

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

УДК 616.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original research



Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой

В.Н. Комолятова^{1,2,*}, Д.А. Беспорточный¹, Л.М. Макаров^{1,2}, И.И. Киселева¹, Н.В. Аксенова³

¹ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков
Федерального медико-биологического агентства».
Центр синкопальных состояний и сердечных аритмий, Москва, Россия

² ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

³ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков
Федерального медико-биологического агентства». Центр детской спортивной медицины, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Известно, что у детей в покое значения АД зависят от роста, но этот аспект не учитывается при анализе максимального АД при нагрузке.

Цель: определить максимальное значение АД у молодых элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

Методы: обследовано 2313 (возраста $15,5 \pm 1,4$ года, 45% юношей) юных элитных спортсменов членов сборных команд Российской Федерации по 40 видам спорта. Всем обследуемым была проведена велоэргометрия по протоколу PWC170, АД измерялось вручную на каждой ступени нагрузки, определялись его максимальные значения в течение всей пробы.

Результаты: максимальные значения АД у юношей были выше, чем у девушек: систолического артериального давления (САД) 195 ± 25 vs 175 ± 20 мм рт. ст., $p < 0,001$, диастолического артериального давления (ДАД) 80 ± 11 vs 80 ± 10 мм рт. ст., $p < 0,05$. Выявлена зависимость между максимальным значением АД на нагрузке и ростом ($r = 0,55$; $p < 0,001$). Предложены нормативные таблицы для оценки максимальных значений САД на нагрузке в зависимости от роста.

Заключение: у юных элитных спортсменов максимальное значение АД при проведении ВЭМ по протоколу PWC170 зависит не только от пола, но и от роста. Максимальные значения САД на нагрузке у высокорослых юных элитных спортсменов могут достигать у юношей 250 мм рт. ст., у девушек 210 мм рт. ст.

Ключевые слова: юные элитные спортсмены, проба с дозированной физической нагрузкой, артериальное давление при нагрузке

Конфликт интересов: авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Макаров Л.М., Киселева И.И., Аксенова Н.В. Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(1):86–91. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

Поступила в редакцию: 15.12.2021

Принята к публикации: 25.02.2021

Online first: 25.03.2022

Опубликована: 30.04.2022

*Автор, ответственный за переписку

Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes

Vera N. Komoliatova^{1,2,*}, Dmitriy A. Besportochii¹, Leonid M. Makarov^{1,2}, Irina I. Kiseleva¹,
Natalya V. Aksenova³

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

³ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center of Pediatric Sports Medicine, Moscow, Russia

ABSTRACT

It is known that in children at rest, BP values depend on height, but this aspect is not taken into account when analyzing the maximum BP during exercise.

Objective: to determine the maximum value of BP in young elite athletes, depending on height and gender.

Materials and methods: 2313 (age 15.5 ± 1.4 years, 45% of young men) young elite athletes, members of national teams of the Russian Federation in 40 sports, were examined. All subjects underwent bicycle ergometry according to the PWC170 protocol, blood pressure was measured manually at each stage of the load, and its maximum values were determined during the entire test.

Results: The maximum BP values in boys were higher than in girls: systolic blood pressure (SBP) 195 ± 25 vs 175 ± 20 mmHg, $p < 0.001$, diastolic blood pressure (DBP) 80 ± 11 vs 80 ± 10 mm Hg, $p < 0.05$. A relationship was found between the maximum value of blood pressure on load and growth ($r = 0.55$; $p < 0.001$). Normative tables are proposed for assessing the maximum values of SBP and load, depending on growth.

Conclusion: In young elite athletes, the maximum BP value during VEM according to the PWC170 protocol depends not only on gender, but also on height. The maximum values of SBP during exercise in tall young elite athletes can reach 250 mm Hg in boys and 210 mm Hg in girls.

Keywords: young elite athletes, dosed exercise test, blood pressure during exercise

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

For citation: Komoliatova V.N., Besportochinii D.A., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Aksenova N.V. Parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(1):86–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.1.10>

Received: 15 December 2021

Accepted: 25 February 2022

Online first: 25 March 2022

Published: 30 April 2022

* **Corresponding author**

1. Введение

Известно, что под влиянием интенсивных и регулярных тренировок сердечно-сосудистая система спортсмена претерпевает определенное remodelирование, что отражается в изменении морфологии сердца, электрофизиологической регуляции его работы, адаптации артериального давления (АД) к нагрузкам [1, 2]. Эти изменения особенно выражены у спортсменов уровня высшего спортивного мастерства и спортивного совершенствования или «элитных спортсменов» (eliteathletes), как принято определять этот уровень спортивной подготовки в международной литературе [1]. К данному уровню относятся члены национальных сборных команд, кандидаты и мастера спорта.

Под влиянием длительных интенсивных физических нагрузок отмечаются более низкие значения АД у спортсменов в покое, однако во время физической нагрузки оно может значительно подниматься [1, 2]. При анализе значений АД в покое обычно ориентируются на пол, возраст и рост [3], но при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой показатель роста никогда не учитывается [2]. Целью настоящего исследования явилось определение максимальных значений АД у юных элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

2. Материалы и методы исследования

В исследование было включено 2313 юных элитных спортсменов от 12 до 18 ($15,5 \pm 1,4$) лет, которым в 2016–2017 гг. проводилась велоэргометрия в рамках регулярного углубленного медицинского обследования в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России. Все спортсмены являются членами сборных команд Российской Федерации

по 40 видам спорта (рис. 1). Согласно классификации Митчелла [3], основанной на уровне статичности и динамичности видов спорта, в нашем исследовании преобладали спортсмены высокодинамичных видов спорта ($n = 1321$: бокс, баскетбол, хоккей, велогонки, лыжные гонки, футбол и др.). Показатели АД в покое были в пределах нормальных значений у всех спортсменов.

Всем обследуемым была проведена велоэргометрия (система CardioSoft 6.5 V6.51, GEHealthcare, USA) по протоколу PWC170 с начальной нагрузкой 1 Вт/кг с последующим увеличением нагрузки каждые три минуты на 25 Вт, до достижения ЧСС 170 уд./мин либо физической усталости. АД измерялось мануально по методу Н.С. Короткова на каждой ступени нагрузки, определялись максимальные значения АД в течение всей пробы. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы StatisticaforWindows (StatSoft, USA). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

3. Результаты

Среди спортсменов, вошедших в исследование, незначительно преобладали девушки (55%). Средний возраст девушек был несколько меньше, чем у юношей. Эти две группы достоверно различались по росту и показателям АД. Клиническая характеристика группы обследуемых представлена в таблице 1.

Во время пробы с дозированной физической нагрузкой 873 (38%) спортсмена достигли максимальной ЧСС (170 уд./мин), доля девушек среди спортсменов, полностью выполнивших тест, составила 59%. В остальных 1440 (62%) случаях причиной остановки пробы была физическая усталость. Толерантность к физической нагрузке была достоверно выше у юношей ($2,5 \pm$

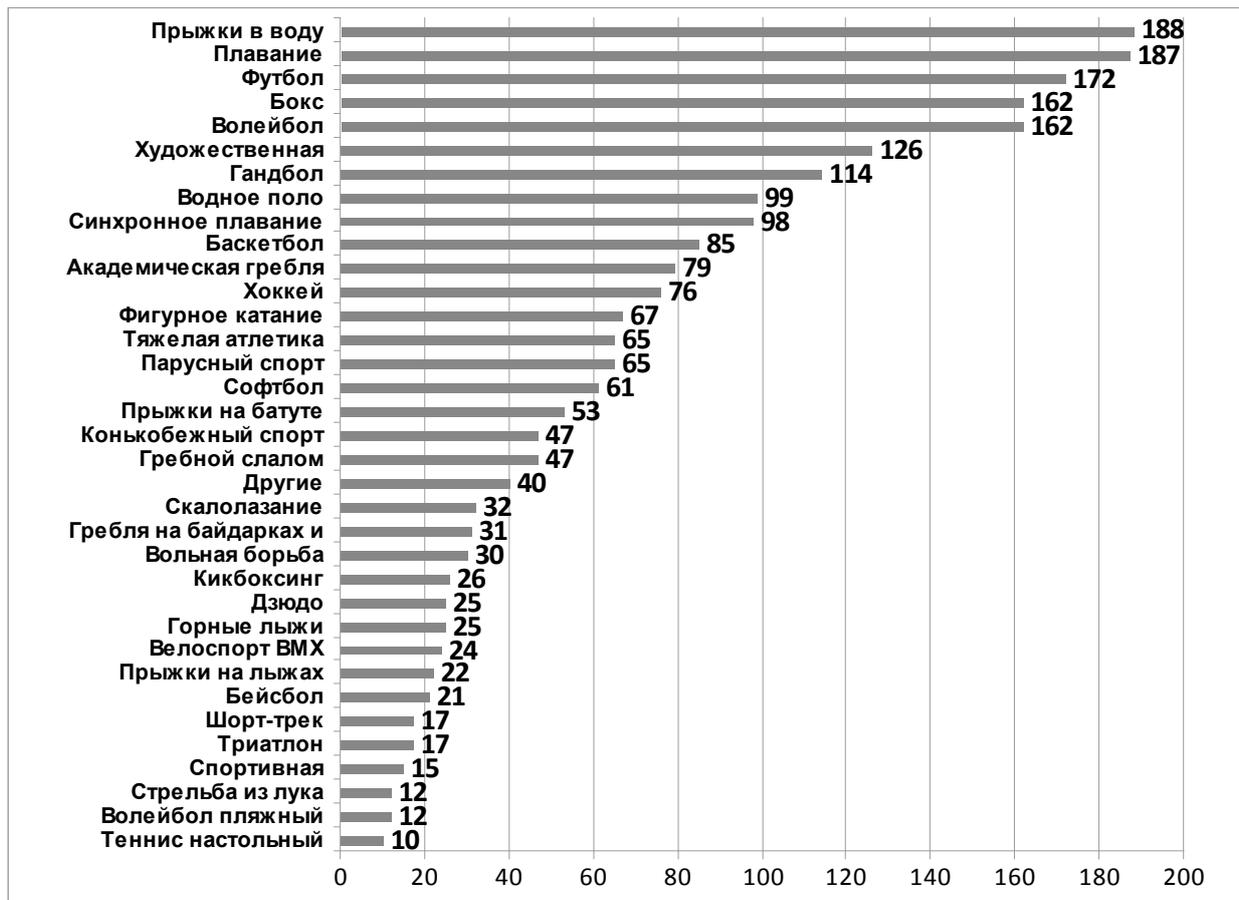


Рис. 1. Распределение обследованных спортсменов по видам спорта
Fig 1. Distribution of the athletes by sport disciplines

Таблица 1

Клиническая характеристика спортсменов 12–17 лет, вошедших в исследование (n = 2313)

Table 1

The clinical characteristics of the Study Population (n = 2313)

Показатели	Юноши (n = 1035)	Девушки (n = 1278)	Достоверность различий
Возраст (годы)	16 ± 1,3	15 ± 1,4	p < 0,05
Рост (см)	179 ± 13	168 ± 10	p < 0,001
САД в покое (мм рт. ст.)	120 ± 14	111 ± 12	p < 0,001
ДАД в покое (мм рт. ст.)	74 ± 10	72 ± 9	p < 0,001

Таблица 2

Результаты пробы с дозированной физической нагрузкой (ФН) у юных спортсменов

Table 2

The results of stress test in young elite athletes

Показатели	Юноши (n = 1035)	Девушки (n = 1278)	Достоверность различий
Толерантность к физической нагрузке (Вт/кг)	2,5 ± 0,4	2,2 ± 0,4	p < 0,001
Максимально достигнутая ЧСС при пробе (уд./мин)	161 ± 12	161 ± 12	p > 0,05
Максимальные значения САД при пробе с ФН (мм рт. ст.)	195 ± 25	175 ± 20	p < 0,001
Максимальные значения ДАД при пробе с ФН (мм рт. ст.)	80 ± 11	80 ± 10	p > 0,05

0,4 Вт/кг vs 2,2 ± 0,4 Вт/кг, $p < 0,001$), как и показатели максимального АД, достигнутого во время физической нагрузки (табл. 2).

Выявлена зависимость между максимальными значениями систолического АД при нагрузочной пробе и ростом ($r = 0,55$, $p < 0,001$) и более слабая зависимость между максимальным диастолическим АД и ростом ($r = 0,18$, $p < 0,001$). Составлено процентильное распределение максимальных значений систолического АД в ходе пробы с дозированной физической нагрузкой у юных элитных спортсменов в зависимости от роста и пола (табл. 3).

4. Обсуждение

Известно, что при оценке АД в покое рекомендуется ориентироваться на рост и возраст пациента так же, как и при анализе показателей суточного мониторинга АД. Однако при оценке максимальных значений АД в ходе пробы с физической нагрузкой рост никогда не учитывается. В ответ на физическую нагрузку всегда отмечается прирост артериального давления, причем рост систолического АД зависит не только от уровня выполняемой работы, но также от антропометрических показателей спортсмена, квалификации и вида спорта, которым занимается атлет. По данным American College of Sports Medicine, прирост САД составляет 7–10 мм рт. ст. на 1 МЕТ по 25 Вт, хотя единого стандарта в этом не прослеживается [5]. Показано, что максимальные значения САД, ДАД и данные АД в период восстановления зависят от пола и возраста. В большой

популяции здоровых обследуемых максимальное САД, ДАД и дельта систолического артериального давления (разница САД в исходе теста и на пике нагрузки) были выше у мужчин, чем у женщин, и имели положительную ассоциацию с возрастом [6]. В этом исследовании у мужчин 90% распределения максимального САД при нагрузочной пробе составил 210 мм рт. ст. для возрастной группы от 20 до 29 лет и 234 мм рт. ст. возрасте от 70 до 79 лет, а у молодых женщин этот показатель достигал 180 и 220 мм рт. ст. Значения этих показателей в нашем исследовании у юных атлетов несколько выше, что, возможно, обусловлено их активной спортивной деятельностью. М. Shahraki и соавт. [7], показали, что девушки-спортсменки имеют достоверно более высокий прирост систолического АД во время выполнения физической нагрузки по сравнению с их сверстницами, не занимающимися спортом.

В исследовании S. Caselli и соавт. [8], проведенном на большой группе сопоставимых с нашим исследованием по росту молодых спортсменов 25 ± 6 лет максимальные значения систолического АД на нагрузке у юношей достигали 220 мм рт. ст., а у девушек 200 мм рт. ст. Для диастолического АД они составили 85 и 80 мм рт. ст. соответственно. Схожие данные были продемонстрированы нами ранее у 500 юных спортсменов, где максимальные значения САД находились в тех же пределах, однако в предыдущем исследовании нами не было отмечено зависимости значений АД от роста [2].

Помимо антропометрических показателей на значения АД при нагрузке может оказывать влияние вид

Таблица 3

Процентильное распределение максимальных значений систолического АД на нагрузке у элитных спортсменов 12–17 лет в зависимости от роста и пола

Table 3

The percentile distribution of the maximum values of systolic blood pressure depending on height and gender during stress test in elite athletes 12–17 years old

Систолическое АД у юношей (мм рт. ст.)							
	140–149 см (n = 26)	150–159 см (n = 55)	160–169 см (n = 114)	170–179 см (n = 308)	180–189 см (n = 326)	190–199 см (n = 167)	200–209 см (n = 37)
95 %	180	188	208	233	234	240	251
75 %	158	171	192	208	214	221	224
50 %	150	159	178	195	202	207	209
25 %	138	144	164	181	190	196	195
5 %	122	132	142	160	171	174	171
Систолическое АД у девушек (мм рт. ст.)							
	140–149 см (n = 31)	150–159 см (n = 195)	160–169 см (n = 500)	170–179 см (n = 375)	180–189 см (n = 149)	190–199 см (n = 22)	200–209 см (n = 1)
95 %	184	191	206	211	216	211	-
75 %	168	177	187	191	194	202	-
50 %	153	164	174	179	185	188	233
25 %	138	151	162	167	172	176	-
5 %	119	130	138	149	152	168	-

спорта, которым спортсмены занимаются. В нашем исследовании преобладали атлеты высокодинамичных видов спорта. I. Cubero и соавт. [9], изучая изменения АД на нагрузку у юных атлетов 16 ± 1 год трех различных видов спорта (футбол, велоспорт, гребля на каяках), показали, что наиболее высокий подъем систолического АД до 190 мм рт. ст. отмечен у гребцов — высокодинамичной спортивной дисциплины. Для них также был характерен более высокий индекс массы миокарда.

Высокие значения САД на нагрузку ($> 75\%$) расцениваются как гипертонический тип реакции и могут явиться фактором развития артериальной гипертензии. S. Caselli и соавт. [10] показали, что атлеты, имеющие гипертонический тип реакции АД на нагрузку, чаще формируют в последующем эссенциальную артериальную гипертензию. Схожие данные получены в исследовании T. Manolio и соавт. [11], которые обследовали

Вклад авторов:

Комолятова Вера Николаевна — концепция работы, сбор, анализ содержания, написание текста.

Беспорточный Дмитрий Алексеевич — сбор и анализ информации.

Макаров Леонид Михайлович — критический пересмотр содержания, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Киселева Ирина Ивановна — сбор и анализ информации.

Аксенова Наталья Валентиновна — сбор и анализ информации.

3474 спортсменов и выявили, что прирост максимально-го САД до 210 мм рт. ст. у мужчин и 190 мм рт. ст. у женщин являлся предиктором развития стойкой артериальной гипертензии. Однако эти цифры были получены без учета ростовых показателей.

5. Выводы

1. У юных элитных спортсменов максимальное значение АД при пробе с физической нагрузкой зависит от пола и от роста.

2. Для оценки максимального АД при проведении ВЭМ по протоколу PWC170 у юных элитных атлетов необходимо ориентироваться на предложенные гендерные и ростовые значения.

3. Максимальные значения САД на нагрузке у высококорослых юных элитных спортсменов (юноши — выше 185 см, девушки — выше 173 см) могут достигать у юношей 250 мм рт. ст., у девушек — 210 мм рт. ст.

Authors' contributions:

Vera N. Komoliatova — concept of manuscript, content collection and analysis, text writing.

Dmitriy A. Besportochnii — collection and analysis of information.

Leonid M. Makarov — critical review of the content, approval of the final version of the article for publication.

Irina I. Kiseleva — collection and analysis of information.

Natalya V. Aksenova — collection and analysis of information.

Список литературы / References

1. Pellicia A., Heinbuchel H., Corrado D., Sharma S. (eds.). The ESC Textbook of Sport Cardiology. Oxford University Press (UK); 2019.

2. Макаров Л.М., Федина Н.Н., Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А., Киселева И.И. Нормативные параметры артериального давления у юных элитных атлетов при пробе с дозированной физической нагрузкой. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2015;94(2):102–105 [Makarov L.M., Fedina N.N., Komolyatova V.N., Besportochnyi D.A., Kiseleva I.I. Regulatory parameters of blood pressure in young elite athletes during the test at exercise stress. PEDIATRIYA. Zhurnal im. G.N. Speranskogo = Pediatrics. Journal named after G.N. Speransky. 2015;94(2):102–105 (In Russ.).

3. Flynn J.T., Kaelber D.C., Baker-Smith C.M., et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. Pediatrics. 2017;140(3):e20171904. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-3035>

4. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of sports. J. Am. Coll. Cardiol. 2005;45(8):1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>

5. American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

6. Daida H., Allison T.G., Squires R.W., Miller T.D., Gau G.T. Peak exercise blood pressure stratified by age and gender in apparently healthy subjects. Mayo Clin. Proc. 1996;71(5):445–452. <https://doi.org/10.4065/71.5.445>

7. Shahraki M.R., Mirshekari H., Shahraki A.R., Shahraki E., Naroi M. Arterial blood pressure in female students before, during and after exercise. ARYA Atheroscler. 2012;8(1):12–15.

8. Caselli S., VaquerSegui A., Quattrini F., Di Gacinto B., Milan A., Assorgi R., et al. Upper normal values of blood pressure response to exercise in Olympic athletes. Am. Heart J. 2016;177:120–128. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.04.020>

9. Iglesias Cubero G., Batalla A., Rodriguez Reguero J.J., Barriales R., González V., de la Iglesia J.L., Terrados N. Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. Int. J. Cardiol. 2000;75(2–3):261–265. [https://doi.org/10.1016/s0167-5273\(00\)00342-9](https://doi.org/10.1016/s0167-5273(00)00342-9)

10. Caselli S., Serdoz A., Mango F., Lemme E., VaquerSegui A., Milan A., et al. High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. Eur. Heart J. 2019;40(1):62–68. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy810>

11. Manolio T.A., Burke G.L., Savage P.J., Sidney S., Gardin J.M., Oberman A. Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. Am. J. Hypertens. 1994;7(3):234–241. <https://doi.org/10.1093/ajh/7.3.234>

Информация об авторах:

Комолятова Вера Николаевна*, д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> (verakom@list.ru)

Беспорточный Дмитрий Алексеевич, врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> (dr.blad@mail.ru)

Макаров Леонид Михайлович, д.м.н., профессор, руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; профессор кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> (drleonidmakarov@mail.ru)

Киселева Ирина Ивановна, к.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> (vkis2@yandex.ru)

Аксенова Наталья Валентиновна, руководитель Центра детской спортивной медицины ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> (aksenovanv@kidsfmba.ru)

Information about the authors:

Vera N. Komoliatova*, Ph.D. (Medicine) of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1, bld., 1, Barrikadnaya str., Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3691-7449> (verakom@list.ru)

Dmitriy A. Besportochnii, doctor of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3699-2289> (dr.blad@mail.ru)

Leonid M. Makarov, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of Center for syncope and cardiac arrhythmias, of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia; Professor of Department of Pediatrics of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1, bld., 1, Barrikadnaya str., Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-3643> (drleonidmakarov@mail.ru)

Irina I. Kiseleva, Ph.D. (Medicine) of Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents. Center for syncope and cardiac arrhythmias, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3285-3211> (vkis2@yandex.ru)

Natalya V. Aksenova, Head of the Center of Pediatric Sports Medicine of the Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents, 20, Moskvorechye str., Moscow, 115409. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X> (aksenovanv@kidsfmba.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author