

## СВЯЗЬ ОСОБЕННОСТЕЙ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ СЕРДЦА С ХАРАКТЕРОМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ПРИ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Баев О.А.

Срочным приспособительным реакцией сердечно-сосудистой системы организма у юношей с большей выраженностью признаков морфофункциональной перестройки сердца свойственны меньшая частота сердечных сокращений, более интенсивное снижение конечного систолического объема и увеличение ударного объема левого желудочка в условиях велоэргометрических нагрузок возрастающей мощности.

Ключевые слова: адаптация, масса миокарда, левый желудочек, сердечно-сосудистая система, ультразвуковое исследование.

### ВВЕДЕНИЕ

Потребность в значительном увеличении систолического и минутного объемов крови при физических нагрузках и связанная с этим длительная гиперфункция сердца приводят к его увеличению за счет тоногенной дилатации и умеренной гипертрофии миокарда. Особая роль в адаптации сердца к физическим нагрузкам отводится приросту сократительной способности сердечной мышцы и увеличению ударного объема [1-7]. Повышение сердечного выброса является более экономичным, если оно осуществляется не за счет увеличения частоты сердечных сокращений, а благодаря приросту ударного объема, который обеспечивается большим базальным резервным объемом крови [8]. В процессе мышечной работы характер адаптационных изменений в деятельности сердечно-сосудистой системы находится в зависимости не только от мощности и длительности нагрузок, но и от характера выполняемых упражнений [8; 9-11]. При статических нагрузках, наряду с увеличением частоты сердечных сокращений, происходит снижение ударного объема и показателя фракции выброса. Динамическим нагрузкам свойственно повышение систолического давления, незначительные колебания диастолического и среднего давления с характерным снижением общего периферического сопротивления сосудов [9-11]. Значительный интерес вызывает проблема оценки приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы организма с учетом особенностей морфофункциональной перестройки сердца. Однако, сведения в данной сфере остаются недостаточными. Исходя из этого, целью нашего исследования стало изучение особенностей срочных приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы организма в условиях динамических нагрузок у юношей с разными параметрами конечного диастолического объема и массы миокарда левого желудочка.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали состояние сердечно-сосудистой системы организма у 120 практически здоровых юношей в возрасте 18-20 лет. Основную группу составили студенты Института физической культуры и спорта ЛНУ им. Т.Г. Шевченко (представители циклических видов спорта), контрольную - студенты других факультетов, не занимающиеся спортом.

Ультразвуковое исследование сердца [12] проведено в М-модальном режиме (M-mode) с помощью диагностического комплекса „Радмир” (модель ТИ 628А, Украина) в стандартных ультразвуковых проекциях, рекомендованных American Society of Echocardiography. Определяли следующие морфофункциональные параметры сердца: толщину задней стенки левого желудочка (ЛЖ) во время диастолы (ТЗСЛЖд, см), толщину межжелудочковой перегородки во время диастолы (ТМЖПд, см), конечный систолический (КСР, см) и конечный диастолический (КДР, см) размеры левого желудочка; конечный систолический (КСО, мл) и конечный диастолический (КДО, мл) объемы левого желудочка; фракцию укорочения (% $\Delta S$ ) и фракцию выброса (ФВ, %); ударный (УО, мл) и минутный (МО, ) объемы левого желудочка. Рассчитаны масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ, г) и ее индекс (ИММЛЖ). Артериальное давление измеряли

аускультативным методом Короткова, среднее давление (САД, мм.рт.ст.) определяли по формуле Никкма [13].

Велоэргометрию осуществляли в горизонтальном положении тела с помощью трехступенчатого теста на велоэргометре ЭМ-369 фирмы Elema (Швеция). Мощность первой ступени нагрузки составляла 50 Вт (300 кгм/мин). На такую же величину увеличивали мощность следующих двух нагрузок [14]. Частота педалирования контролировалась тахометром и составляла 60 об/мин. Длительность каждой ступени нагрузки - 5 минут, длительность отдыха между ними - 3 минуты. В конце выполнения каждой ступени нагрузки определяли параметры центральной кардиогемодинамики и артериального давления. Во время нагрузок проводили непрерывный мониторинг ЭКГ. Полученный экспериментальный материал обработали методами параметрической и непараметрической статистики с использованием программ Statistica for Windows 5.0 и Microsoft Excel 97.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ультразвуковое исследование выявило изменения в морфометрических параметрах сердца, которые развиваются под воздействием длительных физических нагрузок у юношей основной группы (табл. 1).

Таблица 1.

Морфофункциональные параметры ( $X \pm m$ ) сердца юношей зафиксированные из левой парастеральной позиции (PSLAX)

Группа	Показатели ЭхоКГ			
	КДР, см	КСР, см	ТМЖПд, см	ТЗСЛЖд, см
основная контрольная	5,23±0,06	3,38±0,04	0,97±0,03	0,98±0,03
	4,91±0,06***	3,23±0,04**	0,81±0,03**	0,88±0,03**
основная контрольная	КСО, мл	КДО, мл	ММЛЖ, г	ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>
	47,3±1,4	132,2±3,8	150,7±5,5	86,6±3,4
	42,1±1,3*	114,3±3,6***	123,3±5,7**	71,6±3,7**
основная контрольная	УО, см	МО, мл/м	ФВ, %	%ΔS
	85,0±2,8	5,4±0,19	64,1±1,2	0,35±0,005
	72,1±3,0**	5,1±0,26	62,7±1,1	0,34±0,008
основная контрольная	ЧСС, уд/мин	АДс, мм.рт. ст.	АДд, мм.рт. ст.	САД, мм.рт.ст
	63,4±1,3	116,3±1,1	71,5±0,9	86,5±0,9
	71,0±1,4***	119,9±1,2*	74,6±1,0*	89,7±1,0*

Примечание: Достоверность разницы: между показателями основной и контрольной групп - \* ( $p < 0,05$ ), \*\* ( $p < 0,01$ ), \*\*\* ( $p < 0,001$ ).

При сравнении с контролем, у юношей основной группы выявлены достоверно ( $p < 0,01$ ) большие показатели толщины задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки. Кроме того, достоверно ( $p < 0,01-0,001$ ) большими, чем в контроле, оказались показатели конечных диастолического и систолического размеров левого желудочка (табл. 1). Следовательно, результаты наших исследований свидетельствуют, что под воздействием тренировочных нагрузок в морфометрических параметрах сердца юношей происходят адаптивные изменения, которые приводят к увеличению толщины сердечной мышцы и функциональных размеров левого желудочка.

Исследование функциональных объемов левого желудочка показало, что у представителей основной группы под воздействием длительных физических нагрузок происходит увеличение параметров КДО и КСО. Как видно из таблицы 1, величины КДО и КСО в основной группе достоверно ( $p < 0,05-0,001$ ) превышают контрольные значения. Масса миокарда левого желудочка и ее индекс в основной группе также оказались достоверно ( $p < 0,01$ ) большими по сравнению с контролем. Выявленное достоверное ( $p < 0,01$ ) увеличение показателя УО в основной группе свидетельствует, очевидно, об увеличении сократительной способности левого желудочка под воздействием тренировочных нагрузок на организм. Следствием перестройки механизмов регуляции сердечного ритма и артериального давления, усиления парасимпатических влияний при адаптации организма к физическим нагрузкам стало достоверное ( $p < 0,05-0,001$ ) снижение частоты сердечных сокращений и параметров Атс, АДд и САД в основной группе по сравнению с контролем (табл. 1).

Таким образом, увеличение функциональных размеров и объемов, массы миокарда левого желудочка сердца, снижение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя свидетельствуют о развитии морфофункциональной адаптации сердца под воздействием тренировочных нагрузок, повышение адаптационных возможностей, достижения более оптимального и экономичного уровня функционирования сердечно-сосудистой системы.

В таблице 2 представлены сведения о характере изменений параметров сердечно-сосудистой системы организма юношей во время выполнения велоэргометрических нагрузок возрастающей мощности.

Таблица 2.

Показатели сердечной деятельности у юношей основной группы при нагрузках повышающейся мощности ( $X \pm m$ )

УСЛОВИЯ	Показатели						
	КСО, мл	КДО, мл	УО, см	ФВ, %	% $\Delta S$	ЧСС, уд/мин	САД, мм.рт.ст.
Покой	47,3 $\pm 1,4$	132,2 $\pm 3,8$	85,0 $\pm 2,8$	64,1 $\pm 1,2$	0,35 $\pm 0,005$	63,4 $\pm 1,3$	86,5 $\pm 0,9$
50 Вт	41,9 $\pm 1,3^{**}$	149,9 $\pm 4,2^{**}$	108,0 $\pm 3,5^{***}$	72,0 $\pm 2,0^{**}$	0,42 $\pm 0,005$ *	97,3 $\pm 2,4^{***}$	94,8 $\pm 1,6^{***}$
100 Вт	38,8 $\pm 1,3^{***}$	157,5 $\pm 5,1^{***}$	118,7 $\pm 4,1^{***}$	75,4 $\pm 2,8^{**}$	0,45 $\pm 0,005$ *	124,7 $\pm 3,2^{***}$	100,9 $\pm 2,1^{***}$
150 Вт	35,3 $\pm 1,2^{***}$	163,9 $\pm 5,6^{***}$	128,6 $\pm 4,6^{***}$	78,5 $\pm 3,1^{***}$	0,48 $\pm 0,006$ *	149,2 $\pm 3,8^{***}$	108,3 $\pm 2,4^{***}$

Примечание. Достоверность разницы: между показателями в состоянии покоя и после нагрузок - \* ( $p < 0,05$ ), \*\* ( $p < 0,01$ ), \*\*\* ( $p < 0,001$ ).

Охарактеризовать особенности срочного реагирования параметров сердечной деятельности в условиях нагрузок у юношей с разной степенью морфофункциональной перестройки сердца позволило использование методики Р.Г.Оганова [13].

В зависимости от колебаний величин коэффициента вариации ( $C_v$ ), значения КДО у юношей основной группы были отнесены нами к трем группам: с высокими, средними и низкими градациями значений (табл. 3).

Таблица 3.

Показатели сердечной деятельности у юношей с разным диапазоном значений КДО и ММЛЖ при нагрузках возрастающей мощности

КДО в покое	Показатели сердечной деятельности							
	КСО, мл	КДО, мл	УО, см	ФВ, %	ХО, мл/м	%ΔS	ЧСС, уд/мин	САТ, мм.рт.ст
Мощность нагрузки 50 Вт (300 кгм/мин)								
Высокие (n=10)	35,3	151,2	115,7	76,7	10,6	0,46	91,6	92,3
	± 1,4	± 4,7	± 4,0	± 2,9	± 0,35	± 0,07	± 3,2*	± 2,0
Средние (n=26)	36,2	146,8	110,6	75,4	10,5	0,45	95,1	94,0
	± 1,1	± 3,9	± 3,2	± 1,9	± 0,29	± 0,05	± 2,3	± 1,6
Низкие (n=24)	38,5	145,6	107,1	73,5	11	0,43	102,4	96,7
	± 1,3	± 4,1	± 3,4	± 2,4	± 0,32	± 0,06	± 2,6	± 1,9
Мощность нагрузки 100 Вт (600 кгм/ мин)								
Высокие (n=10)	30,1	159,4	129,3	80,6	15,0	0,5	116,1	97,2
	± 1,4**	± 5,6	± 4,5*	± 3,2	± 0,42	± 0,07	± 3,4**	± 2,4
Средние (n=26)	33,9	154,9	121,0	78,1	15,1	0,47	124,8	99,1
	± 1,1	± 4,8	± 4,0	± 2,7	± 0,38	± 0,05	± 2,9	± 1,8
Низкие (n=24)	35,9	151,8	115,9	76,6	14,9	0,46	129,4	100,9
	± 1,3	± 5,2	± 4,2	± 3,1	± 0,4	± 0,06	± 3,0	± 2,2
Мощность нагрузки 150 Вт (900 кгм/мин)								
Высокие (n=10)	27,02	166,56	140,0	83,8	19,3	0,53	138,4	106,1
	± 1,3**	± 6,0	± 4,9*	± 3,2	± 0,5	± 0,06	± 4,1**	± 3,0
Средние (n=26)	29,6	162,6	133,1	81,8	18,9	0,51	142,2	110,2
	± 1,1	± 5,4	± 4,5	± 2,7	± 0,44	± 0,05	± 3,6*	± 2,5
Низкие (n=24)	32,5	157,48	125,0	79,4	19,4	0,49	154,9	111,3
	± 1,2	± 5,7	± 4,6	± 3,1	± 0,47	± 0,06	± 3,8	± 2,7

Примечание. Достоверность разницы: между показателями групп с высокими, средними значениями и показателями группы с низкими значениями - \* (p<0,05), \*\* (p<0,01).

Группа значений считалась однородной если величины C<sub>v</sub> не превышали или равнялись 10%. Для каждой группы проводился расчет средних значений ММЛЖ. Таким образом, в первую группу (высокие значения) вошли лица с диапазоном колебаний КДО 151,8 мл до 171,2 мл (масса миокарда – 164,3±6,2 г); ко второй группе (средние значения) лица с диапазоном колебаний КДО 120,5 мл до 145,6 мл (масса миокарда – 145,4±8,1 г); в третью группу (низкие значения) вошли лица с диапазоном колебаний КДО от 93,4 мл до 118,2 мл (масса миокарда – 126,3±9,7 г).

В состоянии физиологического покоя нами не были выявлены достоверные отличия между показателями сердечной деятельности у лиц с разными градациями значений КДО и ММЛЖ. Однако, во время выполнения велоэргометрической нагрузки мощностью 50 Вт у юношей с высокими значениями КДО и ММЛЖ частота сердечных сокращений оказалась достоверно (p<0,05) ниже, чем у юношей с низкими значениями. Во время выполнения нагрузки мощностью 100 Вт величина конечного систолического объема левого желудочка и ЧСС в группе юношей с высокими значениями КДО и ММЛЖ оказалась достоверно (p<0,01) ниже, чем в группе лиц с низкими значениями. Кроме того, параметры ударного объема в группе лиц с высокими значениями КДО и ММЛЖ достоверно (p<0,05) превышали величину аналогичного показателя в группе с низкими значениями. Применение нагрузки мощностью 150 Вт показало, что в группе юношей с высокими значениями КДО и ММЛЖ величины КСО и ЧСС являются достоверно ниже, а параметры УО достоверно выше, чем в группе с низкими значениями.

Между величинами КДО, ММЛЖ и некоторыми параметрами сердечной деятельности при велоэргометрических нагрузках выявлена достоверная корреляционная связь. Так, между

параметрами КДО в состоянии физиологического покоя и параметрами КСО и ЧСС при нагрузке мощностью 150 Вт она составила  $r = -0,48$  и  $r = -0,45$ . Между параметрами КДО в состоянии физиологического покоя и показателем УО при нагрузке мощностью 150 Вт также выявлена достоверная корреляция ( $r=0,41$ ). Установлены корреляционные связи между параметрами ММЛЖ в покое и показателями работы сердца при нагрузке мощностью 150 Вт: КСО ( $r = -0,44$ ), ЧСС ( $r = -0,40$ ) и УО ( $r = 0,39$ ).

## ВЫВОДЫ

1. Адаптация к гиперфункции сердца у юношей основной группы развивается с участием процессов, которые неодинаково влияют на морфофункциональные характеристики левого желудочка. С одной стороны, это активация механизмов гомеостатической регуляции, рост интенсивности пластических процессов и синтеза белка, что в итоге приводит к увеличению толщины сердечной мышцы и массы миокарда. С другой стороны, это совершенствование механизмов релаксации, энергообеспечения сердечной мышцы, которые способствуют тоногенной дилатации полости левого желудочка, соответствующему росту его функциональных объемов и контрактильности.
2. Повышение величин функциональных объемов левого желудочка у юношей основной группы свидетельствует, очевидно, об увеличении объемов крови, которые находятся в его полости в конце диастолы и систолы, образуя морфофункциональный резерв, который может быть мобилизован во время физических нагрузок.
3. У юношей с более выраженными признаками морфофункциональной перестройки сердца при велоэргометрических нагрузках возрастающей мощности наблюдаются более интенсивное снижение величины конечного систолического объема левого желудочка, меньшая частота сердечных сокращений, а также больший ударный объем левого желудочка.
4. Результаты статистической обработки данных, подтвержденные корреляционным анализом, свидетельствуют о большей сократительной способности левого желудочка и экономичности функционирования сердечно-сосудистой системы при нагрузках возрастающей мощности у лиц с более выраженными признаками морфофункциональной перестройки сердца.

## Список литературы

1. Агаджанян М.Г. «Спортивное сердце» с позиций оценки степени гипертрофии левого желудочка // Физиология человека. - 2001. - Т. 27, №3. - С. 125-128.
2. Белозерова Л.М., Сиротин А.Б., Янеев А.И. Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы и работоспособности спортсменов - лыжников // Клиническая геронтология. - 2000. - № 5-6. - С. 27-32.
3. Беляева Л.М., Приходько В.И. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных пловцов, достигших высоких спортивных результатов // Теория и практика физической культуры. - 1996. - № 9. - С. 2-5.
4. Викулов А.Д., Карпов Н.Ю., Смирнов И.Ю. Некоторые закономерности кровообращения у высококвалифицированных спортсменов - пловцов // Физиология человека. - 2002. - Т. 28, №1. - С. 87-94.
5. Граевская Н.Д., Гончарова Г.А., Калугина Г.Е. Еще раз к проблеме «спортивного сердца» // Теория и практика физической культуры. - 1997. - №4. - С. 2-5.
6. Дорофеева Е.Е. Оценка адаптации спортсменов высокой квалификации - критерий повышения спортивного мастерства и профилактика заболеваний спортсменов // Перспективы розвитку спортивної медицини і лікувальної фізкультури ХХІ століття. Матеріали з'їзду. - Одеса: Чорномор'я, 2002. - С. 69-76.
7. Качан Ю.Н., Нечаева Г.И., Рождественский М.Е., Смитиенко О.Л. Эхоморфофункциональные «маркеры» энергетического обмена в миокарде у спортсменов - представителей циклических видов спорта // Теория и практика физической культуры. - 1997. - № 3. - С. 22-27.
8. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г., Тийдус Я.Х. Эффективность механизма Франка-Старлинга при физической нагрузке // Кардіологія. - 1983. - Т. 23, № 6. - С. 106-109.
9. Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г., Богданова Е. В., Борисова Ю.А. Динамика сердечной деятельности при изометрических нагрузках у спортсменов // Физиология человека. - 2000. - Т. 26, №1. - С. 70-76.
10. Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г., Борисова Ю.А. Гемодинамическая реакция при статических и динамических нагрузках у спортсменов // Физиология человека. - 2002. - Т. 28, №2. - С. 89-94.
11. Меерсон Ф.З., Чашина З.В. Влияние адаптации к физическим нагрузкам на сократительную функцию и массу левого желудочка сердца // Кардиология. - 1978. - № 9. - С. 111-118.
12. Струтынский А.В. Эхокардиограмма: анализ и интерпретация: Учеб. пособие. - М.: МЕДпресс-информ, 2001. - 208 с.
13. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология: Руководство для врачей. - Л.: Медицина, 1989. - 464с.
14. Преvarский Б.П., Буткевич Г.А. Клиническая велоэргометрия. - К.: Здоров'я, 1985. - 80 с.

Баєв О.А. Зв'язок особливостей морфофункціональної перебудови серця з характером діяльності серцево-судинної системи організму при велоергометричних навантаженнях // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 3. – С. 8-15.

Терміновим пристосувальним реакціям серцево-судинної системи організму юнаків з більшою вираженістю ознак морфофункціональної перебудови серця властиві менша частота серцевих скорочень, більш інтенсивне зниження кінцевого систолічного об'єму і збільшення ударного об'єму лівого шлуночка в умовах велоергометричних навантажень зростаючої потужності.

Ключові слова: адаптація, маса міокарду, лівий шлуночок, серцево-судинна система, ультразвукове дослідження.

Baev O.A. Interaction of heart's features of morfofunctional alteration with the character of organism's cardio-vascular system activity at the veloergometric loading // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 3. – P. 8-15.

To the urgent adaptation reactions of organism's cardio-vascular system at youths with greater expressed of heart's morfofunctional alteration are incident less frequency of cardiac abbreviations, more intensive decline of eventual systole volume and increase shock the volume of left ventricle in the conditions of the veloergometric loading with increasing power.

Keywords: adaptation, mass of myocardium, left ventricle, cardio-vascular system, ultrasonic research.

Пост упила в редакцію 03.12.2008 г.