

ISSN 1607-419X

ISSN 2411-8524 (Online)

УДК 612.176:616.12-008.331.1:796.015.6

Особенности функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с маскированной артериальной гипертензией

Е. Н. Местникова¹, Ф. А. Захарова²,
Н. В. Махарова¹, И. А. Пинигина¹

¹ Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Республиканский центр спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия)», Якутск, Россия

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия

Контактная информация:

Местникова Екатерина Николаевна,
ГБУ РС(Я) «Республиканский центр спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия)»,
ул. Ойунского, д. 26, Якутск,
Россия, 678013.
E-mail: katemestnikova@mail.ru

Статья поступила в редакцию
12.02.21 и принята к печати 15.08.21.

Резюме

Цель работы — выявить особенности функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с разным уровнем артериального давления (АД) в Республике Саха (Якутия). **Материалы и методы.** Обследовано 147 профессиональных спортсменов высокого спортивного мастерства (средний возраст 22 (18; 26) лет), циклических и скоростно-силовых видов спорта. Проведены антропометрия, измерение офисного и суточного АД, проба с физической нагрузкой (PWC 170) с определением максимального потребления кислорода, оценка резервных возможностей сердечно-сосудистой системы, эхокардиография. **Результаты.** Маскированная артериальная гипертензия (МАГ) выявлена у 40,8% спортсменов, нормальный уровень АД у 59,2%. У всех спортсменов отмечена высокая толерантность к физической нагрузке; у спортсменов с МАГ выявлены высокие показатели индексов толщины стенок левого желудочка (ЛЖ) (индекс толщины межжелудочковой перегородки, индекс толщины задней стенки ЛЖ, относительная толщина стенки) и индекс массы миокарда по сравнению со спортсменами с нормальным уровнем АД. Анализ показателей расходования функциональных резервов сердечно-сосудистой системы показал, что спортсмены с МАГ достигают высокого уровня физической работоспособности за счет менее экономичного гемодинамического механизма и энергетически напряженного режима. Выявлена положительная корреляционная связь значений толщины стенок миокарда ЛЖ с показателями функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. **Заключение.** МАГ выявлена у 40,8% спортсменов. У спортсменов с разным уровнем АД выявлены количественно-качественные различия в обеспечении физической работоспособности, которые выражаются соотношением между «исходным» (состояние покоя) и «максимальным» (проба с физической нагрузкой) показателями функционального состояния. Так, у спортсменов с МАГ отмечены неэффективные гемодинамические и энергоемкие процессы, которые со временем могут привести к перенапряжению сердечно-сосудистой системы. Показатели функциональных резервов сердечно-сосудистой системы положительно коррелируют с показателями толщины стенки миокарда ЛЖ и индексом массы миокарда, что может косвенно свидетельствовать о связи пере-

напряжения сердечно-сосудистой системы (дезадаптации) у спортсменов с МАГ с поражением органов-мишеней (гипертрофии миокарда).

Ключевые слова: адаптация, функциональные резервы, сердечно-сосудистая система, артериальное давление, маскированная артериальная гипертензия, ремоделирование, спортивное сердце

Для цитирования: Местникова Е. Н., Захарова Ф. А., Махарова Н. В., Пинигина И. А. Особенности функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с маскированной артериальной гипертензией. Артериальная гипертензия. 2021;27(6):671–682. doi:10.18705/1607-419X-2021-27-6-671-682

Features of functional adaptation of the cardiovascular system in athletes with different levels of blood pressure

E. N. Mestnikova¹, F. A. Zakharova²,
N. V. Makharova¹, I. A. Pinigina¹

¹ Republican Center for Sports Training of National Teams of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

² North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia

Corresponding author:

Ekaterina N. Mestnikova,
Republican Center for Sports Training
of National Teams
of the Republic of Sakha (Yakutia),
26 Oyunskogo street, Yakutsk,
678013 Russia.
E-mail: katemestnikova@mail.ru

Received 12 February 2021;
accepted 15 August 2021.

Abstract

Objective. To assess cardiovascular functional adaptation in athletes with different levels of blood pressure (BP) in the Republic of Sakha (Yakutia). **Design and methods.** We examined 147 professional athletes of high sportsmanship (average age 22 (18; 26) years), cyclic and speed-weightlifting sports. All athletes underwent anthropometry, measurement of office BP and daily BP monitoring, exercise test (PWC 170), with determination of maximum oxygen consumption, assessment of the reserve capacity of the cardiovascular system, echocardiography. **Results.** Masked hypertension (MH) was detected in 40,8% of athletes, normal BP in 59,2%. All athletes showed a high tolerance to physical activity; athletes with MH showed high indices of left ventricular (LV) wall thickness and myocardial mass index compared with athletes with normal BP. The athletes with MH achieve a high level of physical performance due to a less efficient hemodynamic mechanism and energy-intensive regimen. A positive correlation was found between LV wall thickness and indicators of cardiovascular functional reserves. **Conclusions.** MH was detected in 40,8% athletes. In athletes with different BP levels, quantitative and qualitative differences in ensuring physical performance are expressed by the ratio between the “initial” (rest) and “maximum” (test with physical load) indicators of the functional state. Thus, in athletes with MH, inefficient hemodynamic and energy-intensive processes can lead to overstrain of the cardiovascular system. Indicators of functional reserves of the cardiovascular system positively correlate with indicators of LV myocardial wall thickness and myocardial mass index, which may indirectly indicate the relation between cardiovascular overstrain in athletes with MH and target organ damage (LV hypertrophy).

Key words: adaptation, functional reserves, cardiovascular system, blood pressure, masked hypertension, remodeling, sports heart

For citation: Mestnikova EN, Zakharova FA, Makharova NV, Pinigina IA. Features of functional adaptation of the cardiovascular system in athletes with different levels of blood pressure. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2021;27(6):671–682. doi:10.18705/1607-419X-2021-27-6-671-682

Введение

Спортсмены, деятельность которых сопряжена с чрезмерными физическими нагрузками, демонстрируют широкий диапазон компенсаторно-приспособительных возможностей, что объясняется высоким уровнем адаптационных механизмов. Осуществление адаптации, в свою очередь, во многом достигается за счет мобилизации функциональных резервов организма [1, 2].

Исследования в области спортивной медицины показали, что интенсивные систематические нагрузки, не соответствующие функциональным возможностям организма, в сочетании с экстремальными климатическими условиями могут вызывать в организме спортсменов значительные нарушения компенсаторных и приспособительных механизмов и привести к состоянию дезадаптации [2–5].

Так как в процессе аэробного энергообеспечения ведущей является кардиореспираторная система, то по показателям сердечно-сосудистой системы можно косвенно судить о физической работоспособности и адаптации в целом.

В основу показателей, отражающих системную гемодинамику, чаще включают значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД), что объясняется доступностью и неинвазивностью их измерения [1, 6].

Есть данные, что нормальный уровень офисного артериального давления (АД) не исключает наличие маскированной артериальной гипертензии (МАГ) в течение суток (РКО, 2020). Учитывая факторы риска МАГ (молодой возраст, мужской пол, высокая физическая активность, стресс), профессиональных спортсменов можно отнести к группе повышенного риска по развитию МАГ [1, 6, 7]. Распространенность МАГ у молодых лиц мужского пола составляет от 9,6 % до 15 %, среди спортсменов данный показатель достигает до 35 % [8–10].

Изучение физиологических механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы к систематическим физическим нагрузкам, в зависимости от уровня АД, позволяет получить важную информацию об адаптивных возможностях сердечно-сосудистой системы у спортсменов, а также диагностировать на ранних этапах развитие предпатологических состояний. Несвоевременная диагностика и отсутствие соответствующего адекватного лечения МАГ приводят к поражению органов-мишеней и повышению риска сердечно-сосудистых осложнений, как и в случае с устойчивой гипертензией, что делает диагностику данной патологии не только медицинской, но и социально-экономической проблемой [9, 12].

Цель работы — выявить особенности функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с разным уровнем АД.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 147 спортсменов (средний возраст 22 (18–26) года) с разной направленностью тренировочной деятельности (циклические — 30, единоборства — 117) якутской национальности, тренирующиеся в Республике Саха (Якутия). В зависимости от офисного и суточного уровня АД исследуемые разделены на группы: основная ($n = 60$, группа «МАГ»); контрольная группа ($n = 87$, группа «контроль») — спортсмены с нормальным уровнем АД.

В исследование включали лиц мужского пола, регулярно занимающихся спортом (3–4 раза в неделю по 2–2,5 часа более 2 лет), со спортивным разрядом «кандидат в мастера спорта (КМС)» или званием «мастер спорта (МС)», якутской национальности, в возрасте от 18 до 30 лет. Критерием исключения служили женский пол, возраст младше 18 лет и старше 30 лет, наличие ранее диагностированной и документально подтвержденной артериальной гипертензии (АГ) (в том числе вторичной гипертензии), наличие любых тяжелых соматических заболеваний органов и систем, отказ от исследования.

Всем спортсменам было проведено *общеклиническое обследование* (сбор жалоб, физикальный осмотр, анамнез жизни, спортивный анамнез (спортивный стаж, вид спорта); *антропометрия* с расчетом индекса массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$): $\text{ИМТ} = \text{масса тела (кг)} / \text{рост (м)}^2$; и площади поверхности тела (ППТ, м^2) по формуле Дюбуа: $\text{ППТ} = 0,007184 \times \text{масса тела (кг)}^{0,425} \times \text{рост (см)}^{0,725}$).

Измерение офисного АД проводилось по методу Н. С. Короткова (с использованием манжеты соответствующей окружности плеча), трижды с интервалами 1–2 минуты после 5-минутного отдыха пациента в положении сидя, на обеих руках, и вычислением среднего из 2 последних измерений. За критерии нормального офисного АД принимали значение менее 140/90 мм рт. ст. [10].

Суточное мониторирование артериального давления (СМАД) проводилось с использованием портативного регистратора АД МДП-НС-02с «ДМС Передовые технологии» (Россия), осциллометрическим методом в фазу декомпрессии при числе успешных измерений более 70 % от всех измерений за сутки (с кратностью днем — 15 минут, ночью — 30 минут). Все измерения АД были проведены в дни отсутствия тренировок. Анализировали среднее значение АД (САД, ДАД) за сутки, дневной и ночной периоды, показатели «нагрузки давлением» (индекс

времени и площади САД, ДАД), вариабельность САД, ДАД. За критерии МАГ принято сочетание нормального уровня офисного АД и повышенного суточного АД по результатам СМАД. Критерием АГ согласно Рекомендациям по лечению артериальной гипертензии у взрослых (РКО, 2020) по результатам СМАД соответствовало среднесуточное САД и ДАД $\geq 130/80$ мм рт. ст.; среднедневное $\geq 135/85$ мм рт. ст.; средненочное $\geq 120/70$ мм рт. ст. [10].

Оценку функциональных резервов организма проводили с использованием дозированных проб с физической нагрузкой — PWC 170 (power work capacity) на велоэргометре (Lode Corival, АПК «Кардис-тест», Россия). Спортсмен последовательно выполнял две нагрузки продолжительностью 5 минут, с 3-минутным интервалом отдыха между ними. Мощность первой нагрузки (W_1) подбирали в зависимости от массы тела исследуемого, второй нагрузки (W_2) подбирали в соответствии с показателем ЧСС в конце и исходной мощности 1-й нагрузки (по Белоцерковскому) [1]. В конце 1-й, 3-й, 5-й минуты фиксировали значения гемодинамических показателей (исходные ЧСС, САД, ДАД) и максимальные значения (ЧСС, САД, ДАД), оценивали тип реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку (гипотонический, нормотонический, гипертонический, дистонический) [13].

Рассчитывали общую физическую работоспособность (ОФР, абс) по Карпману $PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot (170 - f_1) / (f_2 - f_1)$, где: PWC_{170} — уровень физической работоспособности при ЧСС = 170 уд/мин; W_1 и W_2 — мощность 1-й и 2-й нагрузок; f_1 и f_2 — ЧСС за 30 с в конце 1-й и 2-й нагрузок. Для нивелирования антропометрических различий были рассчитаны индексированные показатели по отношению к массе тела (ОФР, отн).

Показанием для прекращения выполнения нагрузочного теста является достижение субмаксимальной ЧСС, повышение САД ≥ 220 мм рт. ст., ДАД ≥ 120 мм рт. ст., усталость, отказ пациента от дальнейшего выполнения пробы.

Аэробные возможности организма оценивали по величине максимального потребления кислорода (МПК, абс) и индексированного показателя к массе тела (МПК, отн), которое показывает, сколько кислорода в единицу времени (1 мин) способен утилизировать организм во время выполнения физической работы. МПК определяли по формуле Карпмана и соавторов: для спортсменов скоростно-силовых видов спорта $МПК = 1,7 \cdot PWC_{170} + 1240$; для спортсменов циклических видов спорта $МПК = 2,2 \cdot PWC_{170} + 1070$.

Эффективность и рациональность расходования функциональных резервов сердечно-сосудистой системы при выполнении физической нагрузки оце-

нивали по следующим показателям: инотропный резерв (ИР) сердца, хронотропный резерв (ХР), коэффициент расходования резервов миокарда (КРРМ), систолическая работа (СР), двойное произведение (ДП), индекс энергетических затрат миокарда (ИЭЗ).

ХР вычисляли как отношение ЧСС на высоте нагрузки к ЧСС в покое ($ХР = ЧСС_{\text{макс}} - ЧСС_{\text{сисх}}$). В норме ХР тренированных лиц составляет 70–95 уд/мин. ИР, отражающий сократительную функцию миокарда, вычисляли как разность САД на высоте нагрузки к САД в покое ($ИР = АД_{\text{макс}} - АД_{\text{сисх}}$). В норме он составляет 70–75 мм рт. ст. [1, 6].

КРРМ отражает количество израсходованного резерва миокарда на единицу выполненной работы ($КРРМ = (ЧСС_{\text{макс}} \cdot САД_{\text{макс}}) / ОФР$). Таким образом, чем меньше показатель КРРМ, тем экономичнее расходуются резервы миокарда. У спортсменов данный показатель в среднем составляет 3,5–4,5 усл. ед. Значение СР характеризует величину внешней работы, которая обеспечивается одним сокращением (систолей) сердца. Данный показатель является очень информативным, так как при одинаковом уровне ЧСС именно от показателя СР зависит величина ОФР, и выражается как отношение ОФР к разнице ЧСС на высоте нагрузки и в покое ($СР = ОФР / (ЧСС_{\text{макс}} - ЧСС \text{ в покое})$). ДП в покое и на высоте нагрузки (ДП покоя, ДП макс), которое косвенно отражает состояние коронарного кровотока, оценивали как произведение ЧСС и САД в покое и на высоте нагрузки соответственно ($ДП = ЧСС \times САД / 100$). У здоровых мужчин данный показатель равен 290–310 усл. ед. ИЭЗ, показатель, отражающий метаболические процессы миокарда, рассчитывали по формуле: $ИЭЗ = ДП_{\text{макс}} / ОВР$, где ОВР — объем выполненной работы, кгм ($ОВР = (W_1 \times 5 + W_2 \times 5) \times 6$, где 5 — время, потраченное на выполнение нагрузки, 6 — коэффициент перевода Ватт на кгм) [14].

Эхокардиографическая оценка структурно-функциональных показателей сердца проводилась на стационарной диагностической ультразвуковой системе DC-3 Mindray (Китай), в утреннее время. Измерение показателей проводили трансторакальным доступом в стандартных позициях в М-, В- и доплеровском режимах. Оценивали линейные и объемные размеры структурных показателей сердца: диаметр корня аорты (Ао, см), размер левого предсердия (см), конечно-систолический и диастолический размеры левого желудочка (ЛЖ) (КДР, см), конечно-систолический и диастолический объемы ЛЖ (КДО, мл), толщину задней стенки ЛЖ (ТЗСЛЖ, см), толщину межжелудочковой перегородки (ТМЖП, см). Для нивелирования антропометрических различий были рассчитаны индексированные показатели по отношению к площади поверхности тела.

Для определения типа геометрии миокарда ЛЖ оценивали массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ) и относительную толщину стенки (ОТС) ЛЖ. ММЛЖ рассчитывали по формуле: $\text{ММЛЖ} = 0,8 \times [(1,04) \times (\text{ТМЖП} + \text{КДР} + \text{Т-ЗСЛЖ})^3 - \text{КДР}^3] + 0,6$ (Devereux, 1986). Относительную толщину стенки ЛЖ вычисляли по формуле: $\text{ОТС} = 2 \times \text{ТЗСЛЖ} / \text{КДР}$.

За критерии ремоделирования миокарда ЛЖ приняты («Национальные рекомендации по лечению артериальной гипертензии» ЕОК/ЕОАГ, 2018): норма — индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ) < 115 г/м², ОТС < 0,43; концентрическая гипертрофия (КГЛЖ) — ИММЛЖ > 115 г/м², ОТС > 0,43; эксцентрическая гипертрофия (ЭГЛЖ) — ИММЛЖ > 115 г/м², ОТС < 0,43; концентрическое ремоделирование — ИММЛЖ < 115 г/м², ОТС > 0,43.

Всем исследуемым были разъяснены цели и методы исследования, и получено письменное добровольное информированное согласие на исследование. Исследование было проведено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования одобрен локальным Этическим комитетом по биомедицинской этике Медицинского института Северо-Восточного федерального университета (протокол № 10 от 22 мая 2017).

Статистическая обработка результатов проведена с использованием программы SPSS (IBM Compaq, версия 19). С учетом отсутствия нормального распределения исследуемых показателей (по критерию Колмогорова–Смирнова) использовали непараметрические методы анализа. Качественные показатели представлены в виде абсолютных значений и частот (n, %), количественные в виде медианы и квартильных интервалов (Me, Q₂₅; Q₇₅). Оценку различий количественных показателей в двух независимых группах сравнения проводили с помощью критерия Манна–Уитни, в трех и более группах по критерию Краскела–Уоллиса. За достигнутый уровень значимости принимали значение $p \leq 0,05$.

Корреляционный анализ провели с использованием критерия Спирмена. Сравнение групп исследования по качественным признакам проводили с использованием таблиц сопряженности с вычислением критерия χ^2 . Для оценки зависимости одной переменной от нескольких других переменных применен множественный регрессионный анализ.

Результаты

Уровень офисного АД у всех исследуемых оказался в пределах референсных значений, тогда как по результатам СМАД у 40,8 % спортсменов регистрируется МАГ (n = 60, группа «МАГ»). Средний возраст составил 21 (19,2; 26), спортивный стаж 9 лет (6; 11), циклические виды спорта — 15 человек (25 %), единоборства — 45 (75 %), КМС — 29 (48,3 %), МС — 31 (51,7 %).

Нормальный уровень офисного и суточного АД отмечен у 59,2 % спортсменов (n = 87, группа «контроль»). Средний возраст 20 (19; 24), спортивный стаж 8 лет (6; 11), циклические виды спорта — 15 человек (17,2 %), единоборства — 72 (82,8 %), КМС — 60 (69 %), МС — 27 (31 %).

Группы исследования сопоставимы по возрасту, спортивному стажу и антропометрическим данным ($p \geq 0,05$) (табл. 1).

По результатам СМАД у спортсменов с МАГ зарегистрированы ожидаемо высокие усредненные показатели САД и ДАД в течение суток, соответствующие критериям систоло-диастолической АГ (табл. 2).

Анализ пробы с физической нагрузкой показал, что у спортсменов обеих групп наблюдается одинаковый уровень (выше среднего) ОФР ($p = 0,600$), МПК ($p = 0,770$) и объема выполненной работы ($p = 0,820$) (табл. 3).

В нашем исследовании у спортсменов с МАГ наблюдаются высокие показатели ХР и ИР по сравнению со спортсменами с нормальным уровнем АД («группа контроль»). Величина ДП в покое в исследуемых группах не отличается ($p = 0,712$), при этом

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП (ME, Q₂₅; Q₇₅)

Показатель	Группа «МАГ» (n = 60)	Группа «контроль» (n = 87)	p
Возраст, годы	21,0 (19,2; 26)	20,0 (19; 24)	0,359
Спорт/стаж, годы	9,0 (6; 11)	8,0 (6; 11)	0,211
МТ, кг	68,0 (64,0; 74,7)	65,6 (61,6; 72,0)	0,137
ДТ, см	169,5 (165,2; 174,0)	169 (166; 175)	0,789
ИМТ, кг/м ²	23,8 (1,7; 1,9)	22,8 (21,6; 24,2)	0,072
ППТ, м ²	1,8 (1,7; 1,9)	1,8 (1,7; 1,9)	0,407

Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия; МТ — масса тела; ДТ — длина тела; ИМТ — индекс массы тела; ППТ — площадь поверхности тела.

Таблица 2

**ПОКАЗАТЕЛИ ОФИСНОГО И СРЕДНЕСУТОЧНОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ
У СПОРТСМЕНОВ (МЕ, Q₂₅; Q₇₅)**

Показатель		Группа «МАГ» (n = 60)	Группа «контроль» (n = 87)	p
Офисное, мм рт. ст.	САД	110,0 (110,0; 120,0)	120,0 (110,0; 120,0)	0,063
	ДАД	80,0 (70,0; 80,0)	80,0 (70,0; 80,0)	0,108
Усредненные показатели СМАД				
24 ч	САД	145,2 (139,6; 150,8)	117,0 (115,0; 121,5)	< 0,001
	ДАД	87,8 (80,0; 96,9)	76,0 (72,3; 77,4)	< 0,001
День, мм рт. ст.	САД	150,4 (144,0; 158,0)	115,9 (115,2; 131,2)	< 0,001
	ДАД	93,9 (84,0; 100,7)	77,3 (73,0; 92,0)	< 0,001
Ночь, мм рт. ст.	САД	134,2 (126,5; 141,0)	108,3 (97,0; 109,5)	< 0,001
	ДАД	77,0 (69,9; 84,1)	70,9 (60,5; 71,6)	< 0,001

Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; СМАД — суточное мониторирование артериального давления.

Таблица 3

**ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
И МАКСИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА, (МЕ, Q₂₅; Q₇₅)**

Показатель	Группа МАГ (n = 44)	Группа контроль (n = 87)	p
ОФР, абс (кгм × мин)	1309,2 (1115,3; 1525,9)	1396,0 (1228,5; 1525,2)	0,492
ОФР, отн (кгм × мин/кг)	19,5 (16,5; 22,3)	20,0 (18,1; 22,4)	0,600
МПК, абс (мл/мин)	3480,8 (3197,4; 3815,8)	3620,0 (3279,3; 3855,7)	0,234
МПК, отн (мл/мин/кг)	53,9 (45,5; 56,6)	55,0 (48,7; 56,7)	0,770
ОВР, (кгм)	8500,0 (7000,0; 9500,0)	8000,0 (7000,0; 9500,0)	0,820

Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия; ОФР — общая физическая работоспособность; МПК — максимальное потребление кислорода; ОВР — объем выполненной работы.

Таблица 4

**ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, (МЕ, Q₂₅; Q₇₅)**

Показатель	Группа МАГ (n = 44)	Группа контроль (n = 87)	p
ИР, уд/мин	80,0 (70,0; 90,0)	67,5 (60,0; 80,0)	0,001
ХР, мм рт. ст.	96,0 (79,0; 105,0)	88,5 (78,2; 96,0)	0,043
ДП исх, у.е.	84,0 (72,0; 93,6)	82,0 (76,2; 91,2)	0,712
ДП макс, у.е.	304,2 (282,2; 340,0)	290 (272,4; 314,0)	0,044
СР, кгм × мин × уд/мин	14,4 (12,5; 15,5)	15,4 (13,4; 19,2)	0,030
КРРМ, у.е.	4,2 (3,6; 4,9)	3,5 (3,2; 4,1)	0,001
ИЭЗ, у.е.	18,5 (15,5; 21,1)	16,0 (12,6; 19,3)	0,029

Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия; ИР — инотропный резерв; ХР — хронотропный резерв; ДП — двойное произведение; СР — систолическая работа; КРРМ — коэффициент расходования резервов миокарда; ИЭЗ — индекс энергетических затрат.

на высоте нагрузочной пробы ДП оказалось выше в группе спортсменов с МАГ, что является закономерным, так как в данной группе зарегистрированы высокие показатели ХР и ИР.

Известно, что значительные сдвиги основных гемодинамических показателей в свою очередь осуществляются за счет изменений метаболического обеспечения миокарда [1]. Показатель СР выше в группе спортсменов с нормальным уровнем АД (группа «контроль»). Значения КРРМ и ИЭЗ выше у спортсменов с МАГ, что может говорить о нерациональном метаболическом обеспечении миокарда у спортсменов с МАГ (табл. 4).

Преобладающим типом реакции на пробу с физической нагрузкой в обеих группах является нормотонический. Гипотонический и гипертонический типы реакции, свидетельствующие о напряжении сердечно-сосудистой системы, чаще зарегистрированы в группе спортсменов с МАГ (гипертонический тип — 26,7% против 6,9%, гипотонический — 6,7% против 3,4%). Дистонический тип реакции сердечно-сосудистой системы отмечен только в группе с МАГ (11,6%). Таким образом, признаки дезадаптации сердечно-сосудистой системы преобладают у спортсменов с МАГ (рис.).

Анализ эхокардиографических данных показал, что в группе спортсменов с МАГ отмечаются более высокие показатели индексов толщины стенок ЛЖ (индекс толщины межжелудочковой перегородки (ИТМЖП), индекс толщины задней стенки ЛЖ (ИТЗСЛЖ)), ИММЛЖ и ОТС ЛЖ по сравнению со спортсменами с нормальным уровнем АД (контрольная группа). Так, ИТМЖП в группе спортсменов с МАГ составил 0,55 (0,50; 0,59) см против 0,52 (0,46; 0,54) см в группе спортсменов с нормальным уровнем АД ($p < 0,001$), ИТЗСЛЖ составил 0,55 (0,50; 0,59) см против 0,50 (0,46; 0,54) ($p < 0,001$)

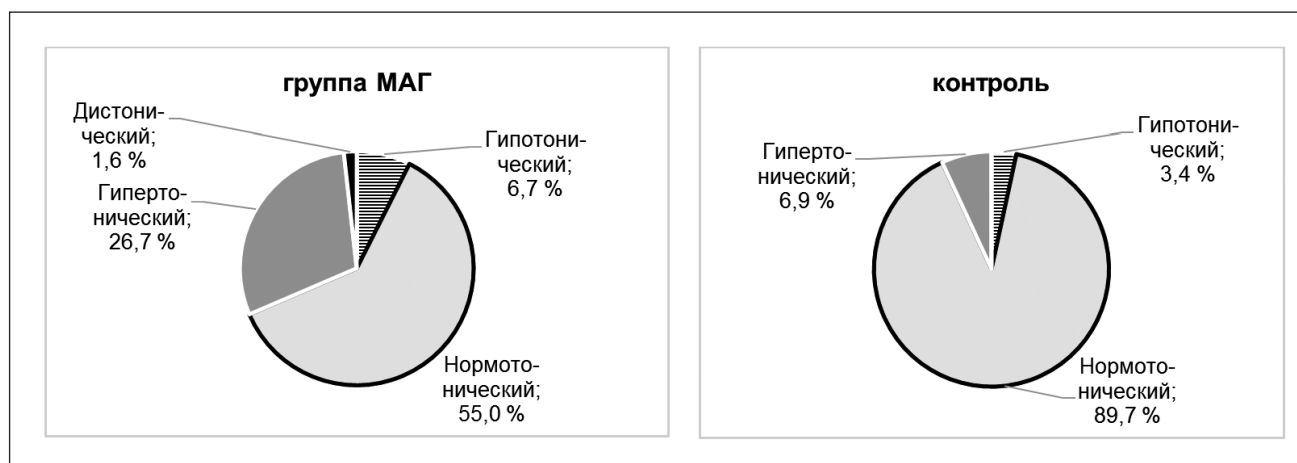
см. ИММЛЖ и ОТС также оказались выше в группе спортсменов с МАГ (ИММЛЖ — 97,1 (85,2; 119,9) против 87,1 (79,8; 102,7) г/м², $p = 0,006$; ОТС — 0,42 (0,36; 0,43) против 0,36 (0,33; 0,40) ($p < 0,001$)).

КДО, который косвенно указывает на величину остаточного ударного объема сердца, выше в группе спортсменов с нормальным уровнем АД и составил 64,8 (59,8; 71,9) мл против 62,2 (56,6; 73,7) мл ($p = 0,036$) у спортсменов с МАГ, что косвенно может говорить о высоких потенциальных возможностях сердца при физических нагрузках у спортсменов с нормальным уровнем АД.

При сопоставлении данных СМАД и эхокардиографии выявлена статистически значимая связь уровня АД и наличия структурного ремоделирования миокарда ЛЖ у исследуемых спортсменов ($\chi^2 = 23,306$, $df = 1$, $p \leq 0,001$). У спортсменов с нормальным уровнем АД нормальная геометрия ЛЖ наблюдается у 73 (83,9%) спортсменов, патологическая — у 14 (16,1%), из них КГЛЖ — у 2 (2,3%), ЭГЛЖ — у 2 (2,3%), концентрическое ремоделирование — у 10 (11,5%). У спортсменов с МАГ нормальная геометрия ЛЖ отмечена у 33 (55%) спортсменов, патологическая — у 27 (45%), из них КГЛЖ — у 3 (5,0%), ЭГЛЖ — у 5 (8,3%), концентрическое ремоделирование — у 19 (31,7%) спортсменов.

У спортсменов с МАГ шансы иметь ремоделирование миокарда ЛЖ в 7,6 раза выше, чем у спортсменов с нормальным уровнем АД. Выявлена значимая связь высокого уровня АД с наличием ЭГЛЖ ($\chi^2 = 4,09$, $df = 1$, $p = 0,043$) и концентрическим ремоделированием ЛЖ ($\chi^2 = 14,65$, $df = 1$, $p \leq 0,001$). Настораживает, что концентрическое ремоделирование, которое, как известно, имеет наиболее неблагоприятный прогноз, часто встречается среди спортсменов как с нормальным, так и с повышенным АД, но все же преобладает у лиц

Рисунок. Тип реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку



Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСХОДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЦА У СПОРТСМЕНОВ

Показатель		Группа контроль (n = 87)		Группа МАГ (n = 44)	
		r	p	r	p
иТ-МЖП	ДПисх, у.е.	0,011	0,927	0,460	0,045
	ДПмакс, у.е.	0,498	0,035	0,483	0,011
	СР, кгм × мин × уд/мин	0,115	0,567	0,499	0,013
иТ-ЗСЛЖ	СР, кгм × мин × уд/мин	0,431	0,025	0,308	0,011
ИММЛЖ	СР, кгм × мин × уд/мин	0,092	0,646	0,334	0,005
	KPPM, у.е.	0,033	0,871	0,231	0,049

Примечание: МАГ — маскированная артериальная гипертензия; иТ-МЖП — индекс толщины межжелудочковой перегородки; иТ-ЗСЛЖ — индекс толщины задней стенки левого желудочка; ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка; ДП — двойное произведение; СР — систолическая работа; KPPM — коэффициент расходования резервов миокарда.

с АГ (31,7 % против 11,5 % у спортсменов с нормальным уровнем АД).

Корреляционный анализ структурно-функциональных показателей сердца и показателей функциональных резервов сердечно-сосудистой системы выявил следующие особенности: в группе спортсменов с МАГ отмечена корреляция показателей ТМЖП с показателями ДП и СР. ТЗСЛЖ положительно коррелирует с показателем СР. Значения индекса ММЛЖ положительно коррелируют с показателями СР и KPPM.

В группе спортсменов с нормальным уровнем АД выявлена положительная корреляция ТМЖП с показателем ДП макс и ТЗСЛЖ со значением СР (табл. 5).

Таким образом, выявлена положительная связь показателей функциональных резервов миокарда со значениями толщины стенки ЛЖ и ИММЛЖ, которые в свою очередь во многом определяют тип ремоделирования миокарда ЛЖ.

Так как диагностика МАГ основывается на данных СМАД, в уравнение множественного регрессионного анализа (с пошаговым исключением) в качестве зависимой переменной были включены отдельно усредненные показатели САД и ДАД в течение суток, дня и ночи. Коэффициенты множественного регрессионного уравнения показаны в таблице 6.

Наиболее значимое влияние на суточный уровень САД имеет показатель KPPM. Увеличение KPPM на 1 единицу увеличивает среднесуточный уровень САД на 7,129 мм рт. ст. (что объясняет дисперсию на 29,4 %), уровень среднего САД в дневной период на 9,745 мм рт. ст. (дисперсия 29,1 %), а средний уровень САД в ночной период на 9,944 мм рт. ст. (дисперсия 30,2 %).

Суточный уровень ДАД оказался наиболее связан со значениями ИЭЗ: увеличение ИЭЗ на 1 еди-

ницу увеличивает значение суточного уровня ДАД на 0,666 мм рт. ст. (дисперсия показателей составляет 22,4 %), уровень ДАД/день на 0,755 мм рт. ст. (дисперсия 23,6 %), а значение ДАД/ночь на 0,861 мм рт. ст. (дисперсия 26,9 %).

Обсуждение

Ряд авторов придерживаются мнения, что АГ встречается у спортсменов чаще по сравнению с лицами, не занимающимися спортом, и составляет 6,7–11,5 % в популяции спортсменов [17, 18]. Однако, учитывая, что факторами риска развития МАГ являются молодой возраст, мужской пол, высокая физическая активность (ЕОК, 2018), группу профессиональных спортсменов можно отнести к лицам повышенного риска по данной патологии.

Частота распространенности МАГ колеблется в широком диапазоне и составляет от 4,4 % до 52 % [9, 10, 19]. Такая широкая вариация распространенности МАГ в исследованиях объясняется разными критериями пороговых значений АГ в клинических рекомендациях (ESC/ESH, АНА). Согласно зарубежным исследованиям, распространенность МАГ среди спортсменов циклических видов спорта составила 35–38 % [12, 20, 21]. Среди спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми и циклическими видами спорта (средний возраст 23,6 ± 3,1), частота АГ составила от 30–52,5 %, МАГ — 35 % [1, 8, 10]. В нашем исследовании частота МАГ среди спортсменов составила 40,8 %.

ОФР и МПК являются важными интегральными показателями, позволяющими судить о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, адекватности адаптационных механизмов и, косвенно, о спортивной успешности. Чем выше показатель ОФР, тем большую механическую работу может выполнить спортсмен. МПК, которое

Таблица 6

КОЭФФИЦИЕНТЫ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

Показатель	Коэффициент уравнения регрессии (R)	Коэффициент детерминации (R ²)	Константа	В (ДИ 95 %)	p
Среднесуточный уровень САД (дисперсия 29,4 %)					
KPPM	0,543	0,294	94,491	7,129 (3,968; 10,289)	≤0,001
CP				−1,089 (−1,670; −0,507)	≤0,001
Среднесуточный уровень ДАД (дисперсия 22,4 %)					
ИЭЗ	0,473	0,224	58,345	0,666 (0,286; 1,046)	≤0,001
ДАД _{макс}				0,174 (0,020; 0,328)	0,028
САД день (дисперсия 29,1 %)					
KPPM	0,539	0,291	14,739	9,745 (6,158; 13,331)	0,013
ЧСС _{макс}				0,221 (0,398; 0,044)	0,015
ДАД день (дисперсия 23,6 %)					
ИЭЗ	0,486	0,236	61,137	0,755 (0,361; 1,150)	≤0,001
ДАД _{макс}				0,201 (0,041; 0,361)	0,014
САД ночь (дисперсия 30,2 %)					
KPPM	0,549	0,302	84,631	9,944 (6,016; 13,871)	0,021
ИЭЗ				−0,778 (−14,244; −0,637)	0,032
ДАД ночь (дисперсия 26,9 %)					
ИЭЗ	0,542	0,269	54,68	0,861 (0,362; 0,997)	0,014
ДАД _{макс}				0,112 (0,037; 0,614)	0,033

Примечание: ДИ — доверительный интервал; САД — систолическое артериальное давление; KPPM — коэффициент расходования резервов миокарда; CP — систолическая работа; ДАД — диастолическое артериальное давление; ИЭЗ — индекс энергетических затрат; ДАД_{макс} — максимальный уровень диастолического артериального давления в тесте с дозированной физической нагрузкой; ЧСС_{макс} — максимальное значение частоты сердечных сокращений в тесте с дозированной физической нагрузкой.

отражает аэробные возможности организма, также позволяет оценивать кислородтранспортную функцию сердечно-сосудистой системы [1, 6]. Считается, что ОФР во многом зависит от состояния кардиореспираторной системы. Так, показано, что достижение высокой толерантности к физической нагрузке осуществляется увеличением насосной функции сердца [22–24]. Вместе с тем выполнение работы одинаковой мощности и объема может приводить к различному приросту хронотропных (ЧСС) и инотропных (САД) показателей.

Есть мнение, что недостаточно проводить оценку функционального состояния только по величине ОФР и МПК. В ряде случаев высокая толерантность к физической нагрузке на фоне напряженной гемодинамики не является показателем адекватного функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Это делает необходимым также оценивать качество и экономичность функционирования организма во время физической нагрузки и в период восстановления [14–16].

Достижение высокого уровня физической работоспособности у спортсменов с нормальным уровнем АД и МАГ в гемодинамическом плане имеет некоторые отличия. Величина ДП в покое в исследуемых группах не отличается ($p = 0,712$), при этом на высоте нагрузочной пробы ДП оказалось выше в группе спортсменов с МАГ, что является закономерным, так как в данной группе зарегистрированы высокие показатели ХР и ИР.

Показатель ДП характеризуется линейной зависимостью с МПК и косвенно может говорить о состоянии коронарного кровотока как в покое, так и на высоте пороговой нагрузки [14, 15]. Учитывая, что чем ниже показатель ДП, тем экономичнее и рациональнее расходуются резервы миокарда, можно предположить, что у спортсменов с МАГ наблюдается менее экономичное достижение высокой толерантности к физической нагрузке. Данный факт также подтверждается высокими показателями KPPM и ИЭЗ, которые отражают расходование резервов миокарда и метаболические процессы.

Величина СР во многом отражает насосную функцию сердца, так как при одинаковом уровне ЧСС именно от показателя СР зависит величина ОФР. У спортсменов с разным уровнем АД выявлен одинаковый уровень работоспособности. Отличие величины СР может объясняться различной величиной ЧСС на высоте нагрузки, то есть хронотропным резервом сердца.

Таким образом, оценку функционального состояния спортсменов с разным уровнем АД можно проводить не только по уровню ОФР и МПК, но и по значениям энергетического и гемодинамического обеспечения, которые могут указывать на скрытые метаболические признаки дезадаптации сердечно-сосудистой системы.

Реакция АД на физическую нагрузку является важным показателем адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам [1]. Есть данные, что среди лиц с гипертоническим ответом АД на пробу с физической нагрузкой МАГ встречалась в 58% случаев [24]. У спортсменов с МАГ отмечены случаи гипертонического типа реакции на пробу с физической нагрузкой, что может служить признаком дезадаптации сердечно-сосудистой системы.

Регулярные интенсивные физические нагрузки приводят к физиологическим структурным и функциональным изменениям сердца, в виде умеренной гипертрофии и небольшой тоногенной дилатации полостей, с сохраненной диастолической и систолической функцией [26]. Ряд авторов придерживаются мнения, что обеспечение гиперфункции может осуществляться и без гипертрофии миокарда [27]. Компенсаторная гипертрофия миокарда и увеличение способности каждого грамма миокарда генерировать механическую работу достигается путем увеличения остаточного ударного объема сердца, на который косвенно указывает КДО: чем выше КДО, тем больше крови сердце может выбросить во время сокращения, следовательно, тем выше потенциальные возможности организма при физической нагрузке [17, 18]. КДО оказался выше в группе спортсменов с нормальным уровнем АД, что косвенно может говорить о высоких потенциальных возможностях сердца при физических нагрузках у спортсменов с нормальным уровнем АД по сравнению со спортсменами с МАГ.

В группе спортсменов с МАГ отмечаются более высокие показатели индексов толщины стенок ЛЖ (ИТМЖП, ИТЗСЛЖ), ИММЛЖ и ОТС ЛЖ по сравнению со спортсменами с нормальным уровнем АД. При сопоставлении данных СМАД и эхокардиографии выявлена статистически значимая связь уровня АД и наличия структурного ремоделирования миокарда ЛЖ у исследуемых спортсме-

нов ($\chi^2 = 23,306$, $df = 1$, $p \leq 0,001$). Патологический тип ремоделирования миокарда ЛЖ преобладает у спортсменов с МАГ.

Положительная связь показателей СР, ДП и КРРМ со значениями толщины стенки ЛЖ и ИММЛЖ может свидетельствовать о том, что достижение высокой физической работоспособности за счет увеличения ЧСС и, следовательно, повышение потребления резервов миокарда на фоне физических нагрузок может приводить к развитию гипертрофии миокарда.

Показатели энергетических затрат миокарда (КРРМ и ИЭЗ) связаны со значениями суточного уровня САД и ДАД, что показано уравнением множественного регрессионного анализа. Повышение показателей метаболических затрат приводит к увеличению суточного уровня САД и ДАД.

Заключение

МАГ выявлена у 40,8% исследованных спортсменов.

У спортсменов с разным уровнем АД достижение высокой толерантности к физической нагрузке реализуется за счет разных гемодинамических и энергетических механизмов. У спортсменов с МАГ отмечены неэффективные гемодинамические и энергоемкие процессы, которые со временем могут привести к перенапряжению сердечно-сосудистой системы. Показатели реализации функциональных резервов сердечно-сосудистой системы положительно коррелируют с показателями толщины стенки миокарда ЛЖ и ИММЛЖ, что может косвенно свидетельствовать о связи перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов с МАГ с поражением органов-мишеней (гипертрофии миокарда).

Комплексный анализ энергетического, гемодинамического обеспечения физической нагрузки, ремоделирования миокарда ЛЖ позволяет судить о функциональном состоянии резервных возможностей организма спортсменов, выявлять скрытые признаки несостоятельности энергообеспечения миокарда и тем самым предотвратить на ранних стадиях развитие предпатологических и патологических состояний сердечно-сосудистой системы.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. М.: Советский спорт, 2005. 311 с. [Belotserkovsky ZB. Ergometric and cardiological criteria of physical performance in athletes. M.: Soviet sport, 2005. 311 p. In Russian].

2. Ватутин Н. Т., Склинная Е. В. Распространенность артериальной гипертензии и факторов риска у лиц молодого возраста. Архив внутренней медицины. 2017;1:30–34. [Vatutin NT, Sklyannaya EV. Prevalence of arterial hypertension and risk factors in young people. Arch Int Med. 2017;1:30–34. In Russian].
3. Местникова Е. Н., Махарова Н. В., Пинигина И. А., Гаврильева К. С. Электрофизиологическая адаптация сердечно-сосудистой системы у спортсменов в условиях Севера. Якутский медицинский журнал. 2016;2(54):42–43. [Mestnikova EN, Makharova NV, Pinigina IA, Gavriyleva KS. Electrophysiological adaptation of the cardiovascular system in athletes in the North. Yakutsk Med J. 2016;2(54):42–43. In Russian].
4. Местникова Е. Н., Захарова Ф. А., Пинигина И. А., Махарова Н. В. Функциональные возможности сердца у спортсменов с разным уровнем артериального давления в Республике Саха (Якутия). Саратовский научно-медицинский журнал. 2020;16(2):452–458. [Mestnikova EN, Zakharova FA, Pinigina IA, Makharova NV. Functional capabilities of the heart in athletes with different blood pressure levels in the Republic of Sakha (Yakutia). Saratov J Med Sci Res. 2020;16(2):452–458. In Russian].
5. Местникова Е. Н., Захарова Ф. А., Пинигина И. А., Махарова Н. В. Фено-генотипические особенности скрытой артериальной гипертензии у спортсменов в Республике Саха (Якутия). Артериальная гипертензия. 2020;26(2):202–210. doi:10.18705/160-419X-2020-26-2-202-210/ [Mestnikova EN, Zakharova FA, Pinigina IA, Makharova NV. Phenogenotypic features of latent arterial hypertension in athletes in the Republic of Sakha (Yakutia). Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2020;26(2):202–210. doi:10.18705/160-419X-2020-26-2-202-210/. In Russian].
6. Гаврилова Е. А. Внезапная смерть в спорте. М.: Советский спорт, 2011. 193 с. [Gavrilova EA. Sudden death in sport. M.: Soviet Sport, 2011. 193 p. In Russian].
7. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K et al. ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). Eur Heart J. 2013;34:2159–2219.
8. Бубнова В. С., Лебедев Е. В., Шапошник И. И. Гипертоническая болезнь в молодом возрасте: особенности диагностики и лечения. Артериальная гипертензия. 2007;2(13):128–130 [Bubnova VS, Lebedev EV, Shaposhnik II. Hypertension at a young age: features of diagnosis and treatment. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2007;2 (13):128–130. In Russian].
9. Лямина Н. П., Наливаева А. В., Сенчихин В. Н., Липчанская Т. П. Маскированная артериальная гипертензия у лиц молодого возраста: выявляемость, выраженность кардиоваскулярных факторов риска и прогноз с учетом гендерных различий. Российский кардиологический журнал. 2017;4(144):7–12. doi:10.15829/1560-4071-2017-4-7-12 [Lyamina NP, Nalivaeva AV, Senchikhin VN, Lipchanskaya TP. Masked hypertension in young persons: prevalence, significance of cardiovascular risk factors and prognosis by gender differences. Russ J Cardiol. 2017;(4):7–12. doi:10.15829/1560-4071-2017-4-7-12. In Russian].
10. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(3):3786. doi:10.15829/1560-4071-2020-3-3786 [Arterial hypertension in adults. Clinical guidelines 2020. Russ J Cardiol. 2020;25(3):3786. doi:10.15829/1560-4071-2020-3-3786. In Russian].
11. Ронжина О. А. Опыт лечения артериальной гипертензии препаратом вальсакор у спортсменов-тяжелотлетов. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2013;6(114):15–22. [Ronzhina OA. Experience in the treatment of arterial hypertension with Valsacor in weightlifting athletes. Physiother Sports Med. 2013;6(114):15–22. In Russian].
12. Berge HM, Isern CB, Berge EH. Blood pressure and hypertension in athletes: a systematic review. Br J Sports Med. 2015;49(11):716–723.
13. Макаров Л. М., Федина Н. Н., Комолятова В. Н., Беспорточный Д. А., Киселева И. И. Нормативные параметры артериального давления у юных элитных спортсменов при пробе с дозированной физической нагрузкой. Педиатрия. 2015;94(2):102–104. [Makarov LM, Fedina NN, Komolyatova VN, Besportochnyj DA, Kiseleva II. Standard parameters of blood pressure in young elite athletes during a test with a dosed physical load. Pediatrics. 2015;9(2):102–104. In Russian].
14. Рубанович В. Б. Основы врачебного контроля при занятиях физической культурой. Учебное пособие. 3-е изд. М.: Юрайт, 2019. 86 с. [Rubanovich VB. Fundamentals of medical control during physical education. Tutorial. 3rd ed. M.: Yurayt, 2019. 86 p. In Russian].
15. Граевская Н. Д., Долматова Т. И. Спортивная медицина. Курс лекций и практические занятия. Изд. Спорт, 2018. 71 с. [Graevskaya ND, Dolmatova TI. Sports medicine. Course of lectures and practical exercises. Ed. Sport, 2018. 71 p. In Russian].
16. Бурякина Т. А., Затеищиков Д. А. Клинико-диагностические особенности кардиологического обследования спортсменов. Трудный пациент. 2011;2(3):32–41. [Buryakina TA, Zateishchikov DA. Clinical and diagnostic features of cardiological examination of athletes. Diff Pat. 2011;2(3):32–41. In Russian].
17. Дембо А. Г., Земцовский Э. В. Спортивная кардиология. Руководство для врачей. Л.: Медицина, 1989. 463 с. [Dembo AG, Zemtsovsky EV. Sports Cardiology. A guide for doctors. L.: Medicine, 1989. 463 p. In Russian].
18. Fagard R, Cornelissen VA. Incidence of cardiovascular events in white-coat, masked and sustained hypertension vs. true normotension: a meta-analysis. Am J Hypertens. 2007;25(11):2193–2198.
19. Booth JN, Diaz KM, Seals SR, Sims M, Ravenell J, Muntner P et al. Masked hypertension and cardiovascular disease events in a prospective cohort of blacks: the Jackson Heart Study. Hypertension. 2016;68(2):501–510. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.07553
20. Trachsel LD, Carlen F, Brugger N, Seiler C, Wilhelm M. Masked hypertension and cardiac remodeling in middle-aged endurance athletes. J Hypertens. 2015;33(6):1276–1283. doi:10.1097/HJH.0000000000000558
21. Berge HM, Andersen TE, Solberg EE, Steine K. High ambulatory blood pressure in male professional football players. Br J Sports Med. 2013;47(8):521–525. doi:10.1136/bjsports-2013-092354
22. Захаревиц А. Л., Сосна Л. С., Питкевич Ю. Э., Пфайфер Д. С., Кузикович А. С. Сравнительный анализ показателей кардиореспираторного нагрузочного теста спортсменов высокой квалификации. Прикладная спортивная наука. 2017;2(6):36–41. [Zakharevich AL, Sosna LS, Pitkevich YuE, Pfeifer DS, Kuzikevich AS. Comparative analysis of indicators of cardiorespiratory stress test in highly qualified athletes. Applied Sports Science. 2017;2(6):36–41. In Russian].
23. Стрельчева К. А., Брук Т. М., Балабохина Т. В., Головешко О. В. Влияние курсового низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональное состояние кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков во время выполнения нагрузочного теста «до отказа» от работы. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2016;2:12–17. [Strelycheva KA, Brook TM, Balabokhina TV, Goloveshko OV. Influence of course low-intensity laser radiation on the functional state of the cardiorespiratory system of highly qualified short

trackers during the exercise test “to failure” from work. *Physiother Sports Med.* 2016;2:12–17. In Russian].

24. Klusiewicz A, Faff J, Starczewska-Czapowska J. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer. *Biol Sport.* 2011;28:31–35.

25. Sharman JE, Hare JL, Thomas S, Davies JE, Leano R, Jenkins C et al. Association of masked hypertension and left ventricular remodeling with the hypertensive response to exercise. *Am J Hypertens.* 2011;24(8):898–903. doi:10.1038/ajh.2011.75

26. Смоленский А. В., Михайлова А. В., Борисова Ю. А. Особенности физиологического ремоделирования спортивного сердца. *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2012;6(102):9–14. [Smolenskij AV, Mihajlova AV, Borisova Ju A. Characteristics of physiological remodeling of athletic heart. *Ex Ther Sports Med.* 2012;6(102):9–14. In Russian].

27. Moro AS, Okoshi MP, Padovani CR, Okoshi K. Doppler echocardiography in athletes from different sports. *Med Sci Monit.* 2013;19:87–93.

Информация об авторах

Местникова Екатерина Николаевна — врач-кардиолог отдела функциональной диагностики Центра спортивной медицины и реабилитации ГБУ РС(Я) «Республиканский центр спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия)», ORCID: 0000-0002-5575-5430;

Захарова Федора Аполлоновна — доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», ORCID: 0000-0002-7524-0055;

Махарова Наталья Владимировна — доктор медицинских наук, главный врач Центра спортивной медицины и реабилитации ГБУ РС(Я) «Республиканский центр спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия)», ORCID: 0000-0003-3747-4165;

Пинигина Ирина Андреевна — кандидат медицинских наук, заведующая отделом функциональной диагностики Центра спортивной медицины и реабилитации ГБУ РС(Я) «Республиканский центр спортивной подготовки сборных команд Республики Саха (Якутия)», ORCID: 0000-0002-6189-8585.

Author information

Ekaterina N. Mestnikova, MD, Cardiologist, Functional Diagnostics Department Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Republican Center of Sports Training of National Teams of the Republic of Sakha (Yakutia), ORCID: 0000-0002-5575-5430;

Fedora A. Zakharova, MD, PhD, DSc, Professor, Department of Normal and Pathological Physiology, Medical Institute, North-Eastern Federal University named after M. K. Amosov, ORCID: 0000-0002-7524-0055;

Natal'ya V. Makharova, MD, PhD, DSc, Chief Physician, Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Republican Center of Sports Training of National Teams of the Republic of Sakha (Yakutia), ORCID: 0000-0003-3747-4165;

Irina A. Pinigina, Candidate of Medical Sciences, Head, Department of Functional Diagnostics, Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Republican Center of Sports Training of National Teams of the Republic of Sakha (Yakutia), ORCID: 0000-0002-6189-8585.