels S.R., Xi B., Magnussen C.G. Pediatric Blood Pressure and Cardiovascular Health in Adulthood // *Curr. Hypertens. Rep.* 2024. Vol. 26, № 11. P. 431–450. <https://doi.org/10.1007/s11906-024-01312-5>
5. Jin H., Fang S., An S., Ding Y. Association of Pulse Pressure Index with Mortality in Patients with Hypertension: Results from NHANES 1999–2018 // *J. Clin. Hypertens. (Greenwich)*. 2025. Vol. 27, № 1. Art. № e70004. <https://doi.org/10.1111/jch.70004>
6. Баирова Т.А., Бальжиева В.В., Аюрова Ж.Г., Михалевич И.М., Парамонов А.И., Рычкова Л.В. Соотношение талии к росту – важный антропометрический дискриминатор метаболических нарушений у подростков с избыточной массой тела и ожирением: пилотное исследование // *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского*. 2022. Т. 101, № 5. С. 32–42. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2022-101-5-32-42>
7. Sigurðardóttir B., Gribsholt S.B., Bjerregaard L.G., Bruun J.M. Review of Impacts of Using Body Mass Index as a Screening Tool in School Children: A Scoping Review // *Clin. Obes.* 2024. Vol. 14, № 3. Art. № e12639. <https://doi.org/10.1111/cob.12639>
8. Pinto A.A., Bim M.A., Moreno Y.M.F., de Lima L.R.A., Silva A.M., Pelegrini A. Agreement Between Body Mass Index and Body Fat in Adolescents with Different Physical Activity Levels // *Res. Q. Exerc. Sport.* 2023. Vol. 94, № 2. P. 454–459. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.2007211>
9. Ukegbu T.E., Wylie-Rosett J., Groisman-Perelstein A.E., Diamantis P.M., Rieder J., Ginsberg M., Lichtenstein A.H., Matthan N.R., Shankar V. Waist-to-Height Ratio Associated Cardiometabolic Risk Phenotype in Children with Overweight/Obesity // *BMC Public Health.* 2023. Vol. 23, № 1. Art. № 1549. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16418-9>
10. Eslami M., Pourghazi F., Khazdouz M., Tian J., Pourrostami K., Esmaeili-Abdar Z., Ejtahed H.-S., Qorbani M. Optimal Cut-Off Value of Waist Circumference-to-Height Ratio to Predict Central Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Studies // *Front. Nutr.* 2023. Vol. 9. Art. № 985319. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.985319>
11. Kobylińska M., Antosik K., Decyk A., Kurowska K., Skiba D. Body Composition and Anthropometric Indicators in Children and Adolescents 6–15 Years Old // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022. Vol. 19, № 18. Art. № 11591. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811591>
12. Мартусевич А.К., Разумовский А.В., Дмитроченков А.В., Исаева Л.И. Возможности восстановления адаптационного потенциала организма при донозологических состояниях // *Соврем. проблемы науки и образования*. 2016. № 3. Ст. № 108. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24652> (дата обращения: 07.10.2025).
13. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 176 с.

References

1. Petridi E., Karatzi K., Magriplis E., Charidemou E., Philippou E., Zampelas A. The Impact of Ultra-Processed Foods on Obesity and Cardiometabolic Comorbidities in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Nutr. Rev.*, 2024, vol. 82, no. 7, pp. 913–928. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad095>

2. Sehn A.P., de Castro Silveira J.F., Brand C., Lemes V.B., Borfe L., Tornquist L., Pfeiffer K.A., Renner J.D.P., Andersen L.B., Burns R.D., Reuter C.P. Screen Time, Sleep Duration, Leisure Physical Activity, Obesity, and Cardiometabolic Risk in Children and Adolescents: A Cross-Lagged 2-Year Study. *BMC Cardiovasc. Disord.*, 2024, vol. 24, no. 1. Art. no. 525. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-04089-2>
3. Xie L., Kim J., Almandoz J.P., Clark J., Sunil Mathew M., Cartwright B.R., Barlow S.E., Lipshultz S.E., Messiah S.E. Anthropometry for Predicting Cardiometabolic Disease Risk Factors in Adolescents. *Obesity (Silver Spring)*, 2024, vol. 32, no. 8, pp. 1558–1567. <https://doi.org/10.1002/oby.24090>
4. Meng Y., Mynard J.P., Smith K.J., Juonala M., Urbina E.M., Niiranen T., Daniels S.R., Xi B., Magnussen C.G. Pediatric Blood Pressure and Cardiovascular Health in Adulthood. *Curr. Hypertens. Rep.*, 2024, vol. 26, no. 11, pp. 431–450. <https://doi.org/10.1007/s11906-024-01312-5>
5. Jin H., Fang S., An S., Ding Y. Association of Pulse Pressure Index with Mortality in Patients with Hypertension: Results from NHANES 1999–2018. *J. Clin. Hypertens. (Greenwich)*, 2025, vol. 27, no. 1. Art. no. e70004. <https://doi.org/10.1111/jch.70004>
6. Bairova T.A., Balzhiyeva V.V., Ayurova Zh.G., Mikhalevich I.M., Paramonov A.I., Rychkova L.V. Waist-to-Height Ratio Is an Important Anthropometric Discriminator of Metabolic Disorders in Overweight and Obese Adolescents: A Pilot Study. *Pediatr. n.a. G.N. Speransky*, 2022, vol. 101, no. 5, pp. 32–42 (in Russ.). <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2022-101-5-32-42>
7. Sigurðardóttir B., Gribsholt S.B., Bjerregaard L.G., Bruun J.M. Review of Impacts of Using Body Mass Index as a Screening Tool in School Children: A Scoping Review. *Clin. Obes.*, 2024, vol. 14, no. 3. Art. no. e12639. <https://doi.org/10.1111/cob.12639>
8. Pinto A.A., Bim M.A., Moreno Y.M.F., de Lima L.R.A., Silva A.M., Pelegrini A. Agreement Between Body Mass Index and Body Fat in Adolescents with Different Physical Activity Levels. *Res. Q. Exerc. Sport*, 2023, vol. 94, no. 2, pp. 454–459. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.2007211>
9. Ukegbu T.E., Wylie-Rosett J., Groisman-Perelstein A.E., Diamantis P.M., Rieder J., Ginsberg M., Lichtenstein A.H., Matthan N.R., Shankar V. Waist-to-Height Ratio Associated Cardiometabolic Risk Phenotype in Children with Overweight/Obesity. *BMC Public Health*, 2023, vol. 23, no. 1. Art. no. 1549. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16418-9>
10. Eslami M., Pourghazi F., Khazdouz M., Tian J., Pourrostami K., Esmaeili-Abdar Z., Ejtahed H.-S., Qorbani M. Optimal Cut-Off Value of Waist Circumference-to-Height Ratio to Predict Central Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Studies. *Front. Nutr.*, 2023, vol. 9. Art. no. 985319. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.985319>
11. Kobylińska M., Antosik K., Decyk A., Kurowska K., Skiba D. Body Composition and Anthropometric Indicators in Children and Adolescents 6–15 Years Old. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 18. Art. no. 11591. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811591>
12. Martusevich A.K., Razumovskiy A.V., Dmitrochenkov A.V., Isaeva L.I. Vozmozhnosti vosstanovleniya adaptatsionnogo potentsiala organizma pri donozologicheskikh sostoyaniyakh [Possibilities of the Restoration of Organism Adaptation Potential at Prenosological Disorders]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 3. Art. no. 108. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24652> (accessed: 7 October 2025).
13. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku* [Introduction to Prenosological Diagnosis]. Moscow, 2008. 176 p.

Поступила в редакцию 13.10.2025 / Одобрена после рецензирования 18.11.2025 / Принята к публикации 20.11.2025.
Submitted 13 October 2025 / Approved after reviewing 18 November 2025 / Accepted for publication 20 November 2025.