

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ВЫСОКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В СВЕТЕ УПРОЩЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СПОРТА. ЧАСТЬ 1

А.С. Шарыкин^{1,2,3}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

В.А. Бадтиева^{2,4}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

В.И. Павлов², mnpccsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

Ю.М. Иванова², ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

Д.М. Усманов^{2,3}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

²Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения, г. Москвы, Москва, Россия

³Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

⁴Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: определить морфологические изменения сердца и физиологические возможности спортсменов в разных группах спортивных дисциплин (СД). Оценить приемлемость классификации Pelliccia A. для профессиональных спортсменов массового уровня. **Материалы и методы.** Обследованы 2647 спортсменов национального уровня, представляющих 40 СД, сгруппированных в четыре группы: требующие сложно-координационных навыков, силы, смешанных качеств, выносливости. Выполнены ЭКГ в 12 отведениях и эхокардиография с нормализацией показателей по площади поверхности тела (ППТ). Для оценки функциональных возможностей использовали кардиопульмональный тест. **Результаты.** Основным трендом было увеличение частоты и величины эксцентрической гипертрофии левого желудочка (ЛЖ), а также VO_2 Peak, VO_2 ПАНО и мощности работы от первой к четвертой группе. Наибольшую корреляцию с функциональными показателями спортсменов демонстрировали не линейные, а объемные характеристики ЛЖ, индексированные по ППТ. В группах количество лиц с признаками ремоделирования ЛЖ различалось от 14,4 до 45 %. Сходные результаты отмечались по литературным данным для спортсменов, выступающих на международных универсиадах и олимпиадах. **Заключение.** Классификация Pelliccia A. отражает общие закономерности ремоделирования сердца в видах спорта, однако их количественное выражение подвержено значительным колебаниям, в связи с чем применение к спортсменам ниже международного уровня должно быть ограничено. Оценку размеров сердца целесообразно проводить по центильным показателям, полученным для каждой из классификационных групп.

Ключевые слова: спортсмены, классификация Pelliccia A., ремоделирование сердца, гипертрофия миокарда левого желудочка, пиковое потребление кислорода

Для цитирования: Морфофункциональные основы высоких функциональных возможностей спортсменов в свете упрощенной зарубежной классификации спорта. Часть 1 / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, В.И. Павлов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 158–169. DOI: 10.14529/hsm220419

Original article
DOI: 10.14529/hsm220419

MORPHOFUNCTIONAL BASIS OF HIGH FUNCTIONAL CAPABILITIES OF ATHLETES IN THE LIGHT OF A SIMPLIFIED FOREIGN CLASSIFICATION OF SPORTS. PART 1

A.S. Sharykin^{1,2,3}, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

V.A. Badtieva^{2,4}, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

V.I. Pavlov², mnpcsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

Yu.M. Ivanova², ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

D.M. Usmanov^{2,3}, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

¹N.I. Pirogov Russian National Research Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

²Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

³Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify morphological changes of the heart and physiological capabilities of athletes in different sports and to evaluate the acceptability of the A. Pelliccia classification for professional athletes. **Materials and methods.** The sample involved 2647 national-level athletes from 40 sports disciplines. Sports disciplines were divided into those that required coordination skills, strength, mixed qualities, and endurance. A 12-lead ECG and echocardiography with normalization of the body surface area (BSA) were performed. Functional capabilities were evaluated with cardiopulmonary testing. **Results.** The main trend was increased frequency and magnitude of eccentric LV hypertrophy, as well as increased VO₂ peak, VO₂ anaerobic threshold, and performance capacity values from the first to the fourth group. The greatest correlation with functional parameters was associated not with the linear characteristics of the left ventricle but with the volume ones indexed by the BSA. The proportion of people with signs of left ventricular remodeling varied between groups, ranging from 14.4 to 45%. Similar results were found in the literature for athletes competing at international Universiades and Olympic Games. **Conclusion.** The A. Pelliccia classification reflects general patterns of heart remodeling in athletes. However, their quantitative expression is subject to significant fluctuations, and therefore, its application to athletes below the international level should be limited. It is advisable to evaluate the dimensions of the heart according to the centile values obtained for each of the classification groups.

Keywords: athletes, A. Pelliccia classification, heart remodeling, left ventricular myocardial hypertrophy, VO₂ Peak

For citation: Sharykin A.S., Badtieva V.A., Pavlov V.I., Ivanova Yu.M., Usmanov D.M. Morphofunctional basis of high functional capabilities of athletes in the light of a simplified foreign classification of sports. Part 1. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):158–169. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220419

Введение. Многочисленные исследования за последние 15–20 лет показывают, что ключевой структурой для здоровья профессионального спортсмена является сердечно-сосудистая система (ССС). С одной стороны, она обеспечивает необходимые условия для победы, а с другой – именно на неё приходится основная тяжесть испытываемых нагрузок. Выделив по три градации каждого из этих факторов, Mitchell J.H. et al. в 2005 г. предложили разделить виды спорта на девять групп,

которым должны соответствовать определенные физические качества спортсменов [7, 8]: от IA, с минимальной перегрузкой объёмом и сопротивлением (гольф, стрельба, боулинг и др.) до максимальной (ШС – бокс, триатлон, гребля и др.).

Однако с медицинской точки зрения более рациональным представляется деление видов спорта по их долгосрочному влиянию на состояние сердца. Нередко требуется выяснить, являются ли изменения сердца доброкачест-

венными, развившимися вследствие регулярных спортивных упражнений или перешедшими в патологический вариант из-за чрезмерных перегрузок.

В силу этого группой европейских спортивных кардиологов под руководством Pelliscia A. стала применяться упрощенная классификация, где виды спорта подразделяются только на четыре группы в соответствии с возникающими острыми физиологическими реакциями (изменения ЧСС, АД, сердечного выброса) и долгосрочным влиянием на ремоделирование сердца [2–4, 10]: 1) требующие преимущественно сложно-координационных навыков (англ. skill, 2) требующие силы (англ. power), 3) требующие смешанных качеств (англ. mixt), 4) требующие выносливости (англ. endurance).

Виды спорта, отнесенные к соответствующим группам, собраны нами из соответствующих публикаций, так или иначе использовавших данную классификацию (табл. 1).

Различия между группами заключаются в величине изометрических и изотонических упражнений, необходимых для адаптации ССС. В результате в гр. 1 ремоделирование сердца обычно отсутствует или выражено крайне слабо. В гр. 2 – присутствует увеличение толщины стенки ЛЖ и в меньшей степени увеличение размера ЛЖ. В гр. 3 ремоделирование сердца проявляется дополнительным увеличением как размера полости ЛЖ, так и изменением толщины стенки ЛЖ. В гр. 4 ремоделирование сердца характеризуется значительным увеличением полости ЛЖ и толщины стенки.

Однако степень морфологических изменений сердца оценивалась в основном качественным образом, количественные характеристики приведены только для олимпийских атлетов [3]. Целью настоящей работы было оценить приемлемость данной классификации для профессиональных спортсменов более массового уровня и определить связь формальных морфологических изменений сердца с физиологическими возможностями спортсменов.

Материалы и методы. В настоящей работе использованы данные обследования 2980 спортсменов мужского пола в возрасте от 16 до 45 лет, выступающих за сборные

команды г. Москвы и прошедших углубленное медицинское обследование в межсоревновательном периоде в МНПЦ МРВСМ ДЗ г. Москвы. Критерием отбора было отсутствие какой-либо патологии ССС – структурной или электрической – и соревновательный стаж не менее 3 лет. Во всех группах уровень ЧСС и АД находился в пределах нормальных величин, незначительно различаясь между ними.

Обследованные лица представляли 40 различных СД. В последующем из анализа удалены лица, чей возраст и антропометрические показатели превышали три стандартных отклонения ($M+3SD$) от средних в данном виде спорта (333 чел., 11,2 %) и дальнейший анализ проведен среди 2647 спортсменов. В итоге в группу 1 вошли 583 чел. (22,7 %), в группу 2 – 957 чел (37,2 %), в группу 3 – 432 чел. (13,8 %) и в группу 4 – 675 чел. (26,3 %) (табл. 2).

Все спортсмены прошли клиническое исследование, ЭКГ в 12 отведениях и эхокардиографию (ЭхоКГ) с измерением линейных размеров, объема и массы миокарда ЛЖ с нормализацией показателей по площади поверхности тела (ППТ). Оценку полученных величин, а также типа ремоделирования ЛЖ проводили в соответствии с европейскими рекомендациями [5, 6, 11, 12]. Гипертрофией ЛЖ считали наличие индекса массы миокарда (ИММ) $> 115 \text{ г/м}^2$, концентрической геометрией – относительную толщину стенки ЛЖ (ОТС) $> 0,42$. Предельными значениями КДР и КДО ЛЖ считали популяционные нормы в 60 мм (32 мм/м^2) и 150 мл (75 мл/м^2) соответственно.

Для оценки функциональных возможностей спортсменов использовали кардиопульмональный тест в виде ступенчатой нагрузки на велоэргометре (начальная мощность – 25 Вт, величина ступени – 25 Вт, продолжительность ступени – 2 минуты) до субмаксимальной ЧСС составляющей 75–85 % от максимальной возможной ЧСС, рассчитанной по формуле: $211 - (0,64 \cdot \text{возраст})$ [9]. Анализ аэробных способностей проведен среди 1917 спортсменов, преодолевших ПАНО.

Для статистического анализа результатов использовался пакет компьютерных программ Statistica 8.0. Для демографических показателей и морфологических величин сердца вычислялись 5-е и 95-е центили.

Таблица 1
Table 1

Типы СД, классифицированные в соответствии с гемодинамическими изменениями и ремоделированием сердца, происходящими при длительных тренировках (адаптировано из [2-4, 10]).
SD types classified based on hemodynamic changes and heart remodeling during prolonged training (adapted from [2-4, 10])

Показатели Parameter	Влияние на работу и морфологию сердца Influence on heart performance and morphology				Выносливость Endurance
	Сложно-координационные навыки Complex coordination skills	Сила Power	Смешанные качества Mixed qualities		
Объем тренировок Training volume	-	+	++	++	+++
Частота сердечных сокращений Heart rate	+ / ++	++	++ / +++	++ / +++	+++
Артериальное давление Blood pressure	+	+++	++	++	++
Сердечный выброс Cardiac output	+	++	++ / +++	++ / +++	+++
Ремоделирование сердца Heart remodeling	-	+	++	++	+++
Виды спорта Sports	Гольф Карате Керлинг Конный спорт* Мотогонки*** Настольный теннис Парусный спорт Плавание с аквалангом* Прыжки на лыжах с трамплина* Санный спорт Стрельба из лука Стрельба пулевой Тхеквандо Ушу Прыжки на батуте Фристайл	Альпинизм (скалолазание)* Бобслей* Бокс Борьба/Дзюдо Водные лыжи Гимнастика художественная Горные лыжи* Метание диска/копья Сноуборд* Спринтерские забеги Толкание ядра Тяжелая атлетика Шорт-трек Скейтон Армреслинг Дзю-джитсу Самбо Тяжелый бокс	Американский футбол** Бадминтон Баскетбол Бейсбол Водное поло Волейбол Гандбол** Гимнастика спортивная Крикет Регби** Сквош Теннис Фехтование Футбол Хоккей/Хоккей с шайбой**	Бег на коньках на средние или длинные дистанции Бег на средние или длинные дистанции Биатлон Велоспорт Гребля академическая Гребля на каное Льжжные гонки Пятиборье Плавание на средние или длинные дистанции* Триатлон	

Окончание табл. 1
Table 1 (end)

Показатели Parameter	Влияние на работу и морфологию сердца Influence on heart performance and morphology			
	Сложно-координационные навыки Complex coordination skills	Сила Power	Смешанные качества Mixed qualities	
Виды спорта Sports	Golf Karate Curling Equestrian sports* Motorcycle racing*** Table tennis Sailing Scuba diving* Ski jumping* Luge Archery Shooting sports Taekwando Wushu Trampoline jumping Freestyle	Mountaineering (rock climbing)* Bobsleigh* Boxing Wrestling/Judo Water skiing Rhythmic gymnastics Alpine skiing* Discus/Javelin throwing Snowboarding* Sprint races Shot put Weightlifting Short track Skeleton Arm wrestling Jiu-jitsu Sambo Thai Boxing	American Football** Badminton Basketball Baseball Water polo Volleyball Handball** Artistic gymnastics Cricket Rugby** Squash Tennis Fencing Football Hockey/Ice hockey**	Long- and short-track speed skating Middle- and long- distance running Biathlon Bicycling Rowing Canoeing Cross-country skiing Pentathlon Middle- and long- distance swimming* Triathlon

Примечание. Виды спорта представлены по алфавиту. Величины тренировочных нагрузок, степень типовых изменений гемодинамики и ремоделирования сердца при длительных тренировках указаны для каждой спортивной группы дискретным способом: + слабый, ++ умеренный, +++ сильный эффект.

* Указывает на вид спорта с риском серьезных травм или смерти спортсмена и/или зрителей в случае обморока.

** Обозначает вид спорта с повышенным риском столкновений.

Полужирным шрифтом выделены дисциплины, вошедшие в настоящее исследование. Полужирным + курсивом – дополнительные виды спорта, не присутствующие в оригинальной классификации.

Note. Training volume, typical hemodynamic changes, and heart remodeling during prolonged exercise are displayed in a discrete manner for each group: + weak, ++ moderate, +++ strong effect.

* Indicates a sport in which fainting poses a serious risk of serious injury or death to athletes and/or spectators.

** Indicates a sport with a high collision risk.

The disciplines included in this research are semi-bold. Additional sports, which are not presented in the original classification, are semi-bold + italic.

Таблица 2
Table 2

Демографические и эхокардиографические показатели 2647 спортсменов-мужчин (M ± SD)
Demographic and echocardiographic results of 2647 male athletes (M ± SD)

Показатели Parameter	Виды спорта / Kinds of sports							
	Сложно- координационные навыки Complex coordination skills	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие силу Power training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Смешанные качества Mixed qualities	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие выносливость Endurance training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles
Количество спортсменов, n (%) Number of athletes, n (%)	583	–	957	–	432	–	675	–
Возраст, годы / Age, years	20,1 ± 5,3	16–33	20,4 ± 3,9	19–29	20,0 ± 3,8	16–29	18,9 ± 3,2 *†‡	16–26
ППТ, м ² / BSA, m ²	1,86 ± 0,15	1,63–2,15	1,94 ± 0,21 *	1,92–2,31	1,99 ± 0,17 *†	1,73–2,33	1,94 ± 0,14 *†	1,71–2,2
ИМТ (индекс массы тела) BMI	22,2 ± 2,7	18,3–27,1	27,2 ± 7,8 *	23,9–31,8	23,4 ± 2,7 *†	19,7–29,0	22,3 ± 2,0 †	19,4–26,0
Показатели ЭХОКГ / Echocardiography results								
ТЗС ЛЖ, мм / LVPWT, mm	8,5 ± 1,1	7,0–10,0	9,3 ± 1,4 *	9,0–11,8	8,9 ± 1,0 *†	7,0–10,0	9,2 ± 1,0 *†	8,0–11,0
ТЗС ЛЖ/ППТ, мм/м ² LVPWT/BSA, mm/m ²	4,5 ± 0,8	3,5–5,6	4,8 ± 0,8	4,7–6,2	4,5 ± 0,5	3,6–5,43	4,6 ± 0,9	3,7–5,6
КДРЛЖ, мм / LVEDD, mm (N до 60)	48,3 ± 7,2	31–57	52,8 ± 4,5 *	53–60	53,4 ± 3,8 *†	47,0–60,0	53,9 ± 5,5 *†	45,0–63,4 ▲
КДР ЛЖ / ППТ, мм/м ² LVEDD/BSA mm/m ²	26,1 ± 4,0	16,8–30,5	27,4 ± 2,4 *	27,3–31,2	27,0 ± 2,2 *	23,5–30,8	27,7 ± 2,1 *†‡	24,4–31,2
КДО, мл / EDV, ml (N до 150)	119,8 ± 20,9	87,7–160 ▲	135,1 ± 24,2 *	135,3–180 ▲	138,8 ± 23,1 *†	102,4–180,0 ▲	140,1 ± 21,7 *†	106,8–178,2 ▲
КДО / ППТ, мл/м ² EDV/BSA, ml/m ² (N до 75)	64,3 ± 9,5	48,6–81,4 ▲	69,7 ± 10,1 *	69,5–87,0 ▲	70,0 ± 9,2 *	53,2–87,8 ▲	72,1 ± 10,0 *†‡	56,7–89,5 ▲
ЛП, мм LA, mm (N до 40)	31,3 ± 3,4	26,0–37,0	33,1 ± 3,7 *	33–40,0	33,2 ± 3,4 *	28,0–39,0	33,4 ± 3,4 *	28–39,0
ЛП/ППТ, мм/м ² LA/BSA, mm/m ² (N до 23)	16,9 ± 1,8	13,8–20,0	17,2 ± 1,9 *	17,1–20,5	16,8 ± 1,6 †	14,1–19,4	17,2 ± 1,8 *†	14,2–20,1

Окончание табл. 2
Table 2 (end)

Показатели Parameter	Виды спорта / Kinds of sports									
	Сложно- координационные навыки Complex coordination skills	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие силу Power training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Смешанные качества Mixed qualities	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles	Тренирующие выносливость Endurance training	5-е и 95-е центили 5th and 95th percentiles		
ММ, г / MM, g	152,8 ± 30,9	109–207,0	177,0 ± 36,9 *	174,6–247,1	181,9 ± 34,9 *†	131,3–248,7	190,6 ± 34,3 *†‡	137–249		
ИММ, г/м ² / MMI, g/m ²	81,7 ± 12,7	62,7–106,3	91,0 ± 14,3 *	90,7,0–116,0	91,6 ± 13,5 *	68,6–115,9	97,4 ± 15,3 *†‡	74,9–124,0▲		
УО, мл / SV, ml	77,9 ± 15,2	55,5–104,6	85,1 ± 16,9 *	84,4–114,0	88,7,0 ± 16,8 *†	62,9–118,0	89,5 ± 16,4 *†	63,8–118,1		
УИ, мл/м ² / SI, ml/m ²	41,7 ± 7,5	30,0–54,2	43,9 ± 7,7 *	43,5–56,6	44,7 ± 7,6 *	32,4–57,8	46,1 ± 7,9 *†‡	33,7–59,2		
ФВ, % / EF, %	64,8 ± 6,1	54,2–74,0	63,2 ± 6,3	63,4–73,6	63,4 ± 6,2	53,0–73,2	63,5 ± 5,8	53,6–72,2		
Процент измененных показателей / Percentage of indicators changed										
Колич. ТЭС > 11 мм, n (%) Number LVPWT > 11mm, n (%)	1 (0,2%)	–	44 (4,5%)	–	1 (0,3%)	–	7 (0,9%)	–		
Колич. КДР/ППТ > 32 мм/м ² , n (%) Number EDD/BSA > 32 mm/m ² , n (%)	4 (0,7%)	–	11 (1,1%)	–	3 (0,7%)	–	7 (1,0%)	–		
Колич. КДО/ППТ > 75 мм/м ² , n (%) Number EDV/BSA > 75 ml/m ² , n (%)	73 (12,5%)	–	240 (25,1%) *	–	114(26,4%) *	–	218 (32,3%) *†‡	–		
Колич. ИММ > 115 г/м ² , n (%) Number MMI > 115, g/m ² , n (%)	6 (1,0%)	–	48 (5,0%) *	–	20 (4,6%) *	–	72 (10,7%) *†‡	–		
Итого Total	84 (14,4%)	–	343 (35,8%) *	–	138(31,9%)*	–	304 (45,0%) *†‡	–		

Примечания. ППТ – площадь поверхности тела; ИМТ – индекс массы тела; КДР ЛЖ – конечно-диастолический размер левого желудочка; КДО – конечно-диастолический объем; УИ – ударный индекс; ТЭСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; ЛП – левое предсердие; ММ – масса миокарда; ИММ – индекс массы миокарда; N – верхние популяционные нормативы. *p < 0,01 по сравнению с гр. 1, †p < 0,01 по сравнению с гр. 2, ‡p < 0,01 по сравнению с гр. 3. ▲ Превышены величины, соответствующие нормальной популяции.

Note. BSA – body surface area; BMI – body mass index; LVEDD – left ventricular end diastolic dimension; EDV – end diastolic volume; SI – stroke index; LVPWT – left ventricular posterior wall thickness; LA – left atrium; MM – myocardial mass; MMI – myocardial mass index; N – population norms. *p < 0,01 compared to group 1, †p < 0,01 compared to group 2, ‡p < 0,01 compared to group 3. ▲ reference values are exceeded.

Результаты. Морфологические показатели левых отделов сердца. Показатели 2647 спортсменов представлены в табл. 2. Спортсмены 4-й гр. были достоверно моложе, чем в других группах. Однако это не влияло на размеры сердца; коэффициент корреляции линейных, объемных и весовых характеристик ЛЖ с возрастом в разных группах колебался в пределах 0,11–0,18 ($p < 0,05$), в то время как для ППТ и ИМТ-корреляции были значительно сильнее ($r = 0,34...0,69$, $p < 0,05$ и $r = 0,22...0,39$, $p < 0,05$ соответственно). ИМТ был достоверно выше в группах № 2 и № 3, имевших более выраженные компоненты силовых тренировок. Для исключения влияния габаритов спортсменов на размеры сердца в качестве его ключевых показателей оценивались преимущественно индексированные величины (КДР/ППТ, КДО/ППТ и ИММ), а из абсолютных – ТЗС ЛЖ.

Группа № 1. Для данной группы было характерно соответствие средних абсолютных и индексированных линейных или объемных параметров ЛЖ и ЛП референсным значениям в обычной популяции. Однако имелось 14,4 % спортсменов с увеличенными ТЗС, КДР/ППТ, КДО/ППТ или ИММ.

Группа № 2. Данная группа в сравнении с гр. № 1 характеризовалась большими габаритами спортсменов ($p < 0,05$), что могло бы оправдать возрастание средних размеров сердца. Однако увеличение некоторых из них не только по абсолютной, но и по индексированной величине (ТЗС, КДО/ППТ, ИММ) свидетельствовало о дополнительном влиянии тренировочных нагрузок. Размеры сердца выходили за референсные значения по ключевым показателям в 35,8 % случаев ($p < 0,05$ по сравнению с гр. № 1), наиболее заметно – по толщине стенки ЛЖ.

Группа № 3. В сравнении с гр. № 2 группа № 3 характеризовалась дальнейшим увеличением габаритов спортсменов со снижением ИМТ. Это сопровождалось достоверным ростом средних величин КДР, КДО и ИММ. Однако при их индексации по ППТ различия исчезали. ТЗС оказалась ниже, чем в гр. № 2. Суммарное количество спортсменов, у которых имелись превышения референсных значений ключевых показателей, не возрастало (31,9 %, $p > 0,05$).

Группа № 4. По росто-весовым характеристикам данная группа соответствовала группе № 2 и при этом отличалась от гр. № 3

достоверным увеличением индексированных размеров, объема и массы ЛЖ, а также количеством эксцентрических гипертрофий (10,7 %). Учитывая, что тренировки в данной группе были направлены на совершенствование выносливости, можно констатировать существенное влияние именно их на гипертрофию миокарда. Суммарное количество спортсменов, у которых имелись превышения референсных значений ключевых показателей (45,0 %), достоверно превосходило все другие группы ($p < 0,01$).

Доля спортсменов с ОТС, превышавшей 0,42 (3,4 %), и количество концентрических гипертрофий (0,15 %) были крайне незначительными, что не позволяло учитывать их в статистическом анализе.

Таким образом, различия между группами по абсолютным и индексированным показателям колебались с различной степенью достоверности. При этом все средние величины находились в границах популяционных норм, мало отражая предельные границы сердца для разных групп. Более целесообразным оказалось представление этих величин как центильных градаций. При таком подходе выявлено, что КДО и КДО/ППТ выходят за референсные значения во всех группах, а ИММ ЛЖ – в четвертой группе. С учетом этого проведен более детальный анализ групп, который показал, что внутри них часть спортсменов имела сверхнормативные размеры сердца. В итоге имелся отчетливый тренд прогрессирования частоты эксцентрической гипертрофии ЛЖ от первой к четвертой группе (рис. 1, 2).

Приведенные данные согласуются с общими тенденциями, отмечаемыми другими авторами среди элитных спортсменов. Однако по отдельным показателям существуют заметные различия между опубликованными показателями спортсменов международных универсиад [1] и олимпиад [3], а также с нашими результатами (рис. 3).

Закключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что помимо возраста, пола и спортивного стажа спортсменов наибольшее влияние на морфологию сердечной мышцы оказывают тренировки на выносливость, приводящие к дилатации левого желудочка.

К сожалению, большинство показателей в анализируемых группах не было представлено в индексированном виде, что затрудняет полноценное сравнение. Однако очевидно,

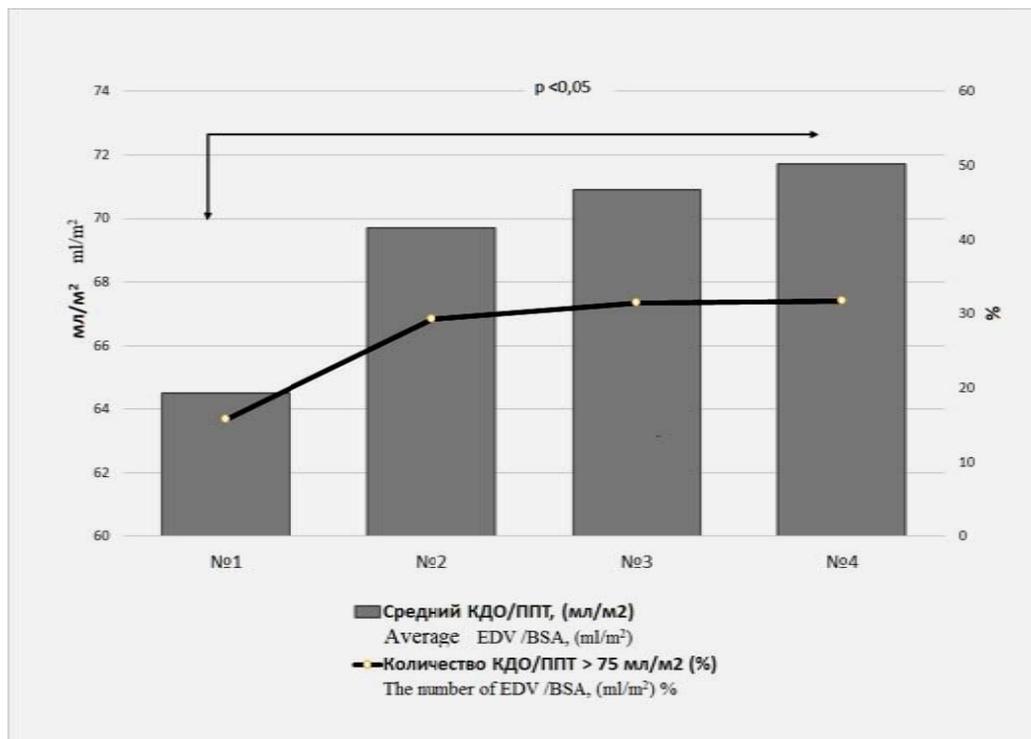


Рис. 1. Величина КДО ЛЖ/ППТ и частота сверхнормативного КДО/ППТ по группам. Показатели группы №1 наиболее достоверно отличаются от других групп. Различия между остальными группами минимальные
Fig. 1. LVEDV/BSA and the frequency of excess EDV/BSA by groups. The results of group №1 differ most significantly from other groups. The differences between the other groups are minimal

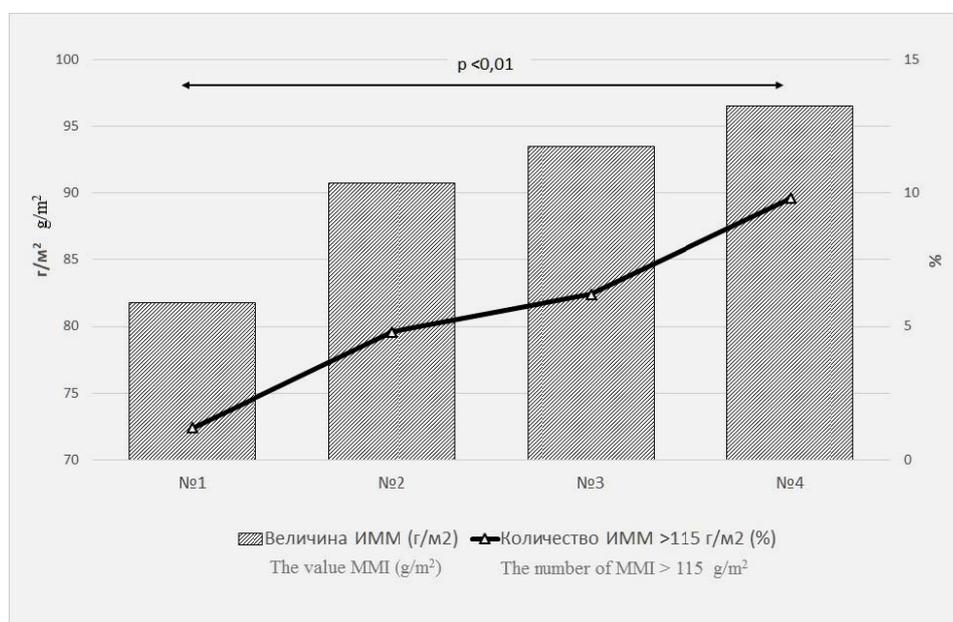


Рис. 2. Величина ИММ, а также частота эксцентрической гипертрофии ЛЖ по группам
Fig. 2. The myocardial mass index and the frequency of eccentric left ventricular hypertrophy by groups

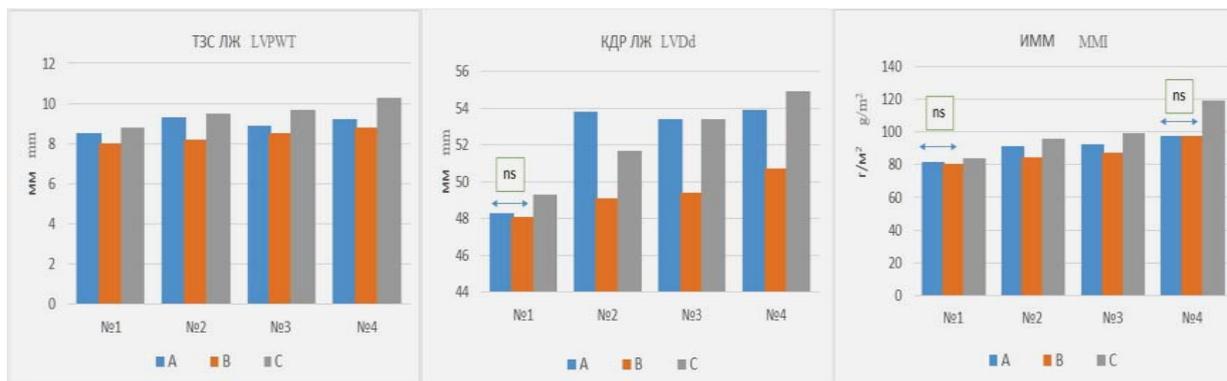


Рис. 3. Колебания ТЭС ЛЖ, КДР ЛЖ и ИММ в различных группах спортсменов по разным авторам. А – настоящее исследование, В – участники универсиады [1], С – участники Олимпийских игр [3]. Указаны группы, внутри которых отсутствует статистически достоверная разница (ns)
Fig.3. Fluctuations in LVPWT, LVEDD and MMI in different groups of athletes according to different authors. А – present study, В – participants of the Universiade [1], С – participants of the Olympic Games [3]. Groups with no statistically significant differences are indicated

что однозначно определить универсальные рубежи размеров сердца, соответствующих определенным видам спорта, не представляется возможным. Функциональные характе-

ристики исследованных групп спортсменов и связь видов спорта с процессами ремоделирования сердца будут представлены в следующей части статьи.

Список литературы / References

1. Adea J.B., Leonor R.M.L., Lu C.H. et al. Sport Disciplines and Cardiac Remodeling in Elite University Athletes Competing in 2017 Taipei Summer Universiade. *Medicine (Baltimore)*, 2020, vol. 99, no. 45, e23144. DOI: 10.1097/MD.00000000000023144
2. Budts W., Pielek G.E., Roos-Hesselink J.W. et al. Recommendations for Participation in Competitive Sport in Adolescent and Adult Athletes with Congenital Heart Disease (CHD): Position Statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC) [published online ahead of print, 2020 Aug 26]. *European Journal of Cardiology*, 2020, ehaa501. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa501
3. Caselli S., Di Paolo F.M., Picichio C. et al. Patterns of Left Ventricular Diastolic Function in Olympic Athletes. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2015, vol. 28, no. 2, pp. 236–244. DOI: 10.1016/j.echo.2014.09.013
4. Caselli S., Vaquer Segui A., Quattrini F. et al. Upper Normal Values of Blood Pressure Response to Exercise in Olympic Athletes. *American Journal of Cardiology*, 2016, no. 177, pp. 120–128. DOI: 10.1016/j.ahj.2016.04.020
5. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: an Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Journal of Cardiology. Cardiovascular Imaging*, 2015, vol. 16, no. 3, pp. 233–270. DOI: 10.1093/ehjci/jev014
6. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B. et al. Recommendations for Chamber Quantification. *European Journal Echocardiogram*, 2006, vol. 7, no. 2, pp. 79–108. DOI: 10.1016/j.euje.2005.12.014
7. Levine B.D., Baggish A.L., Kovacs R.J. et al. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 1: Classification of Sports: Dynamic, Static, and Impact: a Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 2015, vol. 66, pp. 2350–2355. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.09.033
8. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports. *Journal of the American College of Cardiology*, 2005, vol. 45, no. 8, pp. 1364–1367.

9. Nes B.M., Janszky I., Wisloff U. et al. Age-Predicted Maximal Heart Rate in Healthy Subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2013, vol. 23, no. 6, pp. 697–704. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x

10. Pelliccia A., Caselli S., Sharma S. et al. Internal Reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) Joint Position Statement: Recommendations for the Indication and Interpretation of Cardiovascular Imaging in the Evaluation of the Athlete's Heart. *European Journal of Cardiology*, 2018, vol. 39, no. 21, pp. 1949–1969. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx53

11. Sharma S., Drezner J.A., Baggish A. et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *European Journal of Cardiology*, 2018, vol. 39, no. 16, pp. 1466–1480. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw631

12. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension. *European Heart Journal*, 2018, vol. 39, no. 33, pp. 3021–3104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339

Информация об авторах

Шарыкин Александр Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной педиатрии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-кардиолог, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы; ведущий научный сотрудник, Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия.

Бадтиева Виктория Асланбековна, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, заведующий филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.

Павлов Владимир Иванович, доктор медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия.

Иванова Юлия Михайловна, кандидат медицинских наук, врач отделения функциональной диагностики и спортивной медицины, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия.

Усманов Дамир Мунирович, аспирант, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы; врач по спортивной медицине, Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия.

Information about the authors

Alexander S. Sharykin, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; cardiologist, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Leading Researcher, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

Victoria A. Badtieva, Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Branch No. 1, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

Vladimir I. Pavlov, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Functional Diagnostics, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.

Yulia M. Ivanova, Candidate of Medical Sciences, Physician, Department of Functional Diagnostics and Sports Medicine, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.

Damir M. Usmanov, postgraduate student, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department; Physician (sports medicine), Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 26.08.2022

The article was submitted 26.08.2022