УДК: 613.71:796.077.2 - 073.43

ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ: ПОЛОВЫЕ И ВИДОВЫЕ АДАПТАЦИИ

Якуббеков Н.Т.[1], Арслонов С.Ф.[2]
[1]Республиканский научно-практический центр спортивной медицины, Ташкент, Узбекистан.
[2]Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии, Ташкент, Узбекистан.

YOSH SPORTCHILARNING EHOKARDIOGRAFIK XUSUSIYATLARI: JINSIY VA SPORT TURLARI BO'YICHA MOSLASHUVLAR

Yoqubbekov N.T.[1], Arslonov S.F.[2]
[1]Respublika sport tibbiyoti ilmiy-amaliy markazi, Toshkent, O'zbekiston.
[2]Respublika ixtisoslashtirilgan kardiologiya ilmiy-amaliy tibbiy markazi, Toshkent, O'zbekiston.

ECHOCARDIOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF YOUNG ATHLETES: GENDER AND SPORT-SPECIFIC ADAPTATIONS

Yakubbekov N.T.[1], Arslonov S.F.[2]
[1]Republican Scientific-Practical Center of Sports Medicine, Tashkent, Uzbekistan
[2]Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent, Uzbekistan.

Аннотация. *Спортивные тренировки вызывают адаптации сердечно-сосудистой системы, зависящие от пола и вида спорта. Циклические виды (гребля на каноэ, велоспорт) способствуют эксцентрической гипертрофии, игровые (волейбол, дзюдо) — смешанным изменениям. Обследовано 66 спортсменов (16–17 лет): гребля на каноэ (n=20), велоспорт (n=22), волейбол (n=11), дзюдо (n=13). Измерялись конечный диастолический размер (КДР), конечный систолический размер (КСР), масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ), индекс ММЛЖ (иММЛЖ), фракция выброса (ФВ), конечный диастолический объём (КДО), конечный систолический объём (КСО), соотношение Е/А.*
Ключевые слова: *эхокардиография, спортсмены, гипертрофия левого желудочка, половые различия, циклические виды спорта, игровые виды спорта.*

Annotatsiya. *Sport mashqlari yurak-qon tomir tizimida jins va sport turiga bog'liq holda moslashuvlarga olib keladi. Tsiklik sport turlari (kanoeda eshkak eshish, velosport) ektsentrik gipertrofiyani, o'yinli sport turlari (voleybol, dzyudo) esa aralash o'zgarishlarni keltirib chiqaradi. 66 nafar sportchi tekshirildi (16–17 yoshli): kanoeda eshkak eshish (n=20), velosport (n=22), voleybol (n=11), dzyudo (n=13). Yakuniy diastolik o'lcham o'lcham (YDO'), yakuniy sistolik o'lcham (YSO'), chap qorinchaning miokard massasi (ChQMM), ChQMM indeksi (iChQMM), otish fraksiyasi (OF), yakuniy diastolik hajm (QDH), yakuniy sistolik hajm (QSH), E/A nisbati o'lchandi. T-test va ANOVA ($p < 0.05$) qo'llanildi. Eng yuqori YDO' (50.6 ± 5.0 mm) va ChQMM (159.0 ± 47.6 g) kanoeda eshkak eshish aniqlangan. Erkaklarda YDO' (+3–5 mm) va ChQMM (+40–60 g) ayollarga qaraganda yuqori bo'ldi ($p < 0.05$). Tsiklik sport turlari o'yinli turlarga nisbatan ko'proq hipertrofiyani ko'rsatdi ($p < 0.05$). YSO' o'xshash edi (31.1–31.9 mm). Voleybol eng yuqori E/A (2.3 ± 0.2) ko'rsatkichiga ega bo'ldi.*
Kalit so'zlar: *ekokardiografiya, sportchilar, chap qorinchaning gipertrofiyasi, jinsiy farqlar, tsiklik sport turlari, o'yinli sport turlari.*

Abstract. *Athletic training induces cardiovascular adaptations that depend on sex and sport type. Cyclic sports (canoeing, cycling) promote eccentric hypertrophy, while game sports (volleyball, judo) lead to mixed adaptations. A total of 66 athletes (aged 16–17) were examined: canoeing (n=20), cycling (n=22), volleyball (n=11), judo (n=13). Measurements included left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), end-systolic diameter (LVESD), left ventricular mass (LVM), LVM index (LVMI), ejection fraction (EF), end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), and E/A ratio. Statistical analysis was performed using t-tests and ANOVA ($p < 0.05$). The highest LVEDD (50.6 ± 5.0 mm) and LVM (159.0 ± 47.6 g) were observed in canoeing. Males had larger LVEDD (+3–5 mm) and LVM (+40–60 g) than females ($p < 0.05$). Cyclic sports exhibited greater hypertrophy than game sports ($p < 0.05$). LVESD was similar across groups (31.1–31.9 mm). Volleyball showed the highest E/A ratio (2.3 ± 0.2).*
Keywords: *echocardiography, athletes, left ventricular hypertrophy, sex differences, cyclic sports, game sports.*

Введение. Сердце спортсменов адаптируется к физическим нагрузкам, причём характер изменений зависит от вида спорта, пола и спортивного стажа. Циклические виды спорта, такие как гребля на каноэ и велоспорт, характеризуются длительными аэробными нагрузками, вызывающими эксцентрическую гипертрофию — увеличение полости левого желудочка и массы миокарда [2]. Игровые виды, включая волейбол и дзюдо, связаны с перемежающимися нагрузками высокой интенсивности, что приводит к умеренным или концентрическим изменениям [6]. Половые различия также значимы: мужчины демонстрируют большую гипертрофию из-за физиологических особенностей и интенсивности тренировок, тогда как женщины могут иметь лучшую диастолическую функцию [1].

Эхокардиография — основной метод оценки структуры и функции сердца, позволяющий измерять конечный диастолический размер (КДР), конечный систолический размер (КСР), массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ), индекс ММЛЖ (иММЛЖ), фракцию выброса (ФВ), конечный диастолический объём (КДО), конечный систолический объём (КСО) и соотношение пиков раннего и позднего диастолического наполнения (Е/А). Эти данные помогают отличить физиологические адаптации от патологий, таких как гипертрофическая кардиомиопатия, и оптимизировать тренировочные программы [4].

Цель исследования — оценить эхокардио-

графические характеристики юных спортсменов в циклических и игровых видах спорта, акцентируя половые различия и видовую специфику адаптаций. Мы предположили, что циклические виды вызывают выраженную гипертрофию, мужчины имеют большие размеры сердца, а игровые виды связаны с улучшенной диастолической функцией.

Материалы и методы. Исследование проведено в Республиканском научно-практическом центре спортивной медицины, с участием 66 юных спортсменов в возрасте 16–17 лет. В выборку вошли представители четырёх видов спорта: гребля на каноэ (20 человек, 12 мужчин и 8 женщин), велоспорт (22 человека, 15 мужчин и 7 женщин), волейбол (11 человек, все женщины) и дзюдо (13 человек, 6 мужчин и 7 женщин). Все участники были здоровы, без сердечно-сосудистых заболеваний, и регулярно тренировались в соответствии с требованиями своего вида спорта. Исследование соответствовало этическим стандартам, получено информированное согласие.

Эхокардиографическое обследование выполнялось с использованием ультразвуковой системы высокого разрешения по стандартному протоколу. Измерялись конечный диастолический и систолический размеры левого желудочка в парастернальном длинноосевом сечении, масса миокарда левого желудочка рассчитывалась по формуле Деверё и индексировалась к площади поверхности тела. Фракция выброса определялась на основе конечного диастолического и систолического объёмов, вычисленных методом Симпсона (биплановый). Соотношение пиков раннего и позднего диастолического наполнения оценивалось по допплеровскому анализу митрального притока.

Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение. Нормальность распределения проверялась тестом Шапиро-Уилка. Для сравнения полов внутри видов спорта использовался t-тест для независимых выборок, межгрупповые различия анализировались однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA) с пост-хок тестом Тьюки при значимых результатах. Уровень значимости принят $p<0.05$. Статистическая обработка выполнена в программе SPSS (версия 26.0).

Результаты. Спортсмены по каноэ продемонстрировали наибольший конечный диастолический размер (КДР: 50.6 ± 5.0 мм) и массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ: 159.0 ± 47.6 г), за ними следуют дзюдо (КДР: 49.4 ± 4.5 мм, ММЛЖ: 143.9 ± 34.4 г), велоспорт (КДР: 48.9 ± 4.9 мм, ММЛЖ: 154.2 ± 31.4 г) и волейбол (КДР: 47.9 ± 4.5 мм, ММЛЖ: 131.4 ± 24.3 г) (ANOVA, $p < 0.05$). Индекс ММЛЖ (иММЛЖ) соответствовал аналогичной тенденции: каноэ — 91.4 ± 20.3 г/м², велоспорт — 93.8 ± 16.5 г/м², дзюдо — 84.7 ± 13.1 г/м², волейбол — 76.9 ± 11.9 г/м².

Конечный систолический размер (КСР) был схожим между видами спорта: каноэ — 31.2 ± 5.7 мм, велоспорт — 31.9 ± 3.2 мм, дзюдо — 31.2 ± 3.0 мм, волейбол — 31.1 ± 2.9 мм ($p > 0.05$). Фракция выброса (ФВ) варьировала от 63.5% в велоспорте до 66.5% в дзюдо без значимых различий. Конечный диастолический объём (КДО) был максимальным в каноэ (123.3 ± 27.3 мл), затем в дзюдо (116.1 ± 25.4 мл), велоспорте (113.8 ± 26.3 мл) и волейболе (108.5 ± 23.8 мл). Конечный систолический объём (КСО) показал схожую последовательность.

Соотношение E/A, отражающее диастолическую функцию, было наивысшим в волейболе (2.3 ± 0.2), за ним следуют дзюдо (2.1 ± 0.4), велоспорт (2.0 ± 0.3) и каноэ (1.9 ± 0.4) ($p < 0.05$).

Эхокардиографические показатели по видам спорта

Таблица 1

Показатель	Каноэ (n=20)	Велоспорт (n=22)	Волейбол (n=11)	Дзюдо (n=13)
КДР (мм)	50.6 ± 5.0	48.9 ± 4.9	47.9 ± 4.5	49.4 ± 4.5
КСР (мм)	31.2 ± 5.7	31.9 ± 3.2	31.1 ± 2.9	31.2 ± 3.0
ММЛЖ (г)	159.0 ± 47.6	154.2 ± 31.4	131.4 ± 24.3	143.9 ± 34.4
iММЛЖ (г/м²)	91.4 ± 20.3	93.8 ± 16.5	76.9 ± 11.9	84.7 ± 13.1
ФВ (%)	65.0 ± 2.9	63.5 ± 4.0	64.3 ± 3.2	66.5 ± 3.5
E/A	1.9 ± 0.4	2.0 ± 0.3	2.3 ± 0.2	2.1 ± 0.4

Циклические виды спорта (каноэ, велоспорт) характеризовались большими КДР (49.75 мм), ММЛЖ (156.6 г) и КДО (118.55 мл) по сравнению с игровыми видами (волейбол, дзюдо: КДР — 48.65 мм, ММЛЖ — 137.65 г, КДО — 112.3 мл; $p < 0.05$). КСР и ФВ были сопоставимыми (31.55 мм против 31.15 мм, 64.25% против 65.4%; $p > 0.05$). Игровые виды имели более высокое E/A (2.2 против 1.95, $p < 0.05$).

У мужчин определились большие размеры сердца, чем у женщины (таблица 1). В каноэ КДР у мужчин составил 52.6 мм против 47.8 мм у женщин, КСР — 33.4 ± 2.0 мм против 30.6 ± 4.2 мм, ММЛЖ — 186.3 г против 118.0 г, иММЛЖ — 104.6 г/м² против 73.9 г/м² ($p < 0.05$). В велоспорте: КДР — 50.0 мм против 46.0 мм, ММЛЖ — 165.7 г против 121.3 г; в дзюдо: КДР — 51.9 мм против 47.2 мм, ММЛЖ — 171.5 г против 119.7 г ($p < 0.05$). ФВ была схожей (мужчины: 63.2–65.7%; женщины: 64.2–67.2%). Женщины имели более высокое E/A, особенно в волейболе (2.3 ± 0.2) и дзюдо (2.1).

Половые различия в эхокардиографических показателях

Таблица 2

Вид спорта	Показатель	Мужчины (среднее ± СО)	Женщины (среднее ± СО)	p-значение
Каноэ	КДР (мм)	52.6 ± 4.5	47.8 ± 4.2	<0.05
	КСР (мм)	33.4 ± 2.0	30.6 ± 4.2	<0.05
	ММЛЖ (г)	186.3 ± 40.1	118.0 ± 30.5	<0.05
	iММЛЖ (г/м²)	104.6 ± 18.2	73.9 ± 14.5	<0.05
Велоспорт	КДР (мм)	50.0 ± 4.7	46.0 ± 4.0	<0.05
	ММЛЖ (г)	165.7 ± 28.9	121.3 ± 25.2	<0.05
Дзюдо	КДР (мм)	51.9 ± 4.3	47.2 ± 4.1	<0.05
	ММЛЖ (г)	171.5 ± 32.0	119.7 ± 27.8	<0.05

В велоспорте 16-летние спортсмены (n=3) показали меньший КДР (45.0 ± 0.0 мм) и КДО (91.0 ± 0.0 мл) по сравнению с 17-летними (КДР: 48.9 ± 4.9 мм, КДО: 113.8 ± 26.3 мл; $p < 0.05$). ММЛЖ была сопоставимой (153.0 г против 154.2 г).

Обсуждение. Данное исследование выявило различия в эхокардиографических профилях юных спортсменов, обусловленные видом спорта и полом. Максимальная гипертрофия в каноэ и велоспорте согласуется с данными о ремоделировании миокарда в аэробных видах спорта [2]. Большие КДР и ММЛЖ в циклических видах отражают повышенную преднагрузку и объёмные требования, обеспечивающие высокий ударный объём при длительных нагрузках. Умеренная гипертрофия в игровых видах соответствует смешанным нагрузкам, сочетающим изометрические и изотонические усилия [6].

Сходство КСР и ФВ между видами спорта указывает на сохранение систолической функции независимо от тренировочного режима, что подтверждается данными [1]. Высокое E/A в игровых видах, особенно в волейболе, отражает улучшенную диастолическую релаксацию, вероятно, из-за перемежающихся нагрузок, сохраняющих эластичность миокарда.

Половые различия были значительными: мужчины демонстрировали большую гипертрофию, что связано с большей мышечной массой и интенсивностью тренировок [4]. Более высокое E/A у женщин может быть обусловлено гормональными факторами или меньшей жёсткостью миокарда [3]. Эти данные подчёркивают необходимость полоспецифичных нормативов для скрининга спортсменов.

Возрастные различия, ограниченные малой выборкой, указывают на менее выраженные адаптации у 16-летних спортсменов из-за меньшего стажа тренировок. Для подтверждения требуются длительные исследования.

Ограничения. Кросс-секционный дизайн ограничивает выводы о причинно-следственных связях. Малая выборка 16-летних спортсменов затрудняет возрастные обобщения. Полностью женская выборка в волейболе может влиять на межвидовые сравнения. Будущие исследования должны включать большие и сбалансированные группы, а также длительный мониторинг.

Практическая значимость. Результаты подчёркивают необходимость видо- и полоспецифичных эхокардиографических нормативов для мониторинга спортсменов. Регулярный скрининг рекомендован для циклических видов, особенно для мужчин, чтобы исключить патологическую гипертрофию. Улучшенная диастолическая функция в игровых видах может указывать на преимущества для сердечно-сосудистой устойчивости, что требует дальнейшего изучения.

Выводы. Циклические виды спорта вызывают выраженную эксцентрическую гипертрофию, особенно у мужчин, тогда как игровые виды связаны с умеренной гипертрофией и лучшей диастолической функцией. Половые различия требуют использования специфических нормативов. Эти данные углубляют понимание сердечных адаптаций и способствуют совершенствованию мониторинга здоровья спортсменов.

Список литературы:

1. D'Ascenzi F, Caselli S, Solari M, Pelliccia A, Cameli M, Focardi M, Padeletti M, Corrado D, Bonifazi M, Mondillo S. Novel echocardiographic techniques for the evaluation of athletes' heart: A focus on speckle-tracking echocardiography. Eur J Prev Cardiol. 2016 Mar;23(4):437-46. doi: 10.1177/2047487315586095. Epub 2015 May 19. PMID: 25990017.

2. Pelliccia A, Caselli S, Sharma S, Basso C, Bax JJ, Corrado D, et al. 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. Eur Heart J. 2018;39(21):1949-69. doi: 10.1093/eurheartj/ehx532.

3. La Gerche A, Taylor AJ, Prior DL. Athlete's heart: the potential for multimodality imaging to address the critical remaining questions. JACC Cardiovasc Imaging. 2009 Mar;2(3):350-63. doi: 10.1016/j.jcmg.2008.12.011. PMID: 19356581.

4. Sharma S, Merghani A, Mont L. Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. Eur Heart J. 2015;36(23):1445-53. doi: 10.1093/eurheartj/ehv090.

5. Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, Somauroo J, Sharma S, Shave R, et al. Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. Heart. 2013;99(23):1727-33. doi: 10.1136/heartjnl-2012-303465.