

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ВЫСОКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В СВЕТЕ УПРОЩЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СПОРТА. Часть 2

**А.С. Шарькин**<sup>1,2</sup>, [sharykin1947@mail.ru](mailto:sharykin1947@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>  
**В.А. Бадтиева**<sup>1,3</sup>, [vbadtieva@gmail.com](mailto:vbadtieva@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>  
**В.И. Павлов**<sup>1</sup>, [mnpdsm@mail.ru](mailto:mnpdsm@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>  
**Ю.М. Иванова**<sup>1</sup>, [ivanovaum@mail.ru](mailto:ivanovaum@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>  
**Д.М. Усманов**<sup>1,2</sup>, [damirmed@mail.ru](mailto:damirmed@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

<sup>1</sup> Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

<sup>3</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

**Аннотация.** Цель. Определить связь морфологических изменений сердца с физиологическими возможностями спортсменов в разных группах СД. **Материалы и методы.** Всего обследованы 2647 спортсменов национального уровня. У 1917 из них эхокардиографические данные сопоставлены с результатами кардиопульмонального теста. **Результаты.** Основным трендом было увеличение частоты и величины эксцентрической гипертрофии ЛЖ, а также  $VO_2$  Peak,  $VO_2$  ПАНО и мощности работы от первой к четвертой группе. В разных группах количество лиц с признаками ремоделирования ЛЖ различалось от 14,4 до 45 %. Наибольшую корреляцию с функциональными показателями спортсменов ( $0,43$ ,  $p = 0,000$ ) демонстрировали не линейные, а объемные характеристики ЛЖ, индексированные по ППТ. **Заключение.** Классификация А. Pelliccia 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 А. Pelliccia, ремоделирование сердца, гипертрофия миокарда левого желудочка, пиковое потребление кислорода

**Для цитирования:** Морфофункциональные основы высоких функциональных возможностей спортсменов в свете упрощенной зарубежной классификации спорта. Часть 2 / А.С. Шарькин, В.А. Бадтиева, В.И. Павлов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 31–39. DOI: 10.14529/hsm230404

## MORPHOFUNCTIONAL BASIS OF HIGH FUNCTIONAL CAPABILITIES OF ATHLETES IN THE LIGHT OF A SIMPLIFIED FOREIGN CLASSIFICATION OF SPORTS. Part 2

**A.S. Sharykin**<sup>1,2</sup>, sharykin1947@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5378-7316>

**V.A. Badtieva**<sup>1,3</sup>, vbadtieva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4291-679X>

**V.I. Pavlov**<sup>1</sup>, mnpcsm@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5131-7401>

**Yu.M. Ivanova**<sup>1</sup>, ivanovaum@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4616-8322>

**D.M. Usmanov**<sup>1,2</sup>, damirmed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1129-8271>

<sup>1</sup> Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>3</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

**Abstract. Aim.** To identify morphological changes of the heart and physiological capabilities of athletes in different sports. **Materials and methods.** The sample involved 2647 national-level athletes. In 1917 of them, echocardiographic data were compared with the results of a cardiopulmonary test. **Results.** The main trend was increased frequency and magnitude of eccentric LV hypertrophy, as well as increased VO<sub>2</sub> peak, VO<sub>2</sub> anaerobic threshold, and performance capacity values from the first to the fourth group. The proportion of people with signs of left ventricular remodeling varied between groups, ranging from 14.4 to 45%. 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. **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, VO<sub>2</sub> 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 2. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):31–39. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230404

**Введение.** В первой части статьи («Человек. Спорт. Медицина», 2022, Т. 22, № 4) были проанализированы изменения морфологических показателей сердца спортсменов в зависимости от видов спорта, классифицированных по А. Pelliccia: (1) требующие преимущественно сложно-координационных навыков (англ. skill), (2) требующие силы (англ. power), (3) требующие смешанных качеств (англ. mixt), (4) требующие выносливости (англ. Endurance). В настоящем разделе анализируются характеристики сердца, обеспечивающие оптимальное функциональное состояние спортсменов.

Важнейшими детерминантами гипертрофии левого желудочка (ЛЖ) спортсменов считаются виды спортивных дисциплин (СД). Среди их классификаций используется клас-

сификация, предложенная учеными под руководством А. Pelliccia, основанная на величине статических или гемодинамических нагрузок. Однако ремоделирование, различия в морфологии сердца между выделенными группами и их связь с функциональными возможностями оцениваются недостаточно и только у олимпийских спортсменов.

**Функциональные характеристики групп и связь с ремоделированием сердца.** В наших наблюдениях фракция выброса ЛЖ от группы к группе существенно не менялась и ее 5-й центиль не опускался ниже 53 %. В то же время различия по ударному индексу (УИ) покоя несколько возрастали к 4-й группе (в пределах 1,5–4,4 мл/м<sup>2</sup>).

Полноценные результаты кардиопульмонального тестирования, полученные у 1917

спортсменов, показали ожидаемую корреляцию средней силы между абсолютной величиной потребления кислорода, КДР ЛЖ, КДО ЛЖ и массой миокарда спортсменов ( $r = 0,42-0,45$ ,  $p < 0,05$ ). Группа № 4 превосходила все остальные по абсолютным и индексированным показателям аэробных возможностей (табл. 1). Особый потенциал этой группы дополнительно подтверждался наиболее высоким потреблением кислорода на уровне ПАНО. Разница между группами № 2 и № 3 по  $VO_2$  Peak и  $VO_2$  ПАНО была незначительной.

Наличие высокой корреляции между  $VO_2$  Peak и W Peak ( $r$  средняя для всех групп =  $0,74$ ,  $p < 0,05$ ) свидетельствовало, что выполнение работы обеспечивалось в основном аэробным путем.

Очевидно, что увеличение габаритов спортсменов должно было сопровождаться ростом потребления  $O_2$ . Однако при этом абсолютные размеры КДР ЛЖ, ЛП и ИММ крайне слабо отражали функциональные возможности обследованных и определенные корреляции появлялись только при рассмотрении показателей, индексированных по ППТ. Наиболее важными из них оказались объемные показатели ЛЖ: корреляция между потреблением кислорода и КДО/ППТ заметно превышала

таковую корреляцию с КДР/ППТ ( $p = 0,0000$ ), что было особенно заметно на уровне ПАНО (см. рисунок).

Функциональные характеристики отдельных групп имели следующие особенности.

Группа № 1. Характеризовалась относительно низкими значениями  $VO_2$  Peak, в том числе наименьшим  $VO_2$  на уровне ПАНО ( $30,8 \pm 5,9$  мл/мин/кг). УО и УИ являлись наиболее низкими ( $77,5 \pm 15,4$  мл и  $41,7 \pm 7,5$  мл/м<sup>2</sup>).

Группа № 2. Характеризовалась достоверным увеличением по сравнению с гр. № 1 как  $VO_2$  Peak, так и  $VO_2$  на уровне ПАНО, а также уровнями УО и УИ в покое ( $p < 0,05$ ). Однако мощность работы не различалась.

Группа № 3. Изменения  $VO_2$  Peak,  $VO_2$  ПАНО и ударного выброса покоя по сравнению с предыдущей группой были незначительными, однако мощность выполненной работы достоверно возросла ( $p < 0,05$ ). УО повысился, но изменения УИ были несущественными.

Группа № 4. Характеризовалась существенным ростом  $VO_2$  Peak,  $VO_2$  ПАНО и мощностью работы по сравнению со всеми остальными группами (для всех  $p < 0,05$ ). УИ покоя существенно превышал соответствующие величины во всех группах ( $p < 0,05$ ).

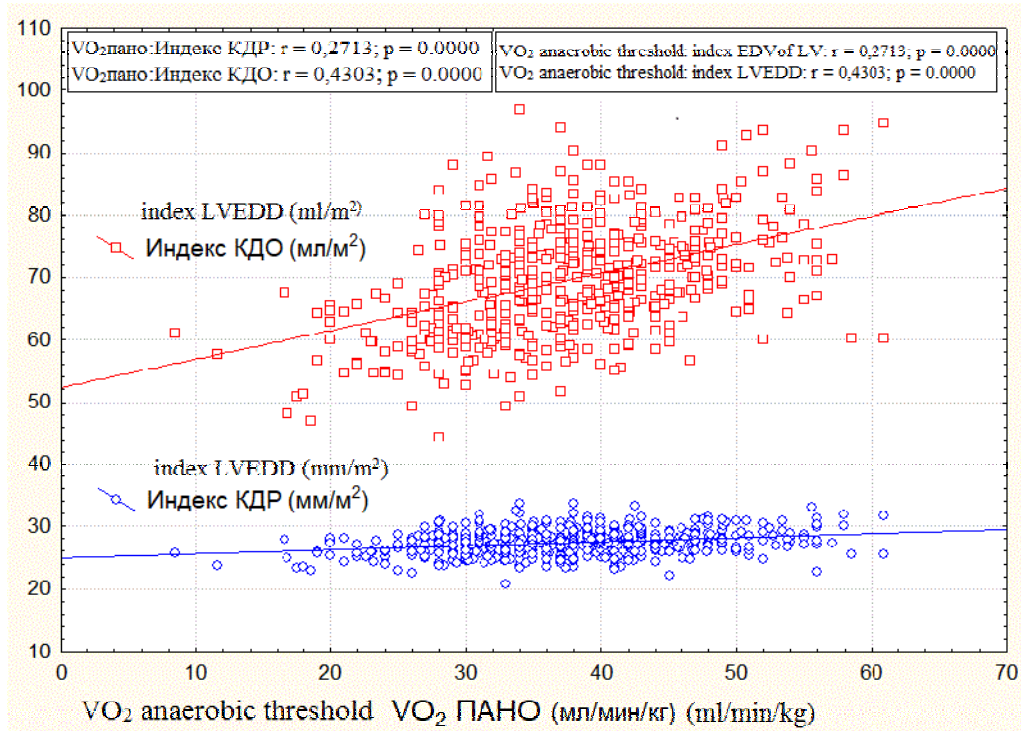
Таблица 1  
Table 1

Показатели кардиопульмонального тестирования мужчин в различных группах ( $M \pm SD$ ) (всего 1917)  
Cardiopulmonary measurements in men in various groups ( $M \pm SD$ ) (n = 1917)

| Показатель<br>Parameter                            | Виды спорта<br>Sport                                  |                                       |                              |  |
|--|---|---------------------------------------|------------------------------|--|
|  | Сложно-координационные<br>Complex coordination skills | Тренирующие силу<br>Strength training | Смешанные<br>Mixed qualities | Тренирующие выносливость<br>Endurance training |
| Количество спортсменов, n<br>Number of athletes, n | 442   | 675                                   | 274                          | 526  |
| ЧСС макс, уд./мин<br>HR max, bpm                   | $166,1 \pm 13,2$                                      | $162,3 \pm 12,7$                      | $162,0 \pm 13,6$             | $164,7 \pm 13,9$                               |
| $VO_2$ Peak, мл/мин/кг,<br>ml/min/kg               | $37,3 \pm 6,9$  | $38,2 \pm 7,4^*$                      | $38,5 \pm 7,0^*$             | $44,8 \pm 8,6^{*\ddagger}$                     |
| $VO_2$ ПАНО, мл/мин/кг<br>$VO_2$ AT, ml/min/kg     | $30,8 \pm 5,9$  | $32,0 \pm 6,9^*$                      | $32,2 \pm 6,2^*$             | $37,5 \pm 8,4^{*\ddagger}$                     |
| W Peak, Вт/кг, W/kg                                | $3,15 \pm 0,51$                                       | $3,11 \pm 0,59$                       | $3,23 \pm 0,57^{*\dagger}$   | $3,67 \pm 0,69^{*\ddagger}$                    |

Примечания. ЧСС – частота сердечных сокращений;  $VO_2$  Peak – пиковое потребление кислорода;  $VO_2$  ПАНО – потребление кислорода на уровне анаэробного порога; W Peak – пиковая мощность нагрузки; \* $p < 0,01$  по сравнению с гр. 1, † $p < 0,01$  по сравнению с гр. 2, ‡ $p < 0,01$  по сравнению с гр. 3.

Note. HR – heart rate;  $VO_2$  Peak – peak oxygen consumption;  $VO_2$  AT – oxygen consumption at anaerobic threshold; W Peak – peak load power; \* $p < 0,01$  compared to group 1, † $p < 0,01$  compared to group 2, ‡ $p < 0,01$  compared to group 3.



Корреляции индексированных КДР и КДО ЛЖ с  $VO_2$  ПАНО.  
Разница между  $r$  КДР/ППТ и  $r$  КДО/ППТ достоверна ( $p = 0,0000$ )  
Correlations of indexed LVEDD and LVEDV with  $VO_2$  AT.  
The difference between  $r$  LVEDD/BSA and  $r$  LVEDV/BSA is significant ( $p = 0.0000$ )

Исходя из факта, что наиболее функционально подготовленные лица составляли группу, тренирующую выносливость (гр. № 4), именно среди этих спортсменов был проведен дополнительный корреляционный анализ эхокардиографических и аэробных показателей. Нами изучены результаты в подгруппах с пиковым потреблением кислорода ниже и выше среднего уровня, равного  $VO_2$  Peak 50 мл/мин/кг (подгруппы А и В), а также по достигнутой мощности работы ( $W$  Peak  $\leq 3$  Вт vs.  $\geq 3,5$  Вт, подгруппы С и D) (табл. 2).

Спортсмены подгрупп А и С (с более низкими  $VO_2$  peak и  $W$  peak) имели несколько больший возраст и ППТ по сравнению с подгруппами В и D соответственно, у них был достоверно больший КДР ЛЖ. Однако остальные параметры по абсолютной величине существенно не отличались. В то же время индексированные показатели (КДР/ППТ, КДО/ППТ, ЛП/ППТ, УИ) достоверно преобладали в группах с высоким пиковым потреблением  $O_2$  ( $p < 0,05$ ). Любопытно, что средние величины указанных параметров тем не менее находились в пределах популяционных норм. Сходная картина выявлена при

сравнении групп с различной мощностью выполненной работы.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что более высокие аэробные и мощностные показатели тестов обеспечивались большими «удельными» емкостями и выбросом ЛЖ. В отличие от этого индекс массы миокарда не оказывал существенного влияния на аэробные показатели ни по абсолютной, ни по индексированной величине. Коэффициент корреляции ( $r$ ) для ИММ с одной стороны, и  $VO_2$  Peak и  $W$  Peak, с другой, равнялся лишь 0,10 и 0,09 ( $p > 0,05$ ) соответственно. Указанные тренды сохранялись также во всех исследуемых классификационных группах, несколько варьируя по измеренным величинам.

**Обсуждение.** Длительные наблюдения за спортсменами показывают, что рост их профессионального уровня сопряжен с прогрессирующим ремоделированием сердца. Высокоинтенсивные статические упражнения повышают нагрузку на сердце из-за увеличения артериального давления и сократительного состояния ЛЖ и приводят к его гипертрофии. А высокоинтенсивные динамические упражнения требуют увеличения ударного объема

Таблица 2  
Table 2  
Демографические и эхокардиографические показатели спортсменов с различным уровнем функциональных показателей в группе № 4  
Demographic and echocardiographic measurements of athletes with different functional results in group 4

| Группы сравнения<br>Comparison groups | Показатели<br>Parameter   | Возраст,<br>лет<br>Age, years | ПШТ, м <sup>2</sup><br>BSA, m <sup>2</sup> | КДР, мм<br>LVEDD,<br>mm | КДР/ПШТ,<br>мм/м <sup>2</sup><br>LVEDD/BSA,<br>mm/m <sup>2</sup> | КДО, мл<br>LVEDV, ml | КДО/ПШТ,<br>мл/м <sup>2</sup><br>LVEDV/BSA,<br>ml/m <sup>2</sup> | ММ, г<br>MM, g  | ИММ,<br>г/м <sup>2</sup><br>IMI,<br>g/m <sup>2</sup> | ЛП, мм<br>LA, mm | ЛП/ПШТ,<br>мм/м <sup>2</sup><br>LA/BSA,<br>mm/m <sup>2</sup> | УО покоя,<br>мл<br>SV at rest,<br>ml | УИ покоя,<br>мл/м <sup>2</sup><br>SI at rest,<br>ml/m <sup>2</sup> |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------|--|----------------------|--|-----------------|--|------------------|--|--------------------------------------|--|
| <b>A</b><br>n = 396                   | VO <sub>2</sub> peak ≤50,<br>мл/мин/кг<br>ml/min/kg<br>(ср./mean<br>43,7 ± 7,7) | 18,7 ±<br>3,0 *               | 1,94 ±<br>0,14 *                           | 52,9 ±<br>5,3 *         | 27,4 ±<br>2,0  | 134,4 ±<br>19,3      | 69,5 ±<br>8,9  | 187,9 ±<br>33,1 | 96,5 ±<br>14,6                                       | 33,2 ±<br>3,4    | 17,2 ±<br>1,8  | 88,2 ±<br>16,1                       | 45,6 ±<br>7,8  |
| <b>B</b><br>n = 130                   | VO <sub>2</sub> peak >50,<br>мл/мин/кг<br>ml/min/kg<br>(ср./mean<br>56,4 ± 4,5) | 17,8 ±<br>2,6                 | 1,86 ±<br>0,13                             | 51,8 ±<br>5,1           | 27,8 ±<br>1,9 *  | 136,3 ±<br>18,3      | 73,1 ±<br>8,1 *  | 182,5 ±<br>30,0 | 98,2 ±<br>14,1                                       | 33,1 ±<br>3,2    | 17,8 ±<br>1,7 *  | 87,9 ±<br>16,2                       | 47,2 ±<br>8,0 *  |
| <b>C</b><br>n = 80                    | W peak <3,0,<br>Вт/кг<br>W/kg<br>(ср./mean<br>2,55 ± 0,31)                      | 19,1 ±<br>3,1                 | 2,04 ±<br>0,14 *                           | 56,3 ±<br>5,0 *         | 27,6 ±<br>2,1  | 144,6 ±<br>21,0      | 70,0 ±<br>10,7   | 190,2 ±<br>42,2 | 94,7 ±<br>17,0                                       | 33,8 ±<br>3,8    | 16,6 ±<br>2,0  | 91,4 ±<br>16,0                       | 44,8 ±<br>7,3  |
| <b>D</b><br>n = 318                   | W peak >3,5,<br>Вт/кг<br>W/kg<br>(ср./mean<br>4,19 ± 0,49)                      | 18,6 ±<br>3,1                 | 1,90 ±<br>0,15                             | 53,0 ±<br>5,6           | 27,9 ±<br>2,2  | 138,5 ±<br>21,9      | 72,8 ±<br>10,1 *   | 192,2 ±<br>35,5 | 98,3 ±<br>14,8                                       | 33,3 ±<br>3,3    | 17,6 ±<br>1,7 *  | 89,4 ±<br>16,9                       | 47,0 ±<br>8,3 *  |

Примечания. \* Величины, достоверно большие при парном сравнении групп. Остальные сокращения – как в табл. 1.  
Note. \* Significant values in the pair group comparison. The rest as in table 1.

и приводят к дилатации ЛЖ. При этом основной детерминантой сердечного выброса является потребление кислорода организмом: на каждый 1 л/мин увеличения потребления кислорода существует обязательное увеличение сердечного выброса на 5–6 л/мин. [4].

Формирующиеся дилатация и гипертрофия сердца у спортсменов требуют дифференциальной диагностики с различными врожденными заболеваниями, прежде всего с кардиомиопатиями – гипертрофической (ГКМП), дилатационной (ДКМП), аритмогенной (АКМП), некомпактным ЛЖ. Подобные заболевания сопровождаются повышенным риском внезапной сердечной смерти в соревновательных дисциплинах [3, 6]. Все они имеют свои особенности при визуализации сердца: изменение его размеров, структуры и функции. Для точной диагностики дополнительно можно использовать трехмерную (3D) ЭХО-КГ, отслеживание спеклов, МРТ, КТ с контрастированием и т. п. Однако необходима более простая скрининговая методика, на основании которой спортсмена направляют на более технологичную диагностику. Для этих целей возможно использовать нормализованные показатели, полученные при стандартной двухмерной ЭХО-КГ. Основу для определения границ сердца, еще являющихся следствием физиологической адаптации к нагрузкам, обеспечивают различные классификации спорта. Однако их создание затрудняется тем, что рост массы и объема ЛЖ при физических упражнениях определяется разнообразием природных качеств человека, генетическими особенностями и свойствами, приобретенными при длительных занятиях, а не только самими нагрузками. Это проявляется, например, при сравнении групп спортсменов, выступающих на национальном, международном студенческом или олимпийском уровне.

Сложности регламентации размеров сердца у спортсменов связаны также с их изменчивостью с течением времени или количеством включаемых в исследование лиц. К примеру, КДР ЛЖ у атлетов олимпийского уровня, обследованных одними и теми же группами авторов, колебались в разных сообщениях от  $54,6 \pm 4,4$  до  $52,9 \pm 4,6$  мм ( $p = 0,0000$ ), а ТЗС ЛЖ – от  $10,2 \pm 1,3$  до  $9,7 \pm 1,2$  мм ( $p = 0,0000$ ) [1, 2]. Известны также случаи экстремального увеличения сердца без нарушения его функции [5, 7]. Таким образом, нет четко доказанных максимально допустимых

границ сердца по объемным или весовым характеристикам. В связи с этим для формальной оценки их нередко сравнивают с популяционными нормами.

Поскольку статические и динамические нагрузки в спорте встречаются в самых разнообразных и мало предсказуемых сочетаниях, рубрикации, основанные только на интенсивности спортивной деятельности, всегда будут оставаться скорее качественными, чем количественными. Тем не менее они позволяют описать фенотип сердца, характерный для каждого вида спорта, и попытки их совершенствования регулярно предпринимаются. Одним из последних вариантов является классификация, используемая группой спортивных кардиологов под руководством А. Pelliccia и оценивающая варианты ремоделирования левых отделов сердца. Однако точные параметры, приводящие к тем или иным изменениям сердца, авторами не указываются и представлены только качественными характеристиками (в виде количества «плюсов», табл. 1, часть 1 данной статьи). В то же время для исключения возможной патологии необходимо определить, насколько возникшие изменения являются физиологичными, обеспечивающими необходимый рост сердечного выброса и доставки кислорода к работающим мышцам в условиях повышенных нагрузок. В связи с этим нами предпринято кардиопульмональное тестирование, которое показало, что для формирования различий между группами ключевой является величина потребляемого  $O_2$  на пике нагрузки, которая, в свою очередь, обеспечивается величиной тренировок на выносливость. Группы, включающие данный компонент (№ 3 и № 4), имели большие объемы камер и массу миокарда ЛЖ по сравнению с группами № 1 и № 2.

Наличие большого разброса сердец со сверхнормативными показателями в группах подчеркивает недостаточность деления видов спорта только по аэробному принципу. Тем не менее можно констатировать, что размеры сердца определенным образом соотносятся с эффективностью спортсменов. При этом наиболее информативными являются объемные показатели, индексированные по ППТ, а не абсолютные. При таком подходе становится доказанной связь «удельных» объемов ЛЖ и ЛП с показателями аэробного и анаэробного обеспечения нагрузок. Эти закономерности сохраняются, несмотря на высокую

разнородность спортивных дисциплин в группах, а также одновременное присутствие спортсменов с нормальными границами сердца или имеющими его эксцентрическую гипертрофию.

Дополнительную информацию по размерам сердца дает центильная оценка рассматриваемых величин. Однако предпринятое нами исследование показало, что в стандартизированных по демографическим показателям больших группах профессиональных спортсменов национального уровня даже при высоких функциональных показателях размеры ЛЖ в большинстве случаев оставались в пределах нормальных референсных значений. Вероятно, наиболее объективной будет оценка ремоделирования сердца в конкретных спортивных дисциплинах, а не в формально объединенных группах. Это подтверждается и существованием множества переходных состояний между группами. Так, например, у спортсменов, занимающихся горными лыжами, средняя величина КДР/ППТ попадает в диапазон как группы № 1, так и группы № 2. Однако КДО ЛЖ/ППТ и ИММ соответствуют только группе № 1. В то же время нагрузочное тестирование показывает, что эти спортсмены обладают хорошей аэробной подготовкой, соответствующей группе № 2. Таким образом, при оценке функциональных требований к спортсменам следует ориентироваться на показатели группы № 2, а при оценке ремоделирования сердца – на показатели группы № 1. Приведенные данные указывают на опреде-

ленную ограниченность классификации и необходимость дальнейшего ее совершенствования.

**Заключение.** Рассматриваемая классификация отражает общие биологические и функциональные закономерности ремоделирования сердца при изменении вида спортивных нагрузок, однако их количественное выражение подвержено значительным колебаниям.

Применение рассматриваемой классификации к спортсменам ниже международного уровня должно быть ограничено, так как в каждой из групп количество лиц с признаками гипертрофии и ремоделирования ЛЖ носит переменный характер.

Наиболее достоверные различия существуют только между группами № 1 и № 4 (14,4 % vs. 45,0 % сверхнормативных показателей,  $p < 0,001$ ). В группах № 2 и № 3 имеются промежуточные значения размеров сердца, нередко мало отличающиеся между собой.

Для выявления достоверных трендов для КДР ЛЖ, КДО ЛЖ, ММ, ЛП между группами необходима индексация этих показателей по ППТ.

Основные различия между группами определяются пиковым потреблением  $O_2$  и  $VO_2$  ПАНО, которые в наибольшей степени коррелируют с индексированными по ППТ величинами объема ЛЖ.

Максимально допустимые размеры сердца для каждой из групп целесообразно оценивать по центильным показателям, вычисленным для здоровых спортсменов.

### Список литературы / References

1. Caselli S., Di Paolo F.M., Pisicchio 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
2. Caselli S., Di Pietro R., Di Paolo F.M. et al. Left Ventricular Systolic Performance is Improved in Elite Athletes. *European Journal of Echocardiography*, 2011, vol. 12, no. 7, pp. 514–519. DOI: 10.1093/ejechocard/jer071
3. Harmon K.G., Asif I.M., Maleszewski J.J. et al. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Arrest and Death in High School Athletes in the United States. *Mayo Clinic Proceedings*, 2016, vol. 91, no. 11, pp. 1493–1502. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.07.021
4. 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, no. 66, pp. 2350–2355. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.09.033
5. Pelliccia A., Culasso F., Di Paolo F.M., Maron B.J. Physiologic Left Ventricular Cavity Dilatation in Elite Athletes. *Annals of Internal Medicine*, 1999, vol. 130, no. 1, pp. 23–31. DOI: 10.7326/0003-4819-130-1-199901050-00005

6. Peterson D.F., Kucera K., Thomas L.C. et al. Aetiology and Incidence of Sudden Cardiac Arrest and Death in Young Competitive Athletes in the USA: a 4-year Prospective Study. *British Journal of Sports Medicine*, 2021, vol. 55, no. 21, pp. 1196–1203. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102666

7. Riding N.R., Salah O., Sharma S. et al. Do Big Athletes have Big Hearts? Impact of Extreme Anthropometry upon Cardiac Hypertrophy in Professional Male Athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, no. 46, suppl. 1, pp. 90–97. DOI: 10.1136/bjsports-2012-091258

#### **Информация об авторах**

**Шарыкин Александр Сергеевич**, доктор медицинских наук, врач-кардиолог, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; 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, Москва; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия.

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

**Усманов Дамир Мунирович**, аспирант, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; 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, Cardiologist, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia; 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 Health Care Department, Moscow, Russia; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of 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 Health Care Department, Moscow, Russia.

**Yulia M. Ivanova**, Candidate of Medical Sciences, Doctor of the Department of Functional Diagnostics and Sports Medicine, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.

**Damir M. Usmanov**, Postgraduate Student, Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Health Care Department, Moscow, Russia; Sports Medicine Doctor, Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia.



**Вклад авторов:**

Шарыкин А.С. – проведение исследования, разработка материалов для исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание исходного текста, итоговые выводы, утверждение окончательного варианта.

Бадтиева В.А. – научное руководство, концепция исследования, формулировка ключевых целей и задач.

Павлов В.И. – проведение исследования, анализ материала, участие в научном дизайне.

Иванова Ю.М. – проведение исследований, сбор данных, обработка материала.

Усманов Д.М. – сбор и анализ данных, участие в исследовании, обработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:**

Sharykin A.S. – conducting research, developing research materials, analyzing and interpreting the data obtained, writing the original text, providing final conclusions, and approving the final version.

Badtieva V.A. – scientific leadership, developing research concept, formulating key objectives.

Pavlov V.I. – conducting research, analyzing the data obtained, participating in design development.

Ivanova Yu.M. – conducting research, collecting data, processing the data obtained.

Usmanov D.M. – collecting and analyzing the data obtained, participating in research, text processing.

The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 09.08.2023**

**The article was submitted 09.08.2023**