

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

В.Н. Комолятова<sup>1,2</sup>, Д.А. Беспорточный<sup>1</sup>, Л.М. Макаров<sup>1,2</sup>, И.И. Киселева<sup>1</sup>, Н.В. Аксенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

## Blood pressure values during stress test in young elite athletes

V.N. Komoliatova<sup>1,2</sup>, D.A. Besportochnyi<sup>1</sup>, L.M. Makarov<sup>1,2</sup>, I.I. Kiseleva<sup>1</sup>, N.V. Aksenova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Известно, что у детей в покое артериальное давление зависит от роста, но этот аспект не учитывается при анализе максимального артериального давления при нагрузке.

Цель исследования. Определить максимальный уровень артериального давления у молодых элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

Характеристика детей и методы исследования. Обследованы 2313 (средний возраст 15,5±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, артериальное давление измерялось мануально на каждой ступени нагрузки, определялись его максимальные уровни в течение всей пробы.

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

Выводы. 1. У юных элитных спортсменов максимальный уровень артериального давления при велоэргометрии по протоколу PWC170 зависит не только от пола, но и от роста. 2. Максимальные уровни систолического артериального давления на нагрузке среди высокорослых юных элитных спортсменов могут достигать у юношей — 250 мм рт.ст., у девушек — 210 мм рт.ст.

**Ключевые слова:** дети, юные элитные спортсмены, нагрузочная проба, артериальное давление.

**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. Рос вестн перинатол и педиатр 2022; 67:(2): 109–113. DOI: 10,21508/1027–4065–2022–67–2–109–113

It is known the blood pressure in children at rest depend on height, but this fact has not been considered during the exercise stress test. Purpose. To determine the maximum value of blood pressure in young elite athletes, depending on the height and gender.

Characteristics of children and research methods. The study examined 2313 young elite athletes, members of the national teams of the Russian Federation in 40 sports disciplines (average age — (15,5 ± 1,4) years; 45% of young men). All subjects underwent PWC170 cycle ergometry, blood pressure was measured manually at each stage of testing, and its maxima were registered throughout the testing.

Results. The maximum blood pressure values in boys were higher than in girls: systolic blood pressure (195 ± 25) vs (175 ± 20) mmHg,  $p<0,001$ , diastolic blood pressure (80 ± 11) vs (80 ± 10) mmHg,  $p<0,05$ . There was relationship between the maximum value of the blood pressure on exercise and height ( $r=0,55$ ;  $p<0,001$ ). There were proposed normative tables for the maximum values of systolic blood pressure during exercise, depending on height.

Conclusion. In the young elite athletes, the maximum value of blood pressure during stress test depends not only on the gender, but also on the height. The maximum values of systolic blood pressure during exercise in tall young elite athletes can reach 250 mmHg in boys and 210 mmHg in girls.

**Key words:** Children, stress test, young elite athletes, blood pressure.

**For citation:** Komoliatova V.N., Besportochnyi D.A., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Aksenova N.V. The parameters of blood pressure during stress test in young elite athletes. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2022; 67:(2): 109–113 (in Russ). DOI: 10,21508/1027–4065–2022–67–2–109–113

© Коллектив авторов, 2022

Адрес для корреспонденции: Комолятова Вера Николаевна — д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального научно-клинического центра детей и подростков ФМБА России, проф. кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, ORCID ID: 0000–0002–3691–7449.

Беспорточный Дмитрий Алексеевич — врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального научно-клинического центра детей и подростков ФМБА России, ORCID ID: 0000–0002–3699–2289

Макаров Леонид Михайлович — д.м.н., проф., рук. Центра синкопаль-

ных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального Научно-клинического центра детей и подростков ФМБА России, проф. кафедры педиатрии им. Н.Г. Сперанского Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, ORCID ID: 0000–0002–0111–3643

Киселева Ирина Ивановна — к.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Центральной детской клинической больницы ФМБА России, ORCID ID: 0000–0003–3285–3211

Аксенова Наталья Валентиновна — рук. Центра спортивной медицины Федерального научно-клинического центра детей и подростков ФМБА России, ORCID ID: 0000–0003–1525–177X

119435 Москва, Малая Пироговская ул., д. 1А

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

Под влиянием длительных интенсивных физических нагрузок отмечаются более низкие уровни артериального давления у спортсменов в покое, однако во время физической нагрузки оно может значительно подниматься [1, 2]. При анализе артериального давления в покое обычно ориентируются на пол, возраст и рост, но при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой рост никогда не учитывается [2, 3].

**Цель исследования:** определение максимальных уровней артериального давления у юных элитных спортсменов в зависимости от роста и пола.

#### Характеристика детей и методы исследования

В исследование были включены 2313 юных элитных спортсменов в возрасте от 12 до 18 лет ( $15,5 \pm 1,4$  года), которым в 2016–2017 гг. проводилась велоэргометрия в рамках регулярного углубленного медицинского обследования в Центре синкопальных состояний и аритмий сердца у детей и подростков ФМБА России. Все спортсмены — члены сборных команд Российской Федерации по 40 видам спорта (см. рисунок). Согласно классификации Митчелла, основанной на уровне статичности и динамичности видов спорта, в нашем исследовании преобладали спортсмены высокостатичных видов спорта ( $n=1321$ : бокс, баскетбол, хоккей, велогонки, лыжные гонки, футбол и др.) [4]. Показатели артериального давления в покое были в пределах нормы у всех спортсменов.

Всем обследуемым проведена велоэргометрия (система Cardiosoft 6,5 V6.51. GE Healthcare, США) по протоколу PWC170 с начальной нагрузкой 1 Вт/кг с последующим увеличением нагрузки каждые 3 мин

на 25 Вт, до достижения частоты сердечных сокращений 170 уд/мин либо физической усталости. Артериальное давление измеряли мануально по методу Короткова на каждой ступени нагрузки, определяли максимальные уровни артериального давления в течение всей пробы. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы Statistica for Windows (StatSoft, США). Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

#### Результаты

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

Во время пробы с дозированной физической нагрузкой 873 (38%) спортсмена достигли максимальной частоты сердечных сокращений (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 ( $2,5 \pm 0,4$  Вт/кг против  $2,2 \pm 0,4$  Вт/кг;  $p < 0,001$ ), как и уровни максимального артериального давления, достигнутого во время физической нагрузки (табл. 2).

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

#### Обсуждение

При оценке артериального давления в покое рекомендуется ориентироваться на рост и возраст пациента, как и при анализе показателей суточного мониторинга артериального давления. Однако при оценке максимальных уровней артериального давления в ходе

Таблица 1. Клиническая характеристика спортсменов, вошедших в исследование ( $n=2313$ )

Table 1. The clinical characteristics of the Study Population ( $n=2313$ )

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

Примечание. САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление.

пробы с физической нагрузкой рост не учитывается. В ответ на физическую нагрузку всегда отмечается прирост артериального давления, причем рост систолического артериального давления зависит не только от уровня, выполняемой работы, но также и от антропометрических показателей спортсмена, квалификации и вида спорта. По данным American College of Sports Medicine, прирост систолического артериального давления составляет 7–10 мм рт.ст. на 1 MET по 25 Вт, хотя единого стандарта в этом не прослеживается [5]. Показано, что максимальные уровни систолического и диастолического артериального давления и артериального давления в период восстановления

зависят от пола и возраста. В большой популяции здоровых обследуемых максимальные систолическое и диастолическое артериальное давление и дельта систолического артериального давления (разница систолического артериального давления в исходе теста и на пике нагрузки) у мужчин были выше, чем у женщин, и имели положительную ассоциацию с возрастом [6]. В этом исследовании у мужчин 90% распределения максимального систолического артериального давления при нагрузочной пробе составил 210 мм рт.ст. для возрастной группы 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 показате-

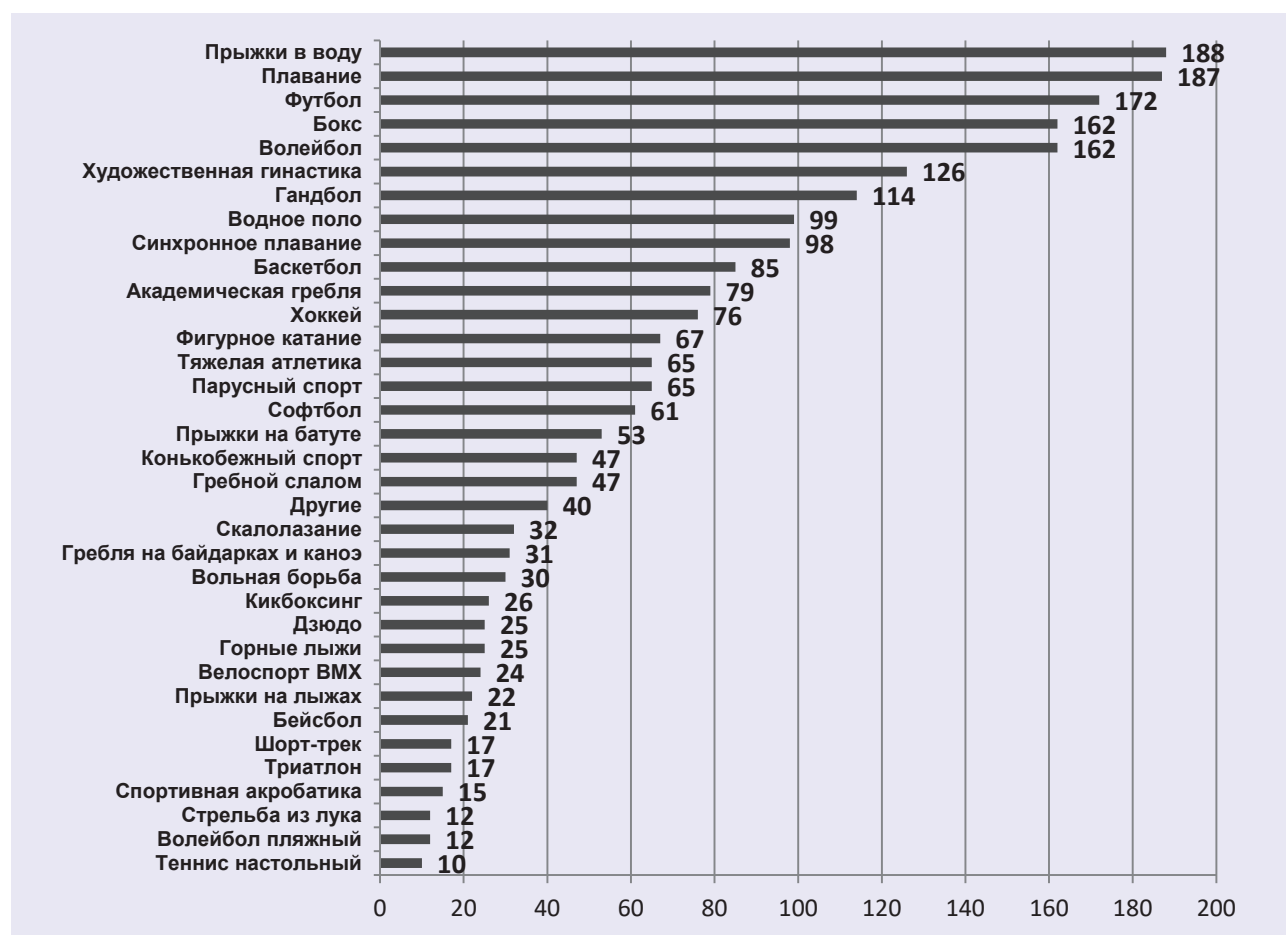


Рисунок. Распределение обследованных спортсменов по видам спорта.

Figure. Distribution of the athletes by sport disciplines.

Таблица 2. Результаты пробы с дозированной физической нагрузкой у юных спортсменов

Table 2. The results of stress test in young elite athletes

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

Примечание. ЧСС — частота сердечных сокращений; ФН — физическая нагрузка; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление.

Таблица 3. Процентильное распределение максимальных уровней систолического артериального давления на нагрузке у элитных спортсменов 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

Процентильное распределение максимальных уровней САД	САД 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
	САД 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	—

телей в нашем исследовании у юных атлетов несколько выше, что, возможно, обусловлено их активной спортивной деятельностью. М. Shahraki и соавт. [7] показали, что у девушек-спортсменок прирост систолического артериального давления во время выполнения физической нагрузки достоверно более высокий, чем у их сверстниц, не занимающихся спортом.

В исследовании S. Caselli и соавт. [8], проведенном на большой группе молодых спортсменов 25±6 лет, сопоставимых с участниками нашего исследования по росту, максимальные уровни систолического артериального давления на нагрузке у юношей достигали 220 мм рт.ст., а у девушек — 200 мм рт.ст. Для диастолического артериального давления они составили 85 и 80 мм рт.ст. соответственно. Сходные данные продемонстрированы нами ранее у 500 юных спортсменов, у которых максимальные уровни систолического артериального давления находились в тех же пределах, однако в предыдущем исследовании мы не отмечали зависимость уровня артериального давления от роста [2].

Помимо антропометрических показателей, на уровень артериального давления при нагрузке может влиять вид спорта, которым занимаются спортсмены. В нашем исследовании преобладали атлеты высокودинамичных видов спорта. I. Cubero и соавт. [9], изучая изменения артериального давления на нагрузку у юных атлетов в возрасте 16±1 лет трех различных видов спорта (футбол, велоспорт, гребля на каяках), показали, что наиболее высокий подъем систолического артериального давления до 190 мм рт.ст. отмечен у гребцов — высокودинамичной спортивной

дисциплины. Для них также был характерен более высокий индекс массы миокарда.

Высокие уровни систолического артериального давления в ответ на нагрузку (>75%) расцениваются как гипертонический тип реакции и могут служить фактором риска развития артериальной гипертензии. S. Caselli и соавт. [10] показали, что у атлетов с гипертоническим типом реакции артериального давления в ответ на нагрузку чаще в последующем формируется эссенциальная артериальная гипертензия. Схожие данные получены в исследовании T. Manolio и соавт. [11], которые, обследуя 3474 спортсмена, выявили, что прирост максимального систолического артериального давления до 210 мм рт.ст. у мужчин и 190 мм рт.ст. у женщин служит предиктором развития стойкой артериальной гипертензии. Однако эти цифры были получены без учета ростовых показателей.

## Выводы

1. У юных элитных спортсменов максимальный уровень артериального давления при пробе с физической нагрузкой зависит от пола и от роста.

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

3. Максимальные уровни систолического артериального давления на фоне нагрузки у высокорослых 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.

## ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. The ESC Textbook of Sport Cardiology. Editors *Pellicia A., Heinbuchel H., Corrado D., Sharma S.* Oxford University Press (UK), 2019; 460
2. Макаров Л.М., Федина Н.Н., Комолятова В.Н., Бесспорточный 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., Komoliatova V.N., Besportochnyi D.A., Kiselyova I.I. The normal parameters of blood pressure in young elite athletes during exercise test. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo* 2015; 94(2): 102–105. (in Russ.)]
3. Flynn J.T., Kaelber D.C., Baker-Smith C.M., Blowey D., Carroll A.E., Daniels S.R. et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics* 2017; 140(3): e20171904.
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. DOI: 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: 366
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: 445–452
7. Shahraki M.R., Mirshekari H., Shahraki A.R., Shahraki E., Naroï M. Arterial blood pressure in female students before, during and after exercise. *ARYA Atherosclerosis J* 2012; 8(1): 12–15
8. Caselli S., Vaquer Segui 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. DOI: 10,1016/j.ahj.2016.04.020
9. Iglesias Cubero G., Batalla A., Rodriguez Reguero J.J., Barriales R., Gonzalez V., de la Iglesia J.L. et al. 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. DOI: 10,1016./s0167–5273(00)00342–9
10. Caselli S., Serdoz A., Mango F., Lemme E., Vaquer Segui 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. DOI: 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: 234–241

Поступила: 15.11.21

Received on: 2021.11.15

### Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

### Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.