

© Коллектив авторов, 2016

А.С. Шарыкин<sup>1,2</sup>, Ю.М. Иванова<sup>1</sup>, В.И. Павлов<sup>1</sup>, В.А. Багтиева<sup>1</sup>, П.А. Субботин<sup>1</sup>

## ВАРИАНТЫ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА (НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛА И ХОККЕЯ)

<sup>1</sup>ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», <sup>2</sup>ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, Москва, РФ

A.S. Sharykin<sup>1,2</sup>, Y.M. Ivanova<sup>1</sup>, V.I. Pavlov<sup>1</sup>, V.A. Badtieva<sup>1</sup>, P.A. Subbotin<sup>1</sup>

## CARDIAC REMODELING VARIANTS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS IN TEAM SPORTS (ON THE EXAMPLE OF FOOTBALL AND HOCKEY)

<sup>1</sup>Moscow Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation, rehabilitation and sports medicine;  
<sup>2</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Вопросы ремоделирования сердца у детей и подростков, занимающихся спортом, в отличие от взрослых спортсменов, практически не изучены. В связи с этим выполнен анализ эхокардиограмм у 892 человек в возрасте  $15,4 \pm 1,2$  лет, регулярно занимающихся футболом (174 чел.) и хоккеем (718 чел.). Количество тренировочных часов составляло в среднем  $10,5 \pm 6,8$  ч в неделю, длительность занятий – 8–9 лет. Гипертрофией считали индекс массы миокарда  $>115$  г/м<sup>2</sup>, верхней границей относительной толщины сердца – 0,42. В 813 наблюдениях толщина задней стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ) была менее 11 мм, но, тем не менее, в 10,9% случаях превышала 95-й центиль для соответствующей площади поверхности тела (ППТ). Среди спортсменов, имевших массу миокарда свыше 115 г/м<sup>2</sup> (т.е. гипертрофию левого желудочка – ЛЖ), ТЗСЛЖ  $\geq 11$  мм встретилась только у 17%. Ремоделирование сердца установлено в 51,6% случаев в среднем, в т.ч. в возрасте до 14 лет (41%), что отражает раннюю адаптацию к высоким нагрузкам. Наиболее частый регистрируемый вариант – эксцентрическая гипертрофия (40,3%). Отношение шансов для развития гипертрофии среди хоккеистов было существенно выше, чем при занятиях футболом: OR=1,5 (ДИ 1,07–2,1). Таким образом, у юных спортсменов общепринятая во взрослой популяции толщина миокарда  $\leq 10$  мм не может быть принята за безусловную норму; величины толщины миокарда и полости ЛЖ должны оцениваться в сравнении с ППТ. Для выявления гипертрофии миокарда недостаточно определять только толщину миокарда, необходимы прямые вычисления его индексированной массы.

**Ключевые слова:** дети, спорт, футбол, хоккей, ремоделирование сердца, гипертрофия миокарда, эхокардиография.

Issues of cardiac remodeling in children and adolescents involved in sports, in contrast to the adult athletes, are almost not studied. So authors made an echocardiogram analysis of 892 people

### Контактная информация:

Шарыкин Александр Сергеевич – д.м.н., проф.  
каф. госпитальной педиатрии № 1 педиатрического  
факультета ГБОУ ВПО РНИМУ  
им. Н.И. Пирогова, врач-кардиолог  
ГАУЗ МНПЦМРВиСМ ДЗМ  
Адрес: Россия, 117997, г. Москва,  
ул. Островитянова, 1  
Тел.: (916) 188-58-60, E-mail: sharykin1947@mail.ru  
Статья поступила 3.02.16,  
принята к печати 17.04.16.

### Contact Information:

Sharykin Alexander Sergeevich – MD, Prof.  
of Hospital Pediatrics Department № 1, Pediatric  
faculty, Pirogov Russian National Research Medical  
University; Cardiologist of Moscow Scientific  
and Practical Center of Medical Rehabilitation,  
rehabilitation and sports medicine  
Address: Russia, 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1  
Tel.: (916) 188-58-60, E-mail: sharykin1947@mail.ru  
Received on Feb. 3, 2016,  
submitted for publication on Apr. 17, 2016.

aged 15,4±1,2 years, regularly involved in football (174 pers.) and ice hockey (718 pers.). Average number of training hours was 10,5±6,8 hours per week, training duration – 8–9 years. Myocardial mass index >115 g/m<sup>2</sup> was considered as hypertrophy, upper limit of the relative heart thickness (RHT) – 0,42. In 813 cases left ventricular posterior wall thickness (LVPWT) was less than 11 mm, but in 10,9% cases it exceeded 95<sup>th</sup> centile for the corresponding body surface area (BSA). Among athletes with myocardial mass of more than 115 g/m<sup>2</sup> (i.e., left ventricular hypertrophy – LV) LVPWT≥11 mm was only in 17%. Cardiac remodeling was found in 51,6% cases, including age under 14 years (41%) that reflects early adaptation to high stress. The most common variant is eccentric hypertrophy (40,3%). The odds ratio for the hypertrophy development among hockey players was significantly higher than in football players OR=1,5 (CI 1,07–2,1). Thus, in young athletes myocardium thickness ≤10 mm common for adults can not be taken as absolute norm; size/thickness of the myocardium and the left ventricular cavity must be assessed in comparison with BSA. For detection of myocardial hypertrophy determination of myocardium thickness is not enough, direct calculation of its indexed mass is needed.

**Keywords:** children, sports, football, hockey, heart remodeling, myocardial hypertrophy, echocardiography.

Хронические физические нагрузки при систематических занятиях спортом приводят к изменениям сердца в виде увеличения толщины миокарда, размеров полостей и массы желудочков. Данные процессы широко изучались у взрослых спортсменов с целью определить относительно безопасные границы указанных показателей; в детском и подростковом возрасте подобные работы являются единичными. Так как многие «взрослые» показатели у детей-спортсменов оказываются трудными для интерпретации или неприемлемыми, необходимо определение критериев, на которые можно ориентироваться у них при оценке состояния сердца. В настоящей работе проведен анализ вариантов ремоделирования сердца у подростков, занимающихся наиболее популярными игровыми видами спорта – футболом и хоккеем.

#### Материалы и методы исследования

Обследованы 892 человека мужского пола в возрасте 15,4±1,2 лет, регулярно занимающихся игровыми видами спорта. В группу футболистов (1-я группа) включены 174 человека в возрасте 15,8±1,2 лет с весом 66,2±9,9 кг, площадью поверхности тела (ППТ) 1,80±0,16 м<sup>2</sup> и индексом массы тела (ИМТ) 21,6±2,3 кг/м<sup>2</sup>. В группу хоккеистов (2-я группа) вошли 718 человек в возрасте 15,3±1,2 лет (p<0,05) с весом 65,8±11,8 кг, ППТ 1,79±0,19 м<sup>2</sup> (p>0,05) и ИМТ 21,1±2,5 кг/м<sup>2</sup>. Отклонения от нормального веса определяли по значениям ИМТ для детей и подростков, которые соответствуют критериям избыточной массы тела (ИМТ>25 кг/м<sup>2</sup>) и ожирения (ИМТ>30 кг/м<sup>2</sup>) у взрослых [1]. Всего было 114 (13,2%) детей с избыточным весом. Следует отметить, что данный избыток массы тела в 112 (98,2%) наблюдениях был связан с увеличением мышечной, а не жировой массы, которая у спортсменов составляет существенно меньший процент, чем у физически неактивных лиц (10–13% vs 16–19%) [2, 3].

Все дети и подростки являлись членами профессиональных клубов, успешно выполняли тренировочные нагрузки и выступали на различных соревнованиях. Так как длительность занятий спортом у хоккеистов была больше (9,2±2,3

лет vs 8,1±2,3 лет, p<0,05), можно предположить, что они начинали спортивные занятия в более раннем возрасте (с 6,6 лет в среднем). Количество тренировочных часов составляло в среднем 10,5±6,8 ч в неделю в обеих группах. В исследование не включены лица, имевшие врожденные пороки сердца, артериальную гипертензию, а также первичные нарушения ритма или проводимости, препятствующие занятиям спортом (атриовентрикулярная блокада II–III степени, аритмогенная дисплазия правого желудочка и др.).

Эхокардиографическое исследование проводили на ультразвуковом сканере фазированными секторными датчиками с частотой 3–5 МГц (General Electric, США) в соответствии с рекомендуемыми способами оценки размеров полостей сердца и толщины миокарда левого желудочка (ЛЖ) [4]. Измерения ЛЖ выполняли в парастернальной проекции длинной оси на уровне концов створок митрального клапана в конце диастолы (в период закрытого клапана) и в систолу (непосредственно перед открытием клапана). Использовали среднюю величину из трех последовательных сердечных циклов во время выдоха.

Отклонения структур сердца от популяционных норм анализировали по z-фактору, рассчитанному в соответствии с литературными рекомендациями для педиатрических пациентов [5, 6], и сопоставляли с верхними границами норм, рекомендованных для взрослых лиц: конечный диастолический размер (КДР) ЛЖ≤60 мм, толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП) ≤10 мм, толщина задней стенки ЛЖ (ТЗСЛЖ) ≤10 мм [4]. Соотношение ТМЖП/ТЗСЛЖ ≤1,3 рассматривали как симметричную гипертрофию ЛЖ, более 1,3 – как асимметричную [7].

Массу миокарда (ММ ЛЖ, г) вычисляли по рекомендованной формуле [8]:

$$\text{ММ ЛЖ} = 0,8 \{ 1,04 * [(\text{ТМЖП} + \text{КДР ЛЖ} + \text{ТЗСЛЖ})^3 - (\text{КДР ЛЖ})^3] \} + 0,6.$$

Наличие гипертрофии миокарда оценивали с помощью индексов массы миокарда относительно ППТ (ИММ1), а также относительно роста в степени 2,7 (ИММ2). За верхнюю границу нормы принимали 115 г/м<sup>2</sup> и 48 г/м<sup>2,7</sup> соответственно [4, 9].

Относительную толщину стенки ЛЖ (ОТС) вычисляли по двум формулам:

$$\text{ОТС1} = 2 * \text{ТЗС ЛЖ} / \text{КДР ЛЖ};$$

$ОТС2=(ТЗСЛЖ+ТМЖП)/КДР ЛЖ$ , где ТЗСЛЖ – толщина задней стенки ЛЖ в диастолу, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки в диастолу, КДР ЛЖ – конечный диастолический размер ЛЖ.

Варианты конфигурации сердца определяли как концентрическое ремоделирование (КР) – при неизменной массе, но увеличенной ОТС; концентрическую гипертрофию (КГ) – при увеличенной массе и ОТС; эксцентрическую гипертрофию (ЭГ) – при увеличенной массе миокарда, но нормальной ОТС [4].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета статистических программ «Statistica 8.0» (США). При нормальном распределении значений определяли среднюю (М) и стандартное отклонение ( $\pm\sigma$ ), при распределении, отличном от нормального – медиану (Ме) и интерквартильный интервал (ИИ 25-й перцентиль – 75-й перцентиль). Для сравнения количественных показателей разных групп при нормально распределенных переменных использовали t-критерий Стьюдента, для ненормально распределенных – непараметрические статистические методы, в т.ч. коэффициент корреляции по Спирмену. В ходе анализа использовали уровень значимости различий  $p<0,05$ . Сравнение групп по качественному бинарному признаку производили с помощью таблиц сопряженности и вычисления отношения шансов (OR – odds ratio) с указанием доверительного интервала (ДИ) [10].

## Результаты

### Общие характеристики когорты

**Толщина миокарда.** В наших наблюдениях ТЗСЛЖ колебалась от 5 до 13 мм, составляя в среднем  $8,9\pm 1,2$  мм. В 8,7% случаев этот показатель был больше, чем в обычной взрослой популяции ( $>10$  мм), но лишь в 0,7% случаев превышал 12 мм (рис. 1).

Для ТМЖП средняя толщина составила  $9,8\pm 1,4$  мм; в 28,6% случаев она превосходила нормативы, принятые для взрослых здоровых людей (10 мм), в т.ч. толщина более 12 мм выявлена в 3,6% случаев (рис. 2). Асимметричный рост миокарда (отношение ТМЖП/ТЗС более 1,3) встретился у 101 (11,3%) человека.

**Конечный диастолический размер ЛЖ** колебался от 36 до 62 мм, со средней величиной  $50,4\pm 4,2$  мм. При этом размер КДР более 60 мм выявлен в 1% случаев (рис. 3). Средняя величина КДР относительно ППТ составила  $28,3\pm 2,6$  мм/м<sup>2</sup>.

**Гипертрофия миокарда.** Гипертрофия по ИММ1 выявлена у 411 (46,1%), а по ИММ2 – у 313 (35,1%) детей. Имелась высокая корреляция между этими индексами:  $r=0,9364$  ( $p<0,001$ ). Однако в 132 случаях (14,8%) установлено расхождение между результатами оценки гипертрофии данными методами. Анализ причин этого явления показал следующее. При одинаковом среднем возрасте и росте в обеих подгруппах в них имелось значительное количество детей, сильно различающихся по соотношению ростовых показателей. В подгруппе с гипертрофией, определенной по ИММ1, количество лиц с избыточной массой тела оказалось равным 68

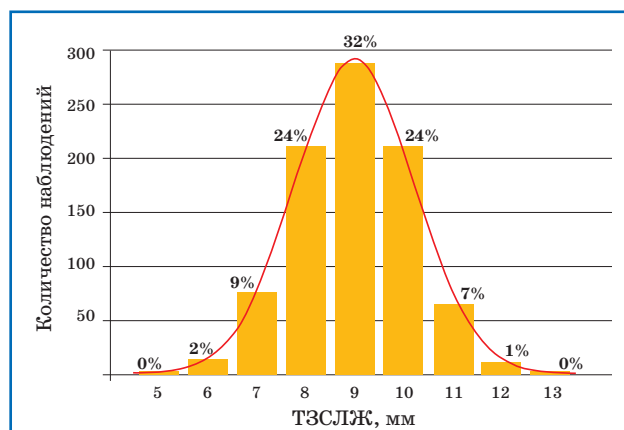


Рис. 1. Гистограмма ТЗСЛЖ у наблюдаемых спортсменов.

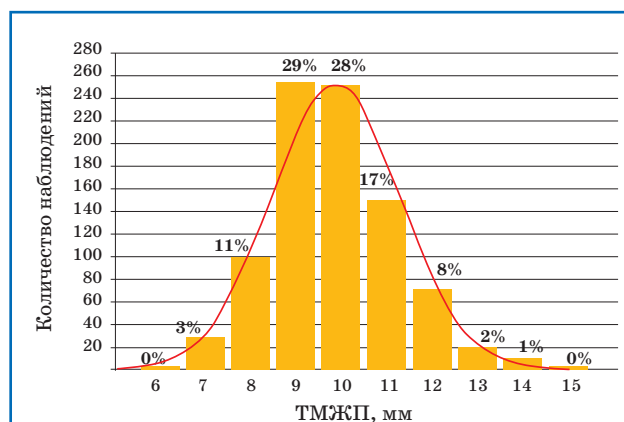


Рис. 2. Гистограмма толщины межжелудочковой перегородки у наблюдаемых спортсменов.

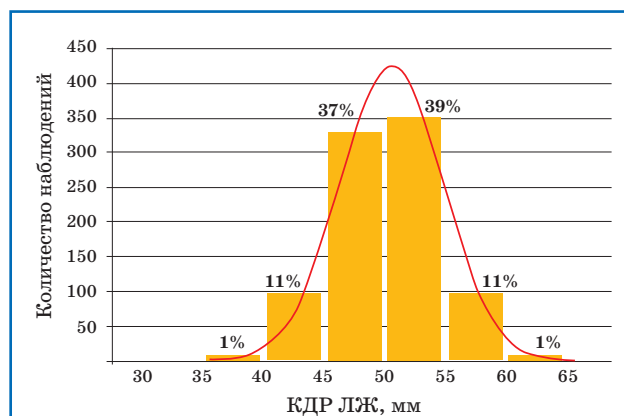


Рис. 3. Гистограмма КДР ЛЖ у наблюдаемых спортсменов.

(16,5%), в подгруппе с гипертрофией по ИММ2 – 77 (24,6%,  $p=0,0068$ ). Имелась разница и по абсолютной величине ИМТ:  $22,2\pm 2,6$  и  $22,9\pm 2,7$  кг/м<sup>2</sup> соответственно ( $p=0,0004$ ). Таким образом, ИММ2 оказался более чувствительным для выявления гипертрофии миокарда у лиц с избыточным весом, в то время как ИММ1 чаще выявлял гипертрофию при прочих равных условиях. При дальнейших расчетах нами использованы критерии гипертрофии по ИММ1.

**Соотношение толщины и массы миокарда.** Так как масса миокарда определяется не только толщиной миокарда, но и общим объемом сердца, представляет интерес анализ их взаимосвязей у юных спортсменов. Между индексированной массой (ИММ1) и толщиной миокарда наблюдалась естественная корреляция ( $p<0,05$ ):



Рис. 4. Соотношения между индексированной массой миокарда (ИММ1) и толщиной стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ) у наблюдаемых спортсменов. 95<sup>th</sup> – 95-й центиль для соответствующей ППТ.

$r=0,63$  для ТЗСЛЖ и  $r=0,67$  для ТМЖП. Однако стандартные популяционные критерии гипертрофии стенок ( $>10$  мм [4]) не отражали в полной мере наличие гипертрофии желудочка, выраженной в граммах. Причем имелись случаи как недо-, так и переоценки гипертрофии. Это может быть связано с тем, что у юных спортсменов общепринятая во взрослой популяции толщина миокарда 10 мм не может быть принята за безусловную норму, а должна оцениваться в сравнении с их ППТ. К примеру, в 813 наших наблюдений ТЗСЛЖ была менее 11 мм, но, тем не менее, в 10,9% случаев превышала 95-й центиль для соответствующих ППТ.

С другой стороны, среди спортсменов, имевших массу миокарда свыше  $115 \text{ г/м}^2$  (т.е. гипертрофию ЛЖ), ТЗСЛЖ  $\geq 11$  мм встретилась только у 17%. Более того, абсолютная величина у большинства из них (62,9%) находилась в пределах 95-го центиля, так как рост и вес подростков были сравнительно большими (средняя ППТ  $2,04 \pm 0,11 \text{ м}^2$ ). Превышение 95-го центиля (у 37,1%) наблюдалось только если средняя ППТ была гораздо меньше ( $1,83 \pm 0,10 \text{ м}^2$ ,  $p=0,0000$ ) (рис. 4).

В то же время в ряде случаев увеличенная ТЗСЛЖ, даже превышающая 95-й центиль, могла не сочетаться с гипертрофией ЛЖ (рис. 4, группа без гипертрофии).

Таким образом, увеличенная ТЗСЛЖ не является синонимом гипертрофии миокарда, а нормальная толщина миокарда может создавать ложное представление о ее отсутствии, и необходимо выполнять прямое вычисление массы сердца (с учетом его объема).

### Ремоделирование ЛЖ

Количество детей с измененным ЛЖ составило 460 (51,6%). Однако частота и варианты ремоделирования во всей когорте несколько различались в зависимости от метода расчета ОТС, возраста и размеров детей, вида спорта и длительности тренировок.

**1. Влияние возраста на размер ЛЖ.** Для характеристики размеров сердца в возрастном аспекте нами выделены возрастные группы до 14 лет и далее с годовым интервалом до 18 лет включительно (табл. 1). Абсолютные размеры сердца естественным образом возрастали с возрастом, однако не превышали 60 мм, принятых за верхнюю границу нормы у взрослых здоровых лиц. При индексации по ППТ эти размеры, наоборот, прогрессивно уменьшались с возрастом, также не превышая нормативы для взрослых (31–32 мм/м<sup>2</sup>).

Между возрастом и толщиной миокарда выявлена лишь небольшая положительная корреляция ( $r=0,18$ ,  $p<0,05$ ) в диапазоне от 14 до 16 лет. В последующем толщина миокарда заметно снижалась (табл. 1). Итоговая частота ремоделирования сердца колебалась от 41% (в возрасте  $\leq 14$  лет) до 59% (в возрасте  $\leq 18$  лет), составив в среднем 51,6%.

Ударный объем (УО) ЛЖ имел незначительную положительную корреляцию с возрастом ( $r=0,19$ ,  $p<0,05$ ), однако ударный индекс (УИ) практически не менялся (табл. 1).

**2. Влияние метода расчета ОТС.** Применение ОТС2 (учитывающей толщину межжелудочковой перегородки) вместо ОТС1 существенно не меняло общее количество ремоделированных, однако увеличивало долю спортсменов с концентрической геометрией, особенно среди футболистов (табл. 2).

Представляет интерес тот факт, что асимметричный рост миокарда (отношение ТМЖП/ТЗС более 1,3) встретился у 101 (11,3%) человека с примерно равным распределением по видам спорта (14,9 и 10,4% для футболистов и хоккеистов соответственно,  $p>0,05$ ). При этом у 48 (47,5%) этих детей не было признаков ремоделирования ЛЖ, в 51 (50,5%) случае зарегистрирована ЭГ, а в двух (2%) – КГ. Таким образом, спортивное ремоделирование сердца может про-

Таблица 1

### КДР ЛЖ в различных возрастных группах

Возраст, годы	n	КДР ЛЖ (M±σ), мм	95 <sup>th</sup> КДР ЛЖ, мм	КДР/м <sup>2</sup> , мм/м <sup>2</sup>	95 <sup>th</sup> КДР/м <sup>2</sup> , мм/м <sup>2</sup>	ТЗСЛЖ, мм	95 <sup>th</sup> ТЗСЛЖ, мм	УИ (M±σ), мл/м <sup>2</sup>
≤14	99	48,1±4,2	55,0	30,2±2,9	35,0	8,4±1,2	10,4	44,3±8,7
≤15	215	49,7±3,8*	55,9	29,4±2,3*	33,2	9,5±1,2*	11,5	44,2±8,0
≤16	282	50,7±3,1*	57,4	28,1±3,7*	34,2	9,8±2,7	14,2	42,8±16,1
≤17	191	51,4±4,0	58,0	27,3±2,2*	30,9	9,3±1,2*	11,3	43,4±8,1
≤18	105	51,6±3,9	58,0	27,1±2,2	30,7	9,0±1,2*	11,0	43,0±7,6

\* $p<0,05$  по сравнению с предыдущим возрастом; 95<sup>th</sup> – 95-й центиль.



Таблица 2

**Частота ремоделирования ЛЖ в группах футболистов и хоккеистов  
в зависимости от выбора формулы ОТС**

Виды спорта	Возраст, годы	ППТ, м <sup>2</sup>	Количество	ОТС	КР, п (%)	КГ, п (%)	ЭГ, п (%)	Всего лиц с гипертрофией, п (%)	Всего лиц с ремоделированием сердца, п (%)
Футбол	15,8±1,2	1,80±0,16	174	ОТС1	7 (4)	4 (2,3)	62 (35,6)	66 (37,9)	73 (41,9)
				ОТС2	9 (5,2)	14 (8) <sup>§</sup>	52 (29,9) <sup>§</sup>	66 (37,9)	75 (43,1)
Хоккей	15,3±1,2	1,79±0,19	718	ОТС1	42 (5,8)	47 (6,5)*	298 (41,5)	345 (48)*	387 (53,9)*
				ОТС2	30 (4,2)	56 (7,8)	289 (40,2)*	345 (48)*	375 (52,2)*
Итого	15,4±1,2	1,79±0,18	892	ОТС1	49 (5,5)	53 (5,9)	360 (40,3)	411 (46,1)	460 (51,6)
				ОТС2	39 (4,4)	70 (7,8)	341 (38,2)	411 (46,1)	450 (50,4)

ОТС – относительная толщина стенки; КР – концентрическое ремоделирование; КГ – концентрическая гипертрофия; ЭГ – эксцентрическая гипертрофия; §p<0,05 при сравнении ОТС1 и ОТС2 внутри группы; \*p<0,05 при сравнении соответствующих показателей в группах футболистов и хоккеистов.

Таблица 3

**Сравнительные характеристики спортсменов при наличии  
или отсутствии гипертрофии ЛЖ**

Подгруппы	Количество	Возраст, годы	ППТ, м <sup>2</sup>	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	Длительность занятий, годы
Футболисты без гипертрофии ЛЖ	108	15,7±1,3	1,8±0,2	21,2±2,3	7,7±2
Футболисты с гипертрофией ЛЖ	66	16,1±1,2 <sup>§</sup>	1,8±0,1	22,2±2,1 <sup>§</sup>	8,7±2,6 <sup>§</sup>
Хоккеисты без гипертрофии ЛЖ	373	15,2±1,2	1,7±0,2*	20,1±2,4*	9,1±2,4*
Хоккеисты с гипертрофией ЛЖ	345	15,5±1,2 <sup>§*</sup>	1,8±0,2 <sup>§</sup>	22,2±2,7 <sup>§</sup>	9,4±2,1*

ППТ – площадь поверхности тела; ИМТ – индекс массы тела; \*p<0,05 между соответствующими группами в разных видах спорта; §p<0,05 внутри данного вида спорта.

текать с асимметричным вариантом утолщения стенок сердца, которое лишь в половине случаев сопровождается реальной гипертрофией миокарда.

Только у 2 человек (0,2%) во всей когорте имелось сочетание значительной гипертрофии миокарда с уменьшенной полостью ЛЖ, что считается характерным для гипертрофической кардиомиопатии [11, 12]. Однако нарушений диастолической функции у них зарегистрировано не было.

**3. Вид спорта.** По классификации видов спорта в РФ футбол и хоккей относят к одному классу – игровые виды спорта [13]. Однако в соответствии с группами физической активности по J.N. Mitchell et al. [14] футбол относится к классу IC (с напряжением менее 20% от максимально достижимого), а хоккей – к классу IIС, т.е. с большими статическими нагрузками (20–50% от максимального напряжения). На практике у хоккеистов эта разница реализовывалась в большей частоте как концентрической (6,5% vs 2,3%, p<0,05), так и эксцентрической (41,5%

vs 35,6%) гипертрофии. В итоге различалась и общая частота гипертрофии (48 и 37,9% соответственно, p<0,05). Таким образом, можно констатировать, что тренировочные нагрузки в хоккее приводят к более частому развитию гипертрофии миокарда. Отношение шансов для ее развития среди хоккеистов было существенно выше, чем при занятиях футболом: OR=1,5 (ДИ 1,07–2,1).

**4. Длительность занятий спортом.** Среди футболистов гипертрофия чаще регистрировалась в более старшем возрасте, при более длительных занятиях и при большем ИМТ (табл. 3).

Среди хоккеистов наблюдалась сходная тенденция: спортсмены с наличием гипертрофии ЛЖ характеризовались более старшим возрастом, повышенными ППТ и ИМТ (табл. 3). Таким образом, наиболее важным фактором в обеих группах являлась масса тела, при повышении которой отношение шансов для возникновения гипертрофии значительно увеличивалось: OR=1,68 (ДИ 1,09–2,6).

Что касается длительности тренировок, корреляция между временем занятий спортом

и частотой гипертрофии во всей когорте была минимально выраженной:  $r=0,13$  ( $p<0,05$ ). Это подтверждается и тем фактом, что в хоккейной группе одна и та же длительность тренировок не приводила неизбежно к формированию гипертрофии (табл. 3). В то же время по сравнению с футболистами гипертрофия у них наступала в более раннем возрасте ( $15,5\pm 1,2$  vs  $16,1\pm 1,2$  лет,  $p<0,05$ ) и при более длительных занятиях спортом к этому времени ( $9,4\pm 2,1$  vs  $8,7\pm 2,6$  лет,  $p<0,05$ ). Однако этот факт можно объяснить тем, что хоккеисты начинали занятия примерно на 1 год раньше футболистов.

### Обсуждение

Оценка здоровья спортсменов и, в частности, состояния сердца требует наличия четких критериев. Так как на ЛЖ выпадают наибольшие нагрузки, обычно характеризуют именно его состояние. В настоящее время качественные характеристики типа «расширена камера», «утолщена стенка» уже недостаточны и принята оценка морфологических параметров в числовом выражении. Как правило, измеряются толщина межжелудочковой перегородки, толщина стенки ЛЖ и размер его полости, так как они, с одной стороны, могут значительно изменяться под воздействием спортивных тренировок, а с другой – легко доступны при рутинном эхокардиографическом исследовании.

Большинство исследователей проводят аналогию между гипертрофией сердца и толщиной стенки ЛЖ и/или межжелудочковой перегородки. Однако при таком подходе возможны методические ошибки, связанные с двумя особенностями:

1) весо-ростовые характеристики спортсменов могут превышать средние показатели в общей популяции, что затрудняет использование у них стандартных нормативов сердца. В нашем исследовании выявлено, что при размерах ППТ  $\geq 2$  м<sup>2</sup> толщина миокарда в 11 мм может быть вариантом нормы в 62,9% случаев. Таким образом, увеличение толщины стенки не тождественно гипертрофии ЛЖ;

2) у детей толщину миокарда необходимо сравнивать с центильными границами (или z-score) для каждой данной ППТ, а не с данными, полученными для взрослой популяции. Как показали наши наблюдения, у 10,9% спортсменов ТЗСЛЖ была менее 11 мм, однако при этом превышала 95-й центиль, и, наоборот, у 36,2% ТЗСЛЖ была более 11 мм, но находилась в пределах нормы.

Таким образом, для выявления гипертрофии сердца обязательным является не только оценка толщины миокарда, но и прямое вычисление его массы.

**Понятие и индексы гипертрофии.** Нередко в научных публикациях можно встретить сравнение средней величины массы миокарда у спортсменов с таковой у людей, ведущих сидя-

чий образ жизни, и последующие выводы о наличии у первых гипертрофии. Однако такой подход позволяет выявить только факт повышения массы миокарда, не отвечая на вопрос: выходит ли она за нормальные пределы? Поэтому различными исследователями были предприняты работы по выяснению данных границ, и в результате само понятие гипертрофии приобрело новый смысл. *Гипертрофия определяется как масса миокарда, превышающая нормальную величину для данного пола, роста и веса, а также этнической принадлежности человека.*

Поскольку понятие нормальной величины формируется из статистических данных, полученных для какой-либо популяции, и может колебаться в разных исследованиях, возникает необходимость в выявлении устойчивых связей между состоянием сердца и организма в целом. Достаточно адекватная индексация массы сердца у взрослых, сформировавшихся людей оказалась возможна с помощью ППТ, так как последняя является сравнительно постоянной величиной. В настоящее время достигнуто соглашение считать верхней границей нормы у здоровых взрослых людей величину 115 г на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела [4]. В то же время в детском и юношеском возрасте более принят так называемый аллометрический показатель – в виде отношения массы миокарда к длине тела в степени 2,7. Как было установлено ранее и подтверждено в наших исследованиях, величиной, наиболее точно соответствующей верхней границе нормы у детей, является 48 г/м<sup>2,7</sup> [9]. На величину этого индекса, в отличие от индекса по ППТ, не влияет наличие ожирения. В нормальной популяции или у молодых пациентов с артериальной гипертензией расхождение между индексами по росту (м<sup>2,7</sup>) и по ППТ (м<sup>2</sup>) составляет около 15,1%. В настоящем исследовании выявлено похожее расхождение – 14,8%, что объясняется значительными колебаниями ИМТ среди исследованных. Однако особенностью спортивной популяции является тот факт, что избыток массы тела возникает за счет не жировой, а мышечной ткани. В связи с этим среди подростков-спортсменов вполне возможно проводить оценку гипертрофии миокарда по индексу, рассчитанному на ППТ (г/м<sup>2</sup>).

Наиболее объективную итоговую оценку состояния сердца дает понятие ремоделирования, которое учитывает три основных параметра – толщину стенки, массу миокарда и размер полости ЛЖ. Как указывает ряд авторов, рост этих показателей у спортсменов обычно идет параллельно [15, 16]. Чрезмерное увеличение КДР ЛЖ (более 60 мм), особенно в сочетании с нарушениями систолической или диастолической функции желудочка, может свидетельствовать о наличии дилатационной кардиомиопатии [17], а сочетание гипертрофии миокарда с малой полостью желудочка (менее 45 мм) – о гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП) [11, 12]. Для

Классификация видов спорта (J.H. Mitchell et al., 2005, с изменениями)

Индексы	A (<40% max O <sub>2</sub> )	B (40–70% max O <sub>2</sub> )	C (>70% max O <sub>2</sub> )
III (>50% MVC)	<b>Низкодинамичный и высокостатичный</b> Бобслей Легкая атлетика (упражнения силовой направленности) Гимнастика Воинские единоборства Парусный спорт Скалолазание Водные лыжи Поднятие тяжестей Виндсерфинг	<b>Умеренно динамичный и умеренно статичный</b> Бодибилдинг Сноуборд Рестлинг Горные лыжи Скейтборд	<b>Высокодинамичный и высокостатичный</b> Бокс Каное Велоспорт Десятиборье Гребля академическая Конькобежный спорт Триатлон
II (20–50% MVC)	<b>Низкодинамичный и умеренно статичный</b> Стрельба из лука Автоспорт Прыжки в воду Конный спорт Мотоспорт Стендовая стрельба	<b>Умеренно динамичный и умеренно статичный</b> Американский футбол Легкая атлетика (прыжки) Фигурное катание Родео Регби Бег (спринт) Серфинг Синхронное плавание	<b>Высокодинамичный и умеренно статичный</b> Баскетбол Хоккей с шайбой Лыжи (коньковый ход) Лакросс Бег на средние дистанции Плавание Гандбол
I (<20% MVC)	<b>Низкодинамичный и низкостатичный</b> Бильярд Боулинг Крикет Керлинг Гольф Спортивная стрельба	<b>Умеренно динамичный и низкостатичный</b> Бейсбол Фехтование Настольный теннис Волейбол	<b>Высокодинамичный и низкостатичный</b> Бадминтон Лыжи (классика) Хоккей на траве Спортивное ориентирование Спортивная ходьба Сквош Бег на длинные дистанции Футбол Теннис

MVC (maximal voluntary contraction) – максимальное произвольное сокращение мышц; max O<sub>2</sub> – максимальное потребление кислорода.

последней характерна также толщина стенки 13 мм и более, а при 15 мм диагноз становится высоко вероятным. В наших наблюдениях ТЗСЛЖ $\geq$ 13 мм встретилась только в 0,7%, а малая полость ЛЖ, позволяющая заподозрить наличие ГКМП, только в 0,2% случаях. Так как нарушений диастолической функции у этих спортсменов зарегистрировано не было, данные изменения можно было трактовать как варианты спортивной гипертрофии.

Размеры сердца естественным образом увеличиваются с возрастом человека. Однако, по нашим данным, полости сердца у юных спортсменов остаются в пределах нормальных величин и даже несколько уменьшаются при расчете на ППТ. Средняя ТЗС во всей когорте составляла 8,9 $\pm$ 1,2 мм (что несколько меньше, чем у взрослых спортсменов – 12 мм в среднем), а 95-й центиль колебался около 11 мм. Так как ударный индекс ЛЖ практически не менялся и не коррелировал с возрастом, это может свидетельствовать о ранней и стабильной адаптации сердца к физическим нагрузкам.

Дополнительными факторами, влияющи-

ми на развитие гипертрофии и/или дилатации сердца, являются также вид спорта и длительность занятий. Однако сравнительные исследования на эту тему у подростков не проводились. В РФ футбол и хоккей объединены в одну группу игровых видов спорта [13], с чем нельзя согласиться, так как по интенсивности и виду тренировочных нагрузок они все-таки различаются. Более приемлемой кажется классификация, предложенная J.H. Mitchell et al. [14], в которой виды спорта подразделяются в соответствии с нарастанием их динамичных (индексы А, В, С) и статичных (индексы I, II, III) нагрузок (табл. 4). Динамические компоненты выражены в пиковом потреблении кислорода, отражающем соответствующее повышение сердечного выброса. Статические компоненты выражены в процентах от максимального произвольного сокращения мышц, которое определяет сосудистое сопротивление и нагрузку артериальным давлением. Данные показатели рассчитаны для соревновательных периодов, однако во время тренировок нагрузки могут оказаться еще выше.

В соответствии с этой классификацией футбол

относится к группе IC (высокодинамичной и низкостатичной), а хоккей – к группе IIC (высокодинамичной и умеренно статичной), представляя командный игровой вид с наивысшими нагрузками. Целесообразность подобного деления по величине и виду нагрузок находит подтверждение и в наших наблюдениях. Гипертрофия миокарда среди подростков, занимавшихся хоккеем, регистрировалась более часто, чем в футболе (48% vs 37,9%,  $p < 0,05$ ) с отношением шансов для ее развития  $OR = 1,5$  (ДИ 1,07–2,1). При этом преобладала как концентрическая, так и эксцентрическая гипертрофия ЛЖ.

### Заключение

Наши наблюдения указывают, что изменения сердца у юных спортсменов подвержены тем же закономерностям, что и у взрослых. Однако следует обратить внимание на следующие особенности:

1. У подростков необходимо оценивать не абсолютные величины толщины миокарда и полости ЛЖ, а нормативы, ориентированные на ППТ.
2. Спортивное ремоделирование сердца

может протекать с симметричным или асимметричным вариантом гипертрофии миокарда.

3. Для выявления гипертрофии миокарда недостаточно определять только толщину миокарда, необходимы прямые вычисления его индексированной массы.

4. Индекс массы миокарда с верхней границей нормы 115 г на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела допустимо использовать в спортивной популяции и при повышенной массе тела (при условии, что избыточный вес обусловлен мышечной, а не жировой массой).

5. Ремоделирование сердца у юных спортсменов в таких игровых видах спорта, как футбол и хоккей, встречается в 51,6% случаев, что отражает раннюю адаптацию к высоким нагрузкам. Наиболее частый вариант – эксцентрическая гипертрофия (40,3%), что свидетельствует о комбинированной нагрузке на сердце объемом и давлением.

6. Занятия хоккеем сопровождаются более частым развитием гипертрофии миокарда, чем занятия футболом.

### Литература

1. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 320 (7244): 1–6.
2. Мартыросов Э.Г., Николаев Д.Н., Руднев С.Н. Состав тела. М.: Наука, 2006: 248.
3. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Publisher: LWW, 2013: 480.
4. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiography*. 2005; 18: 1440–1463.
5. Pettersen MD, Du W, Sheens ME, Humes RA. Regression equations for calculation of z scores of cardiac structures in a large cohort of healthy infants, children, and adolescents: an echocardiographic study. *J. Am. Soc. Echocardiography*. 2008; 2: 922–934.
6. Warren AE, Boyd ML, O'Connell C, Dodds L. Dilatation of the ascending aorta in paediatric patients with bicuspid aortic valve: frequency, rate of progression and risk factors. *Heart*. 2006; 92: 1496–1500.
7. Maron BJ. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 1986; 7: 190–203.
8. The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics*. 2004; 114: 555–576.
9. Шарыкин А.С., Трунина И.И., Тележникова Н.Д., Рыбалко Н.А., Карелина Е.В., Ванеева А.М., Кулышева О.Г., Изимариева Д.В. Различные способы оценки гипертрофии миокарда левого желудочка у подростков с артериальной гипертензией и избыточной массой тела. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2015; 60 (3): 71–80.
10. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиа Сфера, 2003: 312.
11. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes. Insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1995; 91: 1596–1601.
12. Sharma S, Maron BJ, Whyte G, et al. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: Relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002; 40: 1431–1436.
13. Орджоникидзе З.Г., Павлов В.И. Функционально-диагностическое обследование спортсменов и физически активных лиц: Методические рекомендации. М., 2007; 16: 22.
14. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2005; 45 (8): 1364–1367.
15. Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, 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): 1727–1733.
16. Somauroo JD, Pyatt JR, Jackson M, et al. An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart*. 2001; 85: 649–654.
17. Makan J, Sharma S, Firoozi S, et al. Physiological upper limits of ventricular cavity size in highly trained adolescent athletes. *Heart*. 2005; 91: 495–499.