

Особенности кардиогемодинамики юных спортсменов с функциональными изменениями деятельности сердца

**С.В. Хрущев, И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков,
И.Е. Смирнов, Г.М. Дворяковская, Д.В. Николаев**

ГУ Научный центр здоровья детей РАМН, Москва, Россия
НТЦ по медицинской технике "Медасс", Москва, Россия

Резюме. Одним з найважливіших завдань дитячої спортивної медицини на сучасному етапі є своєчасна діагностика ранніх функціональних порушень серцево-судинної системи юних спортсменів. У зв'язку з чим очевидно стає необхідність розробки методів ранньої діагностики й прогнозування початкових функціональних змін системи кровообігу, які передують розвитку захворювання та етіопатогенетично пов'язані з ним.

Ключові слова: спортсмени, кардіогемодинаміка.

Summary. One of the most important tasks of children's sports medicine at the current stage is an opportune diagnostics of early functional defects of young athletes' cardiovascular system. The above necessitates development of methods for early diagnostics and prediction of initial functional changes in circulation system which are precursors of disease development connected with it etiopathogenetically.

Key words: athletes, cardiohemodynamics.

Постановка проблемы. Одна из важнейших задач детской спортивной медицины на современном этапе — своевременная диагностика ранних функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы юных спортсменов. В связи с этим очевидна необходимость разработки методов ранней диагностики и прогнозирования начальных функциональных изменений системы кровообращения, которые предшествуют развитию заболевания и этиопатогенетически связаны с ним [2—5].

Недостаточно разработаны теоретические подходы и клинические критерии диагностики скрыто протекающих нарушений адаптации сердца к избыточной физической нагрузке [1, 2, 5].

Мало изучена возможность использования импедансометрических компьютерных технологий с различными функциональными пробами для диагностики нарушений адаптации кровообращения к гиперфункции сердца [3].

Материалы и методы исследования. Обследовано 452 юных спортсмена в возрасте 9—17 лет, занимающихся спортивным плаванием, единоборствами, спортивными играми. Спортивный стаж детей колебался от 1 года до 10 лет, в большинстве случаев (72,4 %) составлял от 2 до 6 лет. Спортивная квалификация: массовые

разряды — 206 детей, высокая квалификация — 172 спортсмена.

Всем детям проводилось полное клиническое обследование, включавшее изучение анамнеза жизни, спортивной активности и комплексные инструментальные исследования.

Дети наблюдались в динамике 2—3 раза в год, при необходимости — до 6—8 раз.

Оценка состояния кардиогемодинамики юных спортсменов осуществлялась с применением аппаратно-программного комплекса экспресс-оценки и мониторингирования параметров центральной гемодинамики на основе тетраполярной реографии.

Комплекс содержит: измерительный реографический преобразователь РПКА-2—01 (№ Гос. реестра 93/199—4), IBM-совместимую персональную ЭВМ, программное обеспечение, комплект электродов и кабелей (Научно-технический центр по медицинской технике "Медасс").

Анализировались следующие данные реографии: минутный объем (МО), сердечный индекс (СИ), общее периферическое сопротивление (ОПС), удельное периферическое сопротивление (УПС), давление наполнения левого желудочка (ДНЛЖ), ударный объем (УО), ударный индекс (УИ), индекс ударной работы левого желудочка

ТАБЛИЦА 1

Средние значения гемодинамических параметров

Гемодинамический показатель	Среднее значение	Диапазон значений
УО, мл	$77,5 \pm 3,4$	65—100
МО, л·мин ⁻¹	$5,6 \pm 0,17$	4,5—6,5
СИ, л·м ⁻² ·мин ⁻¹	$2,8 \pm 0,22$	2,2—3,7
ОПС, дин·с ⁻¹ ·см ⁻⁵	1407 ± 166	1100—1900
ДНЛЖ, мм рт. ст.	$16,4 \pm 1,2$	12—18

(ИУРЛЖ), индекс минутной работы левого желудочка (ИМРЛЖ), центральный объем кровообращения (ЦОК), удельный центральный объем кровообращения (УЦОК), работа левого желудочка (А), число сердечных сокращений (ЧСС).

Для правильной клинической интерпретации полученных методом импедансной плетизмографии данных необходимо их сопоставление со средними значениями основных гемодинамических параметров (табл. 1).

Наиболее перспективное исследование гемодинамики — определение типа кровообращения. Синтетическое заключение, основанное на сопоставлении основных показателей кровообращения, может быть представлено в виде следующих типов гемодинамики [1] (табл. 2).

Биплановая телерентгенокардиография для определения абсолютного объема сердца проводилась с помощью рентгеновского аппарата ТУР-Д-1000, при фокусном расстоянии (трубка—пленка) 2 м. С целью приведения исследования к одинаковым условиям, исключающим ортостатическое воздействие на кровенаполнение сердца, съемка проводилась во взаимно перпендикулярных проекциях в горизонтальном положении. Это позволяло проводить сравнительный анализ размеров сердца как при однократном исследовании, так и при динамическом.

Расчет абсолютного объема сердца проводился по формуле Rohrer (1916) и Kahlstorf (1932), модифицированной Musshoff, Reindell (1956) к условиям телерентгенографии, см³:

$$HY = L \cdot B \cdot T_{\text{МРЖ}} \cdot 0,4.$$

Особенности клапанного аппарата сердца изучали методом эхокардиографии. Исследования выполнены с использованием ультразвукового диагностического прибора SSH—40А фир-

ТАБЛИЦА 2

Типы кровообращения [1], л·м⁻²·мин⁻¹

Тип кровообращения	Мальчики	Девочки
Нормокинетический	3,0—3,9	2,5—3,5
Гиперкинетический	> 3,91	> 3,51
Гипокинетический	< 2,99	< 2,49

мы Toshiba (Япония) в положении исследуемого лежа на спине, по общепринятой методике. Во время снятия эхокардиограммы обязательно регистрировалось состояние митрального клапана и подклапанных элементов.

Регистрация ЭКГ проводилась в положении лежа по общепринятой методике в 12 стандартных отведениях на шестиканальном электрокардиографе RFT “Bioset-6000” (Германия).

Определение физической работоспособности PWC-170 проводилась методом велоэргометрии с помощью электронного эргометра TUNTURI E—980 (Финляндия).

Результаты исследования и их обсуждение. У обследованных юных спортсменов 9—17 лет выделены наиболее часто встречающиеся и существенные формы функциональных изменений сердца — пролапс митрального клапана 1 степени без регургитации (ПМК) (18,1 %), нарушение процессов реполяризации миокарда (НПР) (15,5 %), синдром ранней реполяризации желудочков (СРРЖ) (33,2 %).

При этом в возрасте 12—14 лет обнаружена наиболее высокая частота выявления изучаемых форм функциональных изменений сердца: ПМК — 12,3 %, НПР — 14,9, СРРЖ — 25,8 % по сравнению с юными спортсменами 9—11 и 15—17 лет (8,9 %; 2,3 %; 10,9 % и 5,3 %; 5,3 %; 12,6 % — соответственно) (рис. 1).

В последнее время изучению объема сердца в детской спортивной практике уделяется все больше внимания. Это связано с тем, что благодаря изучению этого параметра наряду с широко применяемыми функциональными исследованиями деятельности сердца стало возможным получить комплексную оценку его морфофункционального статуса.

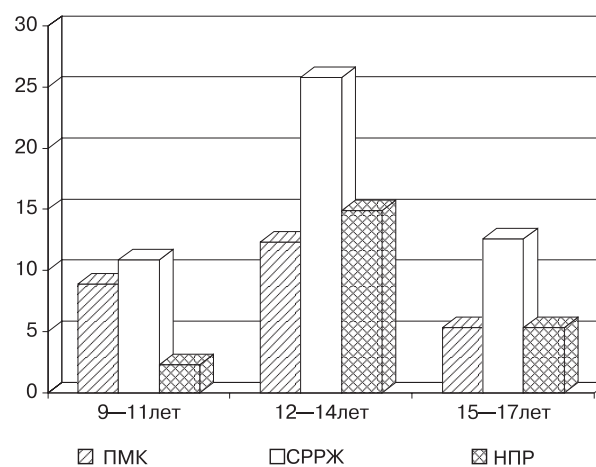


Рис. 1. Частота распределения функциональных изменений деятельности сердца у юных спортсменов, %

ТАБЛИЦА 3

**Абсолютный (мл) и относительный (мл·кг⁻¹)
объемы сердца юных спортсменов
(1977 и 2003 годы)**

Возраст, лет	Пол	Абсолютный объем	Относительный объем
10—11	М	527 ± 15,4	13, ± 0,20
	Д	461 ± 20,1	12,9 ± 0,24
12	М	596 ± 17,2	14,4 ± 0,21
	Д	543 ± 14,9	13,4 ± 0,19
13	М	654 ± 15,7	13,9 ± 0,21
	Д	636 ± 19,6	13,2 ± 0,23
14	М	720 ± 14,6	13,5 ± 0,19
	Д	673 ± 23,1	13,2 ± 0,24
15	М	800 ± 16,4	13,4 ± 0,16
	Д	713 ± 33,4	13,4 ± 0,40
16	М	855 ± 21,5	13,4 ± 0,19
	Д	781 ± 36,2	13,7 ± 0,50
17	М	914 ± 31,5	13,3 ± 0,32
	Д	760 ± 70,3	13,9 ± 0,94

Наряду с современными методами исследования сердца биплановая телерентгенография дает полное и точное представление о размерах сердца и степени его увеличения.

Установлено, что с возрастом и спортивным стажем у юных спортсменов отмечается увеличение как относительного, так и абсолютного объемов сердца. Сравнительный анализ объема сердца спортсменов 70—80-х годов XX ст. с аналогичными данными современных юных спортсменов, полученными нами, показал, что за истекшее время объем сердца во всех возрастных группах практически не изменился (табл. 3). Повидимому, в настоящее время процессы акселерации не носят выраженный тотальный характер, и это сказывается не только на антропометрических данных, но и на размерах сердца. При этом выявлено, что при функциональных изменениях сердца отмечаются меньшие размеры сердца как абсолютные, так и относительные (табл. 4).

Известно, что при большом исходном объеме здорового сердца больше резервный объем

крови, и тем больше (при соответствующей сократительной способности) может быть сердечный выброс во время напряженной, длительной мышечной деятельности. Этим и объясняется тесная положительная связь между объемом сердца и результатами видов спорта, в которых преобладают упражнения на выносливость.

Следовательно, юные спортсмены с функциональными изменениями сердца менее адаптированы к видам спорта, развивающим преимущественно качество выносливости, и нуждаются в углубленном динамическом обследовании. Исходя из этого были проведены исследования центральной и периферической гемодинамики при функциональных пробах и физических нагрузках.

Изучение типа кровообращения (ТК) у спортсменов сопряжено с необходимостью решения ряда методических вопросов и, прежде всего, с выбором метода исследования центральной и периферической гемодинамики, который с учетом контингента обследуемых, должен быть неинвазивным, технически несложным, доступным и в то же время достаточно информативным.

Наиболее полно всем требованиям отвечает автоматизированный метод импедансной плетизмографии, позволяющий получать данные в процессе непосредственного выполнения физической нагрузки. Таким образом было установлено, что ТК у детей-спортсменов не является стабильным и представляет собой интегральное отражение процесса развития детского организма, обусловленного возрастными, половыми факторами, а также характером спортивной деятельности.

При этом у детей-спортсменов 9—11 лет выявляются преимущественно 2 типа кровообращения — нормокинетический (НТК) и гиперкинетический (ГрТК). В возрасте 12—17 лет при уменьшении доли гиперкинетического и увеличении нормокинетического ТК формируется гипокинетический тип (12 %) (рис. 2).

ТАБЛИЦА 4

**Показатели относительного и абсолютного объемов сердца при функциональных изменениях
деятельности сердца юных спортсменов (М ± m)**

Возраст, лет	ПМК	НПР	СРРЖ	Группа сравнения
10—11	12,49 ± 0,31*	13,37 ± 0,38	12,47 ± 0,39*	13,52 ± 0,28*
	380,60 ± 19,96*	427,83 ± 16,94	413,60 ± 20,39	446,43 ± 16,49*
12—14	12,75 ± 0,01	12,75 ± 0,35	12,75 ± 0,41	13,19 ± 0,26
	712,87 ± 25,76	728,14 ± 28,56	734,42 ± 28,50	745,07 ± 25,66
14—17	13,27 ± 0,54	13,78 ± 0,46	13,63 ± 0,37	14,44 ± 0,59
	817,83 ± 55,18	779,83 ± 18,40	810,13 ± 31,63	846,22 ± 42,22

* $p < 0,05$ - уровень значимости различий

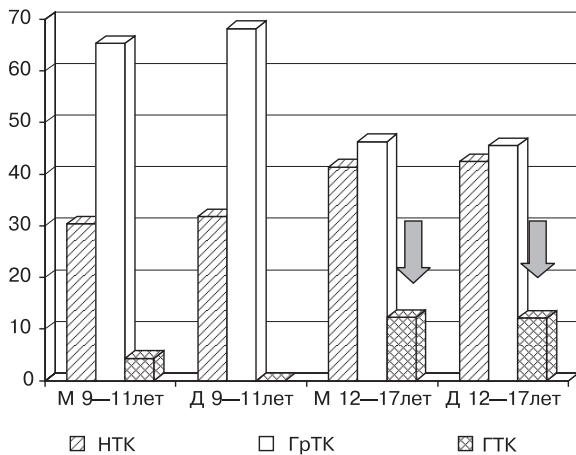


Рис. 2. Распределение типов кровообращения у юных спортсменов, %

Для каждого ТК юных спортсменов характерны определенные пределы колебаний показателей центральной и периферической гемодинамики, сократительной функции миокарда. При этом анализ значений УО и ЧСС показал тесную обратную связь при нормо- и гиперкинетическом ТК. При гипокинетическом ТК достоверной связи между этими показателями не выявлено. Отсюда, в состоянии покоя у юных спортсменов с гипокинетическим ТК хроноиотропный механизм практически не участвует в обеспечении сердечного выброса, что согласуется с представлениями об экономизации функции системы кровообращения, особенно при выраженной тренировке на выносливость. Тесная связь между УО и ЧСС при гипер- и нормокинетическом ТК дает основание рассматривать спортсменов с этими ТК, как недостаточно адаптированных к выполнению работы на выносливость. Анализ показателей физической работоспособности в зависимости от ТК также подтверждает наши данные о недостаточной адаптации юных спортсменов с гиперкинетическими ТК к выполнению нагрузок аэробного характера. У спортсменов с гиперкинетическим ТК индекс аэробной выносливости ниже, чем у детей с нормо- и гипокинетическим ТК. Это связано с тем, что у юных спортсменов с нормо- и гипокинетическим ТК имеется большой базальный резервный объем.

При этом индекс анаэробной выносливости выше у детей с гиперкинетическим ТК по сравнению с нормо- и гипокинетическим ТК. Для этих детей оптимальны нагрузки скоростно-силового характера. Следовательно, для юных спортсменов с гиперкинетическим ТК следует рекомендовать объемные, малоинтенсивные нагрузки, а для юных спортсменов с гипо- и нормо-

кинетическим ТК — увеличение объема нагрузок в возрастающем режиме.

Анализ частоты выявления типов кровообращения при функциональных изменениях сердца показал, что при ПМК и НПР в большей степени преобладает ГрТК до 87,5 % и 85,7 % соответственно. При СРРЖ у юных спортсменов 9—14 лет также преобладает ГрТК до 76 %, при этом в возрасте 15—17 лет изменяется структура распределения ТК в сторону ГТК и НТК — 18,4 % и 39,5 % при 42,1 % случаев ГрТК. В группе сравнения с увеличением возраста, а также спортивного стажа практически при одинаковом распределении долей нормо- и гиперкинетического ТК увеличивается доля гипокинетического ТК от 8,2 % до 31,4 %

Одним из методов выявления скрытых изменений со стороны сердечно-сосудистой системы, в частности, со стороны механизмов регуляции, является ортостатическое тестирование.

Установлено, что при ортостатической пробе во всех группах детей выявлено адекватное возрастание ЧСС, ОПС и УПС и снижение показателей МО, СИ, УО, физиологической основой которых является перераспределение крови.

При этом у юных спортсменов с нормокинетическим ТК на 5-ой минуте ортостаза ДНЛЖ увеличивается на 8,8 %, что указывает на дополнительное включение механизма Франка—Старлинга, который, в свою очередь, способствует поддержанию сердечного выброса на должном уровне. У юных спортсменов с гипокинетическим ТК установлены самые высокие значения ОПС и УПС на 1-й и 5-й минутах ортостаза, свидетельствующие о компенсаторной реакции централизации кровотока на снижение минутного объема. У детей с гиперкинетическим ТК при одинаковом учащении в обеих группах ЧСС на 1-й и 5-й минутах выявлено более выраженное снижение УО по сравнению с исходными данными (на 9,9 %), которое может быть расценено, как менее адекватная насосная функция сердца за счет значительного уменьшения притока крови.

Нами также выявлено, что индивидуальные колебания основных показателей кровообращения при ортостатической пробе определяются преимущественно регуляторными влияниями симпатической нервной системы юных спортсменов. Гиперкинетический ТК при нормокинетической первичной гемодинамической реакции следует расценивать как гипосимпатикотонический тип реакции.

Следует отметить, что данный тип реакции выявлен у юных спортсменов с ПМК и НПР ми-

окарда в 12,8 % и 15,6 % случаев. Эти дети составляют особую группу риска, в которой следует проводить динамические наблюдения и при необходимости — коррекцию. Показатели центральной и периферической гемодинамики при проведении велоэргометрической пробы на выносливость анализировались с учетом ТК юных спортсменов.

При ГрТК установлены некоторые особенности. По мере увеличения мощности нагрузки нарастают: ЧСС, СИ, МО, ДНЛЖ и уменьшаются значения показателей ОПС, УПС. Малая мощность нагрузки ($0,5—1,5 \text{ Вт}\cdot\text{кг}^{-1}$) сопровождается незначительным увеличением УО. При этом дальнейшее увеличение мощности нагрузки ($2 \text{ Вт}\cdot\text{кг}^{-1}$) сопровождается снижением УО при продолжающемся нарастании ЧСС. Такую гемодинамическую реакцию следует считать менее экономичной. Характерным для этой группы детей является также увеличение времени восстановления — как правило, в течение первых 3 мин показатели гемодинамики остаются выше, чем в исходном состоянии.

По мере увеличения мощности нагрузки у юных спортсменов с нормокинетическим ТК отмечаются: нарастание ЧСС, СИ, МО, ДНЛЖ, уменьшение значений показателей ОПС, УПС, а также стабилизация УО на всех ступенях нагрузки ($1—2 \text{ Вт}\cdot\text{кг}^{-1}$). Период восстановления этой группы детей, как правило, более короткий, и в течение 3 мин показатели практически возвращаются к исходным.

При гипокинетическом ТК у юных спортсменов при проведении нагрузки возрастающего характера также выявлены некоторые особенности. По мере увеличения мощности нагрузки отмечается также нарастание ЧСС, СИ, МО, ДНЛЖ, уменьшение значений показателей ОПС, УПС. При этом стабилизация УО на всех ступенях нагрузки ($1, 1,5$ и $2 \text{ Вт}\cdot\text{кг}^{-1}$) более четкая. В период восстановления этой группы детей в течение 3 мин показатели практически возвращаются к исходным.

Следует отметить, что у юных спортсменов с гиперкинетическим ТК чаще выявляются нарушения процессов реполяризации миокарда на ЭКГ (до 86 %), пролапс митрального клапана I степени без регургитации (до 87,5 %).

Клиническими наблюдениями также подтверждается, что гиперкинетический ТК является наименее функционально благоприятным. Так, у

спортсменов с гиперкинетическим типом ТК значительно чаще наблюдаются очаги хронической инфекции (72 %) по сравнению с гипокинетическим ТК (12,6 %), явления перенапряжения в анамнезе. Таких детей необходимо отнести к группе риска и обязательно проводить за ними динамическое наблюдение, включающее комплексное обследование с проведением функциональных проб и физических нагрузок, а также профилактические мероприятия.

Выводы

- Изменения кровообращения при функциональных расстройствах сердечной деятельности у детей и увеличении объема сердца проявляются формированием гиперкинетического (68 %) и нормокинетического (32 %) типов гемодинамики, степень выраженности которых определяется уровнем спортивного мастерства. У 12 % юных спортсменов при длительном спортивном стаже формируется гипокинетический тип кровообращения с увеличением резервных возможностей миокарда, который является функционально выгодным.

- При гипер- и нормокинетическом типах кровообращения у юных спортсменов снижена адаптация к выполнению работы на выносливость. При гиперкинетическом типе кровообращения чаще (86 %) выявляются нарушения процессов реполяризации миокарда и пролапс митрального клапана I степени (87,5 %).

- Для оценки особенностей кардиогемодинамики юных спортсменов с функциональными изменениями сердца и адаптации их к тренировочным нагрузкам следует определять тип кровообращения с исследованием центральной и периферической гемодинамики при различных функциональных пробах.

1. *Земцовский Э.В.* Спортивная кардиология. — СПб.: Гиппократ, 1995. — 448 с.

2. *Корнеева И.Т.* Патогенетические основы коррекции функциональных изменений сердца юных спортсменов: Автореф. ... д-ра мед. наук. — М., 2003. — 47 с.

3. *Кофман Р.Д.* Показатели ритма сердца и центральной гемодинамики в диагностике дистрофии миокарда у спортсменов: Автореф. ... канд. мед. наук. — СПб., 1996. — 19 с.

4. *Марьяновский А.А.* Концепция комплексной терапии заболеваний сердечно-сосудистой системы // Биологическая медицина. — 1997. — № 1. — С. 51—56.

5. *Поляков С.Д.* Патогенетические основы изменений сердца при избыточной двигательной активности детей спортсменов: Дис. ... д-ра мед. наук. — М., 1994. — 260 с.

Надійшла 15.06.2004