

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ-КОНЬКОБЕЖЦЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕННОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА И СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

О.Н. Малах*, К.В. Голощапова**

**Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
Республика Беларусь*

***Витебское государственное училище олимпийского резерва, Республика Беларусь
E-mail: malaholga1@gmail.com*

Аннотация. Изменение геометрии сердца происходит быстрее под влиянием физических нагрузок, направленных на развитие выносливости. Тренировочные нагрузки и у спринтеров, и у стайеров приводят к умеренной дилатации полости левого желудочка у юных конькобежцев высокой спортивной квалификации.

Ключевые слова: ремоделирование сердца, геометрия сердца, гипертрофия миокарда левого желудочка, дилатация, направленность тренировочного процесса.

Под влиянием физических нагрузок происходят различные морфофункциональные адаптационные изменения: расширяется полость левого желудочка, увеличивается толщина стенки левого желудочка, увеличивается масса миокарда левого желудочка. Все эти показатели находятся в прямой зависимости от направленности тренировочного процесса: если доминирующими являются упражнения динамического характера, направленные на развитие выносливости, то происходит увеличение объема полости левого желудочка, если же преобладают статические нагрузки (или динамические нагрузки с преимущественным проявлением силы), то происходит утолщение стенки левого желудочка [1].

Термин ремоделирование применяется для характеристики структурно-функционального состояния спортивного сердца. Под ремоделированием понимают процесс изменения структуры и функций сердца, в результате которого происходит увеличение массы миокарда, расширение полостей сердца, изменение геометрических параметров желудочков [2]. Ремоделирование начинается с физиологической гипертрофии левого желудочка. Оно возникает в ответ на длительные и интенсивные физические нагрузки в результате гипертрофии миокарда и гиперфункции левого желудочка [3]. Некоторые авторы считают, что ремоделирование левого желудочка является признаком патологического процесса, при котором нарушается систолическая и диастолическая функции сердца и увеличивается сердечно-сосудистый риск [4]. Под влиянием нагрузок различной направленности возникают различные варианты геометрии левого желудочка.

Для определения типа геометрии вычисляют массу миокарда левого желудочка и относительную толщины его стенки. Существуют следующие типы ремоделирования.

1. Нормальная геометрия. В этом случае масса миокарда и относительная толщина стенки левого желудочка находятся в пределах нормы.

2. Концентрическая гипертрофия. При этом увеличивается масса миокарда и относительная толщина стенки левого желудочка. При данном типе гипертрофии увеличивается толщина стенок левого желудочка, масса миокарда возрастает, а размер полости левого желудочка остается в норме. Такие изменения характерны для сердца спортсменов, применяющих силовые нагрузки [1]. Концентрическая гипертрофия развивается при длительных перегрузках давлением. Вновь синтезируемые саркомеры располагаются параллельно существующим, при этом увеличивается толщина стенки, а размеры полости остаются прежними. Потребность миокарда в кислороде возрастает. Снижается эластичность стенок левого желудочка. Все это приводит к снижению напряжения в стенке

левого желудочка, в результате чего ухудшается диастолическое наполнение левого желудочка и нарушается нормальная работа сердца, т.е. происходит дизадаптация.

3. Эксцентрическая гипертрофия. Для нее характерно увеличение массы миокарда левого желудочка при нормальной толщине его стенки. При данном типе гипертрофии происходит пропорциональное увеличение диаметра полости и толщины стенок левого желудочка. Такая гипертрофия характерна для динамических нагрузок направленных на развитие выносливости. Объем крови, поступающей в сердце, увеличивается, следовательно, возрастает давление на стенки левого желудочка, что приводит к изменению длины кардиомиоцитов. Полость левого желудочка расширяется. Вновь синтезированные саркомеры выстраиваются последовательно за старыми, осуществляя их удлинение. Вместе с увеличением толщины стенки левого желудочка увеличивается и его радиус. Утолщение стенок происходит компенсаторно, с целью снятия напряжения сердечной мышцы, то есть развивается гипертрофия. Напряжение стенки левого желудочка во время систолы не увеличивается, но в полости систолическое давление повышается. Такой тип гипертрофии является адаптивным [5]. Благодаря такой гипертрофии обеспечивается нормальная сократительная функция миокарда достаточно долго. Сократимость левого желудочка будет нормальной до тех пор, пока не повысится систолическое напряжение стенок желудочка [6].

4. Концентрическое ремоделирование. Масса миокарда не выходит за пределы допустимой нормы, однако стенка левого желудочка утолщается.

5. Эксцентрическое ремоделирование. Происходит уменьшение массы миокарда и относительной толщины стенки левого желудочка по сравнению с предельно допустимыми значениями нормы, но при этом конечно-диастолический размер левого желудочка увеличивается [7].

Геометрия левого желудочка играет важную прогностическую роль. Согласно статистическим данным, при концентрической гипертрофии повышается риск внезапной смерти, при эксцентрической – возможно развитие хронической сердечной недостаточности [8]. Обе эти гипертрофии являются прогностически неблагоприятными, так как в обоих случаях возможно развитие желудочковых экстрасистол высоких градаций и наджелудочковых аритмий [9].

Гипертрофия является компенсаторным механизмом, в результате которого происходит ремоделирование миокарда для поддержания в условиях перегрузки левого желудочка насосной функции сердца. Если перегрузка длительная, то даже изменение структуры и функций сердца может быть недостаточно для обеспечения компенсации. В этом случае развивается сердечная недостаточность [6].

Таким образом, на основе выявления взаимосвязи между нагрузками различной направленности и возникновением изменений морфометрических показателей сердца, можно обоснованно построить тренировочный процесс с учетом индивидуальных особенностей и конкретного варианта адаптации сердца к нагрузкам различной направленности, что позволит достичь высоких спортивных результатов и сохранить здоровье спортсмена.

Цель исследования - выявить изменения морфометрических показателей сердца у спортсменов-конькобежцев, вызванных различной направленностью тренировочного процесса и спортивной квалификации.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 82 спортсмена-конькобежца. Из них 22 спортсмена имеют высокую спортивную квалификацию, являются кандидатами в мастера спорта и мастерами, 60 человек – спортсмены со средней спортивной квалификацией (спортсмены, имеющие спортивные разряды). Показатели спортсменов рассматривались в зависимости от возраста, уровня спортивной квалификации и направленности тренировочного процесса.

Эхокардиографическое исследование сердца проводилось на базе УЗ «Витебский областной диспансер спортивной медицины». Для анализа морфометрических данных использовались следующие показатели: КДР ЛЖ – конечно-диастолический размер левого желудочка; КСР ЛЖ – конечно-систолический размер левого желудочка; ТЗС ЛЖд – толщина задней стенки левого желудочка в диастолу; ТЗС ЛЖс – толщина задней стенки левого желудочка в систолу; ТМЖПд – толщина межжелудочковой перегородки в диастолу; ТМЖПс – толщина межжелудочковой перегородки в систолу; ММ ЛЖ – масса миокарда левого желудочка. Для построения геометрической модели были использованы: ИС - индекс сферичности; ИММ ЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка; ИОТС ЛЖ – индекс относительной толщины стенки левого желудочка.

Индекс сферичности рассчитывали по формуле (1), индекс относительной толщины стенок левого желудочка – по формуле (2):

$$ИС = \frac{КДРЛЖ_{\text{поперечный}}}{КДРЛЖ_{\text{продольный}}}$$

Формула 1

$$ИОТСЛЖ = \frac{(ТМЖП + ТЗСЛЖ)}{КДРЛЖ}$$

Формула 2

В норме величина ОТС не должна превышать 0,44. Этот показатель демонстрирует утолщение стенок в сравнении с изменением размеров полости ЛЖ. При определении ОТС не учитывается соотношение размеров ЛЖ с размерами тела спортсмена. Поэтому необходимо вычисление ИММЛЖ.

Нормой показателя ИММЛЖ принято считать следующие значения:

– у мужчин – менее 134 г/м²,

– у женщин – менее 110 г/м² (Европейское общество кардиологов, 2004). Превышение нормальных значений говорит о наличии гипертрофии левого желудочка.

Для определения наличия гипертрофии использовали показатель отношения ТМЖП к ТЗСЛЖ, который должен быть менее 1,0, при этом ТМЖП не должна превышать 11 мм. В противном случае, речь идет о наличии гипертрофии.

Различают следующие степени гипертрофии:

легкая – ИММЛЖ от 135 до 151 г/м²;

умеренная – ИММЛЖ от 152 до 172 г/м²;

тяжелая – ИММЛЖ более 173 г/м² [10].

В соответствии с этими показателями оценивали адаптацию сердца спортсменов к нагрузкам. Адаптивное ремоделирование: ИС ЛЖ < 0,6; ИММЛЖ < 228 г/мл; ИОТСЛЖ < 0,45. Ремоделирование неадаптивное: ИС ЛЖ > 0,6; ИММЛЖ > 228 г/мл; ИОТСЛЖ > 0,45. При сохранении эллипсоидной формы (т.е. геометрия ЛЖ не изменяется): ИС ЛЖ < 0,6; ИММЛЖ < 118 г/мл; ИОТСЛЖ < 0,45.

Гипертрофию определяли по следующим критериям ЛЖ: толщина стенок > 1,1 см; увеличение ММЛЖ; ИММЛЖ > 115 г/м². Опираясь на показатели относительной толщины стенок, различают следующие типы гипертрофии: концентрическая (ИОТСЛЖ > 0,42) и эксцентрическая (ИОТСЛЖ ≤ 0,42).

В процессе смены адаптивного ремоделирования на дезадаптивное ЛЖ утрачивает эллипсоидную форму, при этом отмечается нарастанием индекса сферичности. При адаптивном ремоделировании ЛЖ сферичности ЛЖ в систолу превышает 0,7, а размеры относительной толщина стенок равны 0,30 - 0,45. При дезадаптивном ремоделировании

индекс сферичности ЛЖ во время систолы становится больше 0,80, а размеры относительной толщины стенок ЛЖ становятся меньше 0,30.

Результаты и их обсуждение. В группе мальчиков ИС выше на 11 %, ИММЛЖ на 26% у спринтеров. В группе юношей 16-20 лет ИС выше у спринтеров на 4%, а ИОТСЛЖ и ИММЛЖ выше у стайеров, на 6 и 18% соответственно. В возрасте 20 – 23 лет показатели, учитывая стандартные отклонения, находятся на одном уровне (табл. 1). Следовательно, у спортсменов-спринтеров и стайеров высокой квалификации ИОТСЛЖ и ИММЛЖ соответствуют физиологической норме, что свидетельствует об адаптивном ремоделировании.

У спортсменов с высокой спортивной квалификацией после 16 лет в группе стайеров происходит увеличение параметров сердца по сравнению со спринтерами. Это говорит о том, что ремоделирование происходит интенсивнее в группе спортсменов, тренирующих выносливость.

Сравнивая показатели стайеров высокой и средней квалификации, видно, что в группе мальчиков ИММЛЖ выше на 13%, ИС на 5%, ИОТСЛЖ на 7% в группе квалифицированных спортсменов. У юношей 16-20 лет ИС выше на 6%, ИОТСЛЖ на 13%, ИММЛЖ на 25 % у высококвалифицированных спортсменов. У юношей после 20 лет ИС выше на 6%, ИОТСЛЖ на 16%, ИММЛЖ на 34% (табл. 2, 3).

Таблица 1. – Оценка геометрической модели левого желудочка у стайеров высокой квалификации (КМС, МС)

Показатели	Стайеры высокой квалификации	
	Юноши 16 – 20 лет (n=6)	Юноши 21 – 23 года (n=5)
ИС	0,66±0,07**	0,66±0,09***
ИОТСЛЖ	0,34±0,03**	0,36±0,03***
ИММЛЖЖ, г/м ²	87,74±9,00**	101,48±13,65***

Примечания: *Различия данных достоверны между группой стайеров и спринтеров 13 – 15 лет, p<0,05. **Различия данных достоверны между стайерами и спринтерами 16 – 20 лет, p<0,05. *** Различия данных достоверны между спринтерами и стайерами 21 – 23 лет, p<0,05.

Таблица 2. – Оценка геометрической модели левого желудочка у стайеров средней квалификации (спортсмены-разрядники)

Показатели	Стайеры средней квалификации		
	Мальчики 13 – 15 лет (n=11)	Юноши 16 – 20 лет (n=8)	Юноши 21 – 23 года (n=8)
ИС	0,57±0,08*	0,62±0,04**	0,62±0,02***
ИОТСЛЖ	0,27±0,04*	0,3±0,02**	0,31±0,02***
ИММЛЖЖ, г/м ²	60,06±14,23*	70,11±4,41**	75,70±9,36***

Примечания: *Различия данных достоверны между группой стайеров и спринтеров 13 – 15 лет, p<0,05. **Различия данных достоверны между стайерами и спринтерами 16 – 20 лет, p<0,05. *** Различия данных достоверны между спринтерами и стайерами 21 – 23 лет, p<0,05.

Таблица 3. – Оценка геометрической модели левого желудочка у спринтеров высокой квалификации

Показатели	Спринтеры высокой квалификации	
	Юноши 16 – 20 лет (n=6)	Юноши 21 – 23 года (n=5)
ИС	0,69±0,07**	0,72±0,05***
ИОТСЛЖ	0,32±0,04**	0,37±0,03***
ИММЛЖЖ, г/м ²	74,60±22,41**	112,34±22,36***

Примечания: *Различия данных достоверны между группой стайеров и спринтеров 13 – 15 лет, p<0,05. **Различия данных достоверны между стайерами и спринтерами 16 – 20 лет, p<0,05. *** Различия данных достоверны между спринтерами и стайерами 21 – 23 лет, p<0,05.

Таблица 4. – Оценка геометрической модели левого желудочка у спринтеров средней квалификации.

Показатели	Спринтеры средней квалификации		
	Мальчики 13 – 15 лет (n=15)	Юноши 16 – 20 лет (n=13)	Юноши 21 – 23 года (n=10)
ИС	0,54±0,01*	0,61±0,04**	0,67±0,08***
ИОТСЛЖ	0,27±0,04*	0,25±0,02**	0,30±0,03***
ИММЛЖЖ, г/м ²	58,78±8,73*	68,39±3,79**	99±15,36***

Примечания: *Различия данных достоверны между группой стайеров и спринтеров 13 – 15 лет, p<0,05. **Различия данных достоверны между стайерами и спринтерами 16 – 20 лет, p<0,05. *** Различия данных достоверны между спринтерами и стайерами 21 – 23 лет, p<0,05.

В группе спринтеров показатели выше у спортсменов высокой квалификации. В 13 – 15 лет ИС выше на 24%, ИММЛЖ на 46 %. В 16 – 20 лет ИС выше на 13 %, ИОТСЛЖ на 28%, ИММЛЖ на 9%. После 20 лет ИС выше на 7%, ИОТСЛЖ на 23%, ИММЛЖ на 13 % (табл. 4). Следовательно, независимо от возраста, показатели увеличены у высококвалифицированных спортсменов по сравнению со спортсменами со средней квалификацией.

После 20 лет у спортсменов со средней квалификацией ИС в пределах нормы, а у некоторых спортсменов высокой квалификации он проходит по крайней границе или даже выходит за пределы. ИОТСЛЖ и ИММЛЖ у высококвалифицированных спортсменов выше, но лишь у отдельных спортсменов выходит за пределы нормы, что говорит, в целом, об адаптивном моделировании.

Спортсмены-спринтеры высокой квалификации демонстрируют во всех возрастных группах более высокие средние показатели. У спортсменов высокой квалификации ИС выходит за пределы нормы, однако ИММЛЖ и ИОТСЛЖ входят в границы нормы, поэтому можно сделать вывод, что у единичных спортсменов высокой квалификации изменяется геометрия сердца, а в среднем она сохраняется.

Таким образом, у стайеров по мере увеличения нагрузок на выносливость изменяются геометрические показатели левого желудочка: увеличивается толщина задней стенки, межжелудочковой перегородки, что говорит о начале геометрических изменений сердца спортсменов-конькобежцев еще в юношеском возрасте.

Ремоделирование у конькобежцев-стайеров, исходя из полученных данных, адаптивное. Стенки левого желудочка утолщаются, масса миокарда возрастает. Все это

наблюдается с ростом спортивного мастерства. Чем дольше и интенсивнее спортсмен тренируется, тем более явные изменения линейных размеров сердца можно наблюдать (увеличивается КСР и КДР левого желудочка). Также наблюдается незначительная дилатация полости левого желудочка. Это является приспособительной реакцией к большим нагрузкам.

У спринтеров перестройки сердца наблюдаются только после 16 лет (незначительные отклонения от нормы некоторых показателей). К 23 годам происходят морфометрические изменения: увеличивается масса миокарда, толщина стенок. Показатели говорят об адаптивном моделировании. У конькобежцев-стайеров по сравнению со спринтерами наблюдаются увеличение показателей ТЗСЛЖ, ММЛЖ, ИММЛЖ, что может говорить о небольшой дилатации и гипертрофии левого желудочка. Изменение геометрии ЛЖ было выявлено в группе спринтеров (21 – 23 года) и юношей-стайеров (16 – 23).

Заключение. Было установлено, что при адекватной нагрузке к 23 годам у спортсменов примерно одинаковые показатели изменения миокарда. Ремоделирование адаптивное. Однако изменение геометрии сердца происходит быстрее под влиянием физических нагрузок, направленных на развитие выносливости. На процесс ремоделирования влияет также спортивный стаж и уровень спортивной квалификации.

Литература

1. Fagard, R. Athlete's heart / R. Fagard // *Generalcardiology*. – 2003. – Vol. 89. – P. 1455–1461.
2. Valili, B.A. Prognostic implications of left hypertrophy / B.A. Valili, P.M. Okin, R.B. Devereux // *American Heart Journal*. – 2001. – Vol. 141. – P. 334–341.
3. Солодков, А.С. Особенности ремоделирования и функционирования левого желудочка сердца у спортсменов / А.С. Солодков, А.Х. Талибов, С.П. Марченко // *Теория и практика физической культуры*. – 2007. – № 1. – С. 6–9.
4. Бурдина, Е.Н. Различия в геометрии левого желудочка у здоровых лиц, оптимизация формы или начало ремоделирования / Е.Н. Бурдина, А.Н. Шопин, А.В. Соболев [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2010. – № 3. – С. 30–36.
5. Рязанов, А.С. Гипертрофия миокарда левого желудочка. Вопросы патогенеза / А.С. Рязанов, М.Д. Смирнова, А.П. Юренев // *Терапевтический архив*. – 2000. – № 2. – С. 672–677.
6. Масхулия, Л. Влияние интенсивной физической нагрузки на морфометрические и функциональные показатели левого желудочка спортсменов высокой квалификации: автореф. дис. ... канд. мед наук: 14.00.12 / Л. Масхулия; Тбилисский гос. мед. ун-т. – Тбилиси, 2006. – 22 с.
7. Devereux, R.B. Left ventricular hypertrophy and geometric remodelling in hypertension: stimuli, functional consequences and prognostic implications / R.B. Devereux, G. de Simone, A. Ganau, M.J. Roman // *Hypertension*. – 1994. – Vol. 12. – P. 117–127.
8. Devereux, R.B. Measurement of left ventricular mass: methodology and expertise / R.B. Devereux, R. Pini, G.P. Aurigemma, M.J. Roman // *Hypertension*. – 1997. – Vol. 15. – P. 801–809.
9. Рябиков, А.Н. Структурные изменения артериальной стенки и миокарда в популяции по данным ультразвукового исследования: методические аспекты, детерминанты и прогностическое значение: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.06, 14.00.19 / А.Н. Рябиков. – Новосибирск, 2006. – 256 с.
10. Gottdiener, J.S. Left ventricular mass, diastolic dysfunction, and hypertension / J.S. Gottdiener // *Adv. Intern. Medicine*. – 1993. – Vol. 38. – P. 31–56.