

Особенности внутрисердечной гемодинамики у подростков с артериальной гипертензией (по данным эхокардиографии) при нагрузочных пробах

Клименко Т.М.^{1, 2}, Яйленко А.А.²

¹ ОГБУЗ "Смоленская областная детская клиническая больница", Смоленск, Россия

² ГБОУ ВПО "Смоленская государственная медицинская академия" Министерства здравоохранения России, Смоленск, Россия

Specific Features of Intracardiac Hemodynamics in Adolescents with Arterial Hypertension in Exercise Tests (Stress-Echocardiography Data)

Klimenko T.M.^{1, 2}, Yailenko A.A.²

¹ Smolensk Regional Children's Hospital, Smolensk, Russia

² Smolensk State Medical Academy, Smolensk, Russia

Цель исследования: выявить ранние эхокардиографические признаки сердечно-сосудистого ремоделирования у подростков с артериальной гипертензией (АГ) методом доплеровского исследования трансмитрального диастолического потока в покое, а также при проведении нагрузочных проб (Вальсальвы и с изометрической нагрузкой).

Материал и методы. Обследовано 92 подростка (49 (53%) мальчиков и 43 (47%) девочки) в возрасте от 12 до 18 лет (средний возраст $14,9 \pm 1,71$ года). В первую (основную) группу вошло 36 (39%) подростков с установленным клиническим диагнозом АГ, во вторую группу (сравнения) – 28 (30,5%) здоровых подростков с нормальным АД и наличием факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Третью (контрольную) группу составили 28 (30,5%) здоровых подростков с нормальным АД и отсутствием факторов риска ССЗ. Группы сравнения были сопоставимы по возрасту и полу. Было проведено общеклиническое обследование на основании общепринятых стандартов, изучение семейного анамнеза на наличие факторов риска ССЗ, измерение ЧСС, АД. Эхокардиография выполнялась на ультразвуковом аппарате Nemio XG фирмы Toshiba (Япония) по общепринятой методике. Оценивались параметры диастолического наполнения левого желудочка в состоянии покоя и на высоте нагрузочных проб (Вальсальвы и изометрическая). Для статистической

обработки использовался пакет статистических программ SPSS 19.0 for Windows.

Результаты. При изучении влияния нагрузочных проб на организм в исследуемых группах было выявлено, что у здоровых подростков, имеющих повышенный кардиоваскулярный риск, так же как и у подростков с АГ, отмечается неадекватная реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку. Также у них выявлено снижение диастолического резерва (изменение сердечной функции в ответ на постнагрузку).

Выводы. Выявленные закономерности раннего ремоделирования левого желудочка позволяют предположить, что специфические для АГ нарушения гемодинамики начинают развиваться задолго до появления клинически значимого повышения АД и требуют превентивных мер с целью снижения риска развития ССЗ. Для их раннего выявления у подростков с АГ и в группе риска по ее развитию следует проводить оценку диастолического наполнения левого желудочка и измерение АД не только в покое, но и при проведении нагрузочных проб.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, диастолическая функция левого желудочка, ремоделирование левого желудочка, подростки, нагрузочные пробы при эхокардиографии.

The aim of the study is to reveal early echocardiography signs of cardiac remodeling in arterial hypertension patients



with Doppler study of transmitral diastolic flow at rest as well as in exercise test (Valsalva's test and an isometric exercise test) (stress echocardiography).

Material and methods. The study involved 92 teens (49 boys and 43 girls, 53% and 47%, relatively) aged 12–18 (mean age 14.9 ± 1.71). The patient (basic group) included 36 adolescents with clinically confirmed hypertension (39%). The second (comparison) group involved 28 healthy adolescents with normal arterial pressure and risk factors of cardiac illnesses (30.5%). The third group included 28 healthy adolescents (30.5%) with normal arterial pressure and without any cardiac risk factors. There were no gender and age differences between the groups. Clinical study of the groups with standard techniques was performed and involved family history taking to detect risk factors of any cardiac diseases, cardiac rhythm assessment and measurement of arterial pressure. Echocardiography was made in accordance with standards techniques with a Japanese ultrasound diagnostic device "Nemio XG" manufactures by Toshiba. Parameters of diastolic filling of the left ventricle at rest and at the pick of exercise tests (Valsalva's test and isometric test) were assessed. Program SPSS 19.0 for Windows was used for statistic analysis of the obtained data.

Results. Healthy adolescents with increased cardiovascular risks as well as adolescents with arterial hypertension can demonstrate inadequate response of the cardiovascular system to exercises. In both groups of adolescents a decrease in the diastolic reserve has been revealed (as a change of the cardiac function as a response to post-exercise).

Conclusions. The detected patterns of early left ventricular remodeling provide an opportunity to consider that hemodynamic disturbances specific for arterial hypertension start their development long before clear and evident clinical manifestation of the arterial pressure appear. The condition requires certain preventive measures to decrease the risk of a cardiovascular disease development. Assessment of diastolic left ventricular filling and control of arterial pressure both at rest and in exercises are recommended to be performed for the early diagnostics of the condition.

Key words: arterial hypertension, diastolic function of the left ventricle, left ventricular remodeling, adolescents, stress echocardiography.

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) у подростков остается одним из самых распространенных сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и важнейшим фактором риска (ФР) развития сердечно-

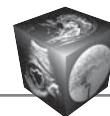
сосудистых осложнений и смертности в более старшем возрасте. Установлено, что почти $1/3$ всех случаев АГ у подростков переходит во взрослый период их жизни [1–4]. В рекомендациях Европейского общества кардиологов ССЗ определены как хронические заболевания, развивающиеся скрыто на протяжении всей жизни и прогрессирующие в продвинутой стадии к тому времени, когда появятся симптомы [5, 6]. Своевременная диагностика АГ и выявление поражения органов-мишеней у подростков часто затруднены из-за их бурного роста, мощных вегетативных влияний, часто сопровождающихся недостаточностью компенсаторных возможностей или срывом систем ауторегуляции [7, 8]. Следует учитывать и то, что ФР развития ССЗ у подростков менее выражены, чем у людей старшего возраста, а отсутствие анамнеза и клинических симптомов заболевания еще больше уменьшает настороженность врачей в отношении этой возрастной группы [9, 10]. Кроме того, ни одна из существующих шкал оценки степени риска развития ССЗ не позволяет в полной мере определить потенциальную возможность развития данных заболеваний у подростков [11, 12]. Приблизиться к решению проблемы раннего выявления и своевременной профилактики ССЗ позволит создание прогностической модели, которая смогла бы своевременно выделять подростков с АГ, имеющих высокий риск развития сердечно-сосудистых осложнений, для последующего обследования с помощью современных неинвазивных методов. В последние годы важная роль в поиске прогностических критериев органических поражений при АГ отводится эхокардиографии [13]. Она позволяет выявлять признаки структурно-геометрического ремоделирования сердца и минимальных изменений диастолического наполнения левого желудочка (ЛЖ), которые появляются раньше, чем нарушение систолической функции, и могут носить не только постоянный, но и транзиторный характер. Поэтому диагностика левожелудочковой гипертрофии и ранних изменений диастолической функции миокарда при исследовании сердца играет большую клиническую и научную

Для корреспонденции: Клименко Татьяна Михайловна – 214000 Смоленск, ул. Октябрьской революции, д. 18, кв. 6. Тел.: 8-910-788-54-92. E-mail: klimenko_tanya2012@mail.ru

Клименко Татьяна Михайловна – детский кардиолог и врач ультразвуковой диагностики в ОГБУЗ "Смоленская областная детская клиническая больница"; **Яйленко Анна Андриановна** – доктор мед. наук, профессор кафедры педиатрии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ГБОУ ВПО СГМА МЗ РФ.

Contact: Klimenko Tatiana Mikhailovna – 214000 Russia, Smolensk, Oktiabrskoy Revolutsii str., 18–6. Phone: 8-910-788-54-92. E-mail: klimenko_tanya2012@mail.ru

Klimenko Tatyana Mikhailovna – pediatric cardiologist and ultrasonographer of Smolensk Regional Children's Hospital; **Yailenko Anna Andrianovna** – dokt. of med. sci., professor of chair of pediatric department of the Doctors' Skills Upgrading Department of the Smolensk State Medical Academy.



роль [14, 15]. Начальные нарушения диастолической функции ЛЖ при АГ часто носят бессимптомный характер, поэтому для их раннего выявления требуется проведение нагрузочных доплеровских проб. Однако сведения о влиянии различных нагрузок на состояние диастолической функции ЛЖ у подростков очень малочисленны и противоречивы [16–18]. Современные диагностические исследования состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) в большинстве случаев производятся в состоянии покоя. Между тем нагрузка – это физиологический стресс, способствующий раннему выявлению нарушений, которые нельзя выявить в состоянии покоя [19–22]. Учитывая это, исследования в условиях дозированной физической нагрузки могут использоваться для оценки функционального состояния ССС, особенно при разработке рекомендаций по той или иной физической активности пациентов. В своей работе мы использовали две разные по функциональной составляющей нагрузочные пробы. При динамической нагрузке (изометрическая проба) можно достичь максимального или субмаксимального уровня метаболических и сердечно-сосудистых реакций. Основным следствием выполнения изометрической нагрузки является повышение потребления организмом кислорода. Доставка кислорода к работающим мышцам осуществляется путем увеличения сердечного выброса и повышения частоты сердечных сокращений (ЧСС). Изометрическая проба проводилась с помощью ручного кистевого динамометра. Для сравнения также использовалась другая нагрузка – проба Вальсальвы, суть которой заключается в создании неблагоприятной ситуации с оксигенацией тканей путем контролируемой продолжительной задержки дыхания на выдохе.

Цель исследования

Выявить ранние эхокардиографические признаки сердечно-сосудистого ремоделирования и нарушений внутрисердечной гемодинамики у подростков с АГ методом доплеровского исследования трансмитрального диастолического потока (ТМДП) в покое, а также при проведении нагрузочных проб (Вальсальвы и с изометрической нагрузкой).

Материал и методы

Обследовано 92 подростка (49 (53%) мальчиков и 43 (47%) девочки) в возрасте от 12 до 18 лет (средний возраст $14,9 \pm 1,71$ года). В первую (основную) группу вошло 36 (39%) подростков с установленным клиническим диагнозом АГ (средний возраст $15,9 \pm 0,19$ года). Диагноз АГ устанавли-

вали, если средние уровни систолического (САД) и/или диастолического артериального давления (ДАД) на трех визитах ≥ 95 -го перцентиля для определенного возраста, пола и роста. Во вторую группу (сравнения) вошло 28 (30,5%) здоровых подростков с нормальным АД и наличием факторов риска ССЗ (средний возраст $15,3 \pm 1,79$ года). Третью (контрольную) группу составили 28 (30,5%) здоровых подростков с нормальным АД и отсутствием факторов риска ССЗ, средний возраст $(14,9 \pm 1,78)$ года. Группы сравнения были сопоставимы по возрасту и полу. Определение стадии АГ и группы риска по развитию ССЗ проводили согласно Российским рекомендациям по диагностике, лечению и профилактике АГ у детей и подростков (ВНОК и АДКР, 2012) [5].

Подросткам всех групп было проведено общеклиническое обследование на основании общепринятых стандартов, в том числе оценка общего состояния, изучение семейного анамнеза на наличие факторов риска ССЗ, измерение ЧСС, АД, проведение ЭКГ, общеклинических лабораторных исследований, суточного мониторинга АД, доплероэхокардиографии (доплер-ЭхоКГ). Доплер-ЭхоКГ выполняли на ультразвуковом аппарате Nemio XG фирмы Toshiba (Япония) в 1- и 2-мерном режиме по общепринятой методике [17]. Оценивались следующие параметры диастолического наполнения ЛЖ: скорость раннего – Е, см/с и позднего – А, см/с диастолического наполнения, их соотношение – Е/А; время замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ – DTe, мс; продолжительность диастолы ET, мс; продолжительность предсердной систолы – Adur, мс; время изоволюмического расслабления – IVRT, мс и сокращения ЛЖ – IVCT, мс; Tei-индекс глобальной сократимости $(IVCT+IVRT)/ET$, а также степень изменения указанных показателей в % на высоте проб (Вальсальвы и изометрическая).

Для статистической обработки использовался пакет статистических программ SPSS 19.0 for Windows. В целях проверки средних значений данных, полученных в каждой группе, использовался метод параметрической статистики для парных (связанных) выборок – t-критерий Стьюдента. Все различия считались значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

При обследовании проведена сравнительная оценка частоты факторов риска ССЗ в семейном анамнезе. В основной группе (подростки с АГ) у всех была отягощена наследственность по ССЗ (АГ, инсульт и/или инфаркт миокарда у родителей). Имели место и такие факторы риска, как метаболический синдром – в 50%, ожирение – в 44%,

**Таблица 1.** Показатели САД (в мм рт.ст.) в исследуемых группах, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	контрольная (n = 28)	сравнения (n = 28)	основная (n = 36)
САД	114,96 $\pm$ 1,75	113,57 $\pm$ 1,63	132,50 $\pm$ 1,83***, ***
САД isom	114,60 $\pm$ 2,92	121,42 $\pm$ 2,60*	136,50 $\pm$ 3,01***, ***
САД vals	110,60 $\pm$ 2,11	114,96 $\pm$ 2,24	126,86 $\pm$ 1,99***, ***

Примечание. Здесь и в табл. 2–5: значимость различий ($p \leq 0,05$) при сравнении показателей в группах:

* – контрольной и сравнения, ** – контрольной и основной, *** – сравнения и основной.

Таблица 2. Показатели ДАД (в мм рт.ст.) в исследуемых группах, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	контрольная (n = 28)	сравнения (n = 28)	основная (n = 36)
ДАД	68,60 $\pm$ 1,05	67,57 $\pm$ 1,48	76,39 $\pm$ 1,53***, ***
ДАД isom	70,50 $\pm$ 2,076	70,92 $\pm$ 2,41	80,36 $\pm$ 2,36***, ***
ДАД vals	66,18 $\pm$ 1,47	71,64 $\pm$ 1,55*	78,78 $\pm$ 1,65***

дислипидемия – в 39%, толерантность к глюкозе – в 28% случаев. Во второй группе (здоровые подростки, имеющие повышенный кардиоваскулярный риск) отягощенная наследственность по ССЗ также была у всех подростков, но другие факторы риска регистрировались значительно реже: метаболический синдром – в 7%, ожирение в 0%, дислипидемия – в 21%, толерантность к глюкозе – в 14% случаев. В контрольной группе подростки не имели факторов риска ССЗ.

При измерении ЧСС в покое и на высоте нагрузки (в 1 мин) установлено, что различия средних значений ЧСС в покое были статистически незначимыми ($p > 0,05$): в контрольной (76,28 $\pm$ 1,73), в группе сравнения (75,43 $\pm$ 1,71), в основной группе (79,86 $\pm$ 1,32). При изометрической нагрузке в контрольной (78,75 $\pm$ 1,63) и в группе сравнения (77,60 $\pm$ 1,88) ЧСС менялась

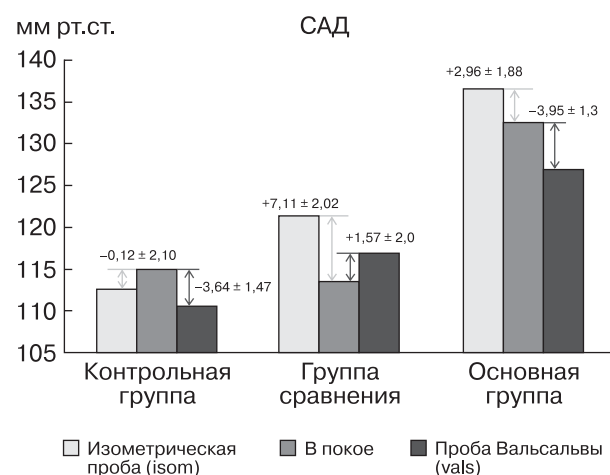
незначительно ($p > 0,05$), в основной группе ЧСС повышалась статистически значимо (84,19 $\pm$ 1,78; $p \leq 0,05$; $\Delta 5,94 \pm 2,22$) по отношению к контрольной группе. При проведении пробы Вальсальвы средние значения ЧСС в группах статистически значимо не отличались ($p > 0,05$). Так, в контрольной группе ЧСС составила 77,10 $\pm$ 1,47, в группе сравнения – 76,14 $\pm$ 1,53 и в основной группе – 77,08 $\pm$ 1,56.

Показатели САД в покое и при проведении функциональных проб представлены в табл. 1. Если в контрольной группе САД менялось незначительно ($p > 0,05$), то в основной группе показатель САД был значительно выше как в покое, так и при проведении обоих видов нагрузок ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольной и группой сравнения. В группе сравнения САД при нагрузках повышалось, но статистическая значимость ($p \leq 0,05$) была установлена только при изометрической нагрузке.

Таким образом, реакция ССС на разные виды нагрузок в исследуемых группах отличалась. Показатели Δ САД представлены на рис. 1. У здоровых подростков с кардиоваскулярным риском (группа сравнения), так же как и у подростков с АГ, отмечали неадекватную реакцию ССС на нагрузку.

Показатели Δ ДАД в покое и при проведении функциональных проб представлены в табл. 2. В покое и при изометрической пробе среднее ДАД в основной группе было значимо выше, чем в контрольной и группе сравнения ($p \leq 0,05$). При проведении пробы Вальсальвы в основной и в группе сравнения ДАД также повышалось значимо больше, чем в контрольной ($p \leq 0,05$).

Показатели Δ ДАД представлены на рис. 2. В контрольной группе (здоровые подростки) в ответ на нагрузку наблюдалась нормальная физиологическая реакция: повышение ДАД при изометрической нагрузке и снижение при пробе

**Рис. 1.** Разница значений показателей САД в покое и при проведении функциональных проб в исследуемых группах.

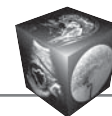


Таблица 3. Параметры ТМДП в исследуемых группах, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	контрольная (n = 28)	сравнения (n = 28)	основная (n = 36)
E	98,14 ± 2,58	99,85 ± 2,74	96,14 ± 2,28
A	54,89 ± 1,75	58,89 ± 2,40	56,52 ± 1,53
E/A	1,84 ± 0,07	1,76 ± 0,09	1,72 ± 0,08
DTe	120,0 ± 4,04	144,28 ± 6,69*	147,95 ± 5,97**, ***
Adur	97,96 ± 2,67	100,75 ± 3,60*	107,11 ± 3,54**
IVRT	69,21 ± 1,92	62,39 ± 2,12*	61,38 ± 1,48**
IVCT	63,00 ± 2,03	62,78 ± 1,80	62,78 ± 1,75
ET	135,57 ± 5,50	157,78 ± 6,02*	142,19 ± 4,51***
Tei-индекс	1,02 ± 0,05	0,82 ± 0,32*	0,91 ± 0,03

Вальсальвы. В группе подростков с АГ (основная группа) и у здоровых подростков, имеющих факторы риска ССЗ (группа сравнения), ДАД повышалось при обоих видах нагрузок, что можно расценивать как патологическую реакцию, свидетельствующую об эфферентной симпатической недостаточности.

Одним из наиболее информативных методов оценки диастолического наполнения ЛЖ является метод доплер-ЭхоКГ. В клинической практике чаще всего измерения проводятся по доплеровскому спектру ТМДП. С помощью этого метода мы сделали попытку выяснить механизмы, лежащие в основе развития и прогрессирования АГ у подростков. Для этого мы сравнили основные показатели ЭхоКГ, характеризующие диастолическую функцию ЛЖ, у подростков в исследуемых группах в покое и при проведении нагрузочных проб (табл. 3).

В группе сравнения и в основной группе установлены изменения средних значений ряда оцениваемых параметров ТМДП по отношению к

группе контроля. При этом наиболее статистически значимые различия были выявлены в отношении временных параметров ТМДП. Так, нами установлено, что средние значения времени замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ (DTe) в основной и в группе сравнения были статистически значимо выше ($p \leq 0,05$), чем в контрольной группе. Аналогично более высокие средние значения были отмечены и для других временных показателей диастолического потока: Adur, характеризующего продолжительность предсердной систолы, и ET – продолжительность диастолы. Установлена статистическая значимость ($p \leq 0,05$) этих показателей в группах сравнения и в основной по отношению к контрольной группе. Противоположно изменялся показатель IVRT, отражающий время изоволюмического расслабления ЛЖ. Его средние значения были выше в контрольной группе по отношению к двум другим группам ($p \leq 0,05$). Tei-индекс глобальной сократимости в контрольной группе также был выше, чем в двух других.

В то же время обращает на себя внимание, что скоростные показатели ТМДП в покое, такие как скорость раннего (E) и позднего (A) диастолического наполнения, а также их соотношение (E/A), не имели значимых различий у подростков основной и группы сравнения по сравнению с аналогичными показателями у подростков контрольной группы.

Проведенный анализ показателей диастолической функции выявил ее изменения не только в группе подростков с АГ, но и в группе “практически здоровых”, имеющих повышенный кардиоваскулярный риск.

Поскольку минимальные изменения диастолического наполнения ЛЖ у больных с АГ часто могут носить транзиторный характер и раньше выявляться не в покое, а во время физической нагрузки, нами были изучены изменения параметров диастолической функции ЛЖ под влиянием изометрической нагрузки во всех трех исследуемых группах (табл. 4).

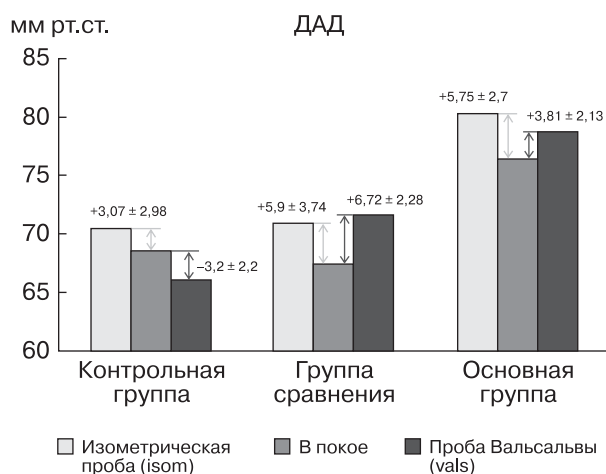


Рис. 2. Разница значений показателей ДАД в покое и при проведении функциональных проб в исследуемых группах.

**Таблица 4.** Параметры ТМДП при изометрической пробе в исследуемых группах, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	контрольная (n = 28)	сравнения (n = 28)	основная (n = 36)
E isom	97,89 $\pm$ 2,74	101,32 $\pm$ 2,50	95,06 $\pm$ 2,32***
A isom	61,03 $\pm$ 1,77	61,00 $\pm$ 2,54	60,12 $\pm$ 1,65
E/A isom	1,64 $\pm$ 0,07	1,74 $\pm$ 0,85	1,60 $\pm$ 0,06
DTe isom	115,87 $\pm$ 3,72	130,78 $\pm$ 5,20*	146,25 $\pm$ 6,90***
Adur isom	90,39 $\pm$ 3,05	101,53 $\pm$ 3,06*	108,83 $\pm$ 4,47**
IVRT isom	70,14 $\pm$ 3,21	61,64 $\pm$ 3,057*	61,96 $\pm$ 1,84**
IVCT isom	64,18 $\pm$ 2,21	63,25 $\pm$ 1,64	64,61 $\pm$ 1,68
ET isom	133,61 $\pm$ 5,95	145,53 $\pm$ 4,86	137,80 $\pm$ 6,25
Tei-индекс isom	1,05 $\pm$ 0,05	0,87 $\pm$ 0,03*	0,98 $\pm$ 0,48

Таблица 5. Параметры ТМДП при пробе Вальсальвы в исследуемых группах, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	контрольная (n = 28)	сравнения (n = 28)	основная (n = 36)
E vals	90,75 $\pm$ 2,61	93,85 $\pm$ 2,50	82,11 $\pm$ 2,76***
A vals	50,21 $\pm$ 1,36	57,02 $\pm$ 2,73*	52,97 $\pm$ 1,77
E/A vals	1,83 $\pm$ 0,08	1,72 $\pm$ 0,08	1,61 $\pm$ 0,07**
DTe vals	108,71 $\pm$ 3,97	145,82 $\pm$ 5,09*	146,86 $\pm$ 6,01**
Adur vals	89,53 $\pm$ 2,29	101,6 $\pm$ 2,82*	100,08 $\pm$ 2,95**
IVRT vals	69,21 $\pm$ 2,50	64,14 $\pm$ 2,04	63,06 $\pm$ 1,50**
IVCT vals	64,03 $\pm$ 1,82	60,96 $\pm$ 1,92	64,60 $\pm$ 2,05
ET vals	133,10 $\pm$ 4,52	149,21 $\pm$ 4,52*	146,81 $\pm$ 6,01
Tei-индекс vals	1,03 $\pm$ 0,05	0,86 $\pm$ 0,04*	0,92 $\pm$ 0,57

Изменение ряда показателей (DTe isom, Tei-индекс isom) при изометрической нагрузке были аналогичны изменениям в исследуемых группах в состоянии покоя.

Отличительным явилось то, что при данной нагрузке увеличение продолжительности предсердной систолы (Adur isom) и уменьшение времени изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT isom) были значимыми не только в основной группе, но и в группе сравнения ($p \leq 0,05$). Скорость же раннего диастолического наполнения ЛЖ (E isom) была выше в группе сравнения. Таким образом, при поведении изометрической нагрузки можно выявить изменения показателей диастолической функции (Adur isom, IVRT isom, E isom) уже в начальной стадии развития АГ.

Более показательными были изменения диастолической функции при проведении пробы Вальсальвы (табл. 5). Динамика временных показателей (DTe vals, Adur vals, IVRT vals) диастолического наполнения ЛЖ была аналогична их динамике при изометрической пробе.

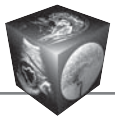
Отличительным было достоверно значимое изменение скоростных показателей раннего (E vals) и позднего (A vals) диастолического наполнения. Отмечалось снижение скорости раннего диастолического наполнения ЛЖ (E) при увеличении скорости позднего диастолического наполнения ЛЖ (A), соответственно снижалось их соотношение (E/A),

что сопровождалось снижением Tei-индекса глобальной сократимости.

Интересно, что Tei-индекс глобальной сократимости как в покое, так и при обоих видах нагрузки был ниже у здоровых подростков, имеющих кардиоваскулярный риск, что свидетельствует о нарушении механизмов регуляции еще до развития АГ.

При изучении влияния функциональных проб на диастолическую функцию в разных группах было выявлено, что у здоровых подростков с факторами риска ССЗ и у подростков с АГ в отличие от здоровых реакция ССС на нагрузку неадекватная (рис. 3). Эти изменения представлены на примере показателя DTe и свидетельствуют о снижении диастолического резерва (изменение сердечной функции в ответ на постнагрузку) не только у подростков с АГ, но и у здоровых детей с повышенным кардиоваскулярным риском.

В рекомендациях Европейского общества кардиологов (ЕОК) (2013) ССЗ определены как хронические заболевания, развивающиеся скрыто на протяжении всей жизни и прогрессирующие в продвинутой стадии к тому времени, когда появятся симптомы [6]. В то же время проблеме АГ у детей и подростков уделяется недостаточное внимание, возможно, в связи с тем, что в данном возрасте АГ не представляет прямой угрозы для жизни. Наиболее значимым и явным поражением органов-мишеней у детей и подростков принято считать

**Таблица 6.** Показатели диастолической функции у подростков, $M \pm m$

Применяемая нагрузка	DTe	Adur	ET	Tei-индекс	E/A
Здоровые подростки, не имеющие ФР ССЗ (контрольная группа (n = 28))					
В покое	120,0 ± 4,04	97,96 ± 2,67	135,57 ± 5,50	1,02 ± 0,05	1,84 ± 0,07
Изометрическая проба	115,87 ± 3,72	90,39 ± 3,05	133,61 ± 5,95	1,05 ± 0,05	1,64 ± 0,07
Проба Вальсальвы	108,71 ± 3,97	89,53 ± 2,29	133,10 ± 4,52	1,03 ± 0,05	1,83 ± 0,08
Здоровые подростки с повышенным кардиоваскулярным риском (группа сравнения (n = 28))					
В покое	144,28 ± 6,69	100,75 ± 3,60	157,78 ± 6,02	0,82 ± 0,32	1,76 ± 0,09
Изометрическая проба	130,78 ± 5,20	101,53 ± 3,06	145,53 ± 4,86	0,87 ± 0,03	1,74 ± 0,85
Проба Вальсальвы	145,82 ± 5,09	101,6 ± 2,82	149,21 ± 4,52	0,86 ± 0,04	1,72 ± 0,08

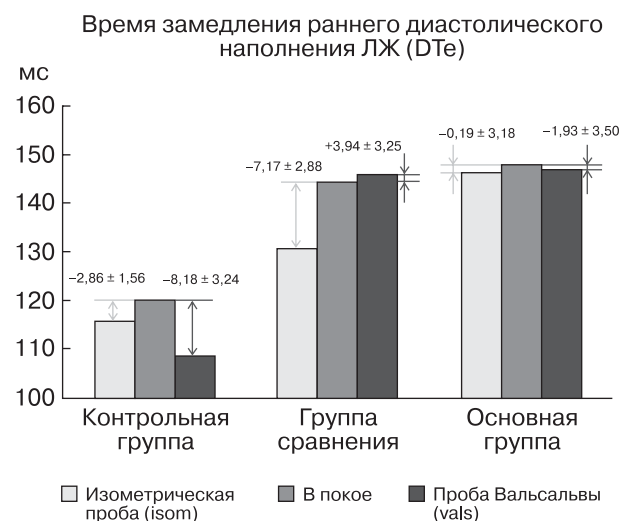
гипертрофию ЛЖ. Однако сегодня в критериях ее оценки имеется много спорных и нерешенных вопросов, а отсутствие общепринятых стандартов существенно затрудняет оценку ультразвуковых признаков ремоделирования.

В последнее время многими учеными высказывается мнение о необходимости выявления ранних признаков ремоделирования сердца. Кардиологи США М. Thompson и соавт. (2013) предлагают вести ЭхоКГ-скрининг у подростков [23]. Итальянские ученые А. Spagnolo и соавт. (2013) считают, что при лечении АГ у детей и подростков необходимо отталкиваться от массы миокарда, рассчитанной методом ЭхоКГ, и учитывать сложную взаимосвязь между ростом сердца и организмом в целом. Предложены различные методы индексации с учетом возрастных групп [12]. Члены Американской Ассоциации сердца Н. Nietalampi и др. (2012) предлагают учитывать в развитии раннего ремоделирования миокарда при АГ массу тела при рождении ребенка и прибавку массы тела в младенчест-

ве [15]. Российские кардиологи А.С. Шарыкин и соавт. (2011) считают, что патологический уровень индексов для детей и подростков четко не установлен и предлагают использовать z-фактор по В.Ж. Foster [14]. По общему признанию всех исследователей, критерии ремоделирования сердца в детском возрасте требуют дальнейшего совершенствования. Некоторые ученые предлагают использовать стресс-эхо [21], тесты с дозированной физической нагрузкой [20, 22]. Данные методики хорошо себя зарекомендовали у взрослых. В то же время изменения параметров сердца в ответ на нагрузку у детей и подростков мало изучены и не имеют стандартизированных критериев. М.И. АLEXИНЫМ (2010) описаны возможности эхокардиографии в раннем выявлении нарушений диастолической функции и предложена оценка трансмитрального кровотока у взрослых [24].

Одним из перспективных подходов для оценки резервных возможностей миокарда ЛЖ и распознавания ранних диастолических нарушений в настоящее время являются нагрузочные доплеровские пробы (Вальсальвы, изометрическая), которые с успехом применяются у взрослых [25, 26]. Однако у подростков с АГ и повышенным кардиоваскулярным риском данные нагрузочные пробы практически не применяются, хотя их проведение возможно на стандартных ультразвуковых аппаратах как в амбулаторных, так и в стационарных условиях и не требует больших затрат.

Проведенные нами исследования позволили установить, что выделение групп повышенного кардиоваскулярного риска у подростков с АГ, угрожаемых в плане раннего развития ее осложнений и быстрого прогрессирования, позволит проводить раннюю диагностику АГ еще на доклинической стадии. Это будет способствовать значительному улучшению ситуации с распространенностью АГ и других ССЗ в популяции в целом. Нами впервые разработаны дополнительные эхокардиографические критерии ранней диагностики диастолической дисфункции ЛЖ и раннего выявления ультразвуковых признаков сердечно-сосудистого ре-

**Рис. 3.** Разница значений показателей DTe в покое и при проведении функциональных проб в исследуемых группах.



моделирования и предложен методический подход к диагностике начальных стадий АГ у подростков.

Заключение

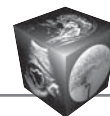
Анализ динамики показателей выявил определенные функциональные изменения ССС в зависимости от нагрузочных проб не только у детей с АГ, но и в группе риска. В табл. 6 представлены наиболее значимые, по нашим данным, показатели, характеризующие ремоделирование ССС. Так, у здоровых детей с повышенным кардиоваскулярным риском по сравнению со здоровыми детьми, не имеющими риска развития ССЗ, установлены следующие нарушения:

- реакция на нагрузку системного АД (САД и ДАД) отличается от физиологической;
- диастолические показатели, такие как время замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ (DTe), продолжительность предсердной систолы (Adur), продолжительность диастолы (ET), выше, а реакция на нагрузку неадекватная;
- Tei-индекс глобальной сократимости и соотношение Е/А снижены и не изменяются при нагрузке.

Выявленные закономерности раннего ремоделирования ЛЖ позволяют предположить, что специфические для АГ нарушения гемодинамики начинают развиваться задолго до появления клинически значимого повышения АД и требуют превентивных мер с целью снижения риска развития ССЗ. Для их раннего выявления у подростков с АГ и в группе риска по ее развитию следует проводить оценку диастолического наполнения ЛЖ и измерение АД не только в покое, но и при выполнении нагрузочных проб.

Список литературы

1. Зволинская, Е.Ю., Александров А.А. Оценка риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у лиц молодого возраста. Кардиология. 2010; 8: 37–47.
2. Коннов М.В., Доборджинидзе Л.М., Деев А.Д., Грацианский А.Н. Собственные и родительские предикторы артериальной предгипертензии, гипертонии у детей, лиц с «преждевременной» коронарной болезнью сердца. Кардиология. 2010; 3: 22–25.
3. Рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в детском и подростковом возрасте; Председатель рабочей группы А.А. Александров. М., 2012. 53 с.
4. Кисляк О.А. Артериальная гипертензия в подростковом возрасте: вопросы диагностики и лечения. Фарматека. 2012; 1: 15–18.
5. Рекомендации Европейского общества кардиологов (пересмотр 2012). Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике. Рос. кардиол. журн. 2012; 4 (96), прил. 2. 84 с.
6. 2013 ESH/ESC. Guidelines for the management of arterial hypertension. Hypertens. 2013; 31: 1281–1357.
7. Кисляк О.А. Артериальная гипертензия в подростковом возрасте. М.: Миклош, 2007. 254 с.
8. Козлова Л.В. Вегетативная дисфункция у детей и подростков. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 96 с.
9. Леонтьева И.В. Поражение органов-мишеней у детей и подростков с артериальной гипертензией. Рос. вестн. перинатол. и педиатр. 2010; 2: 30–39.
10. Берштейн, Л.Л., Катамадзе Н.О., Лазнам С.С., Гришкин Ю.Н. Индивидуальное прогнозирование риска развития ишемической болезни сердца в рамках первичной профилактики. Кардиология. 2012; 10: 65–73.
11. Строгий В.В., Войтович Т.Н. Гомеостаз у подростков с артериальной гипертензией. Педиатрия. 2011; 90 (5): 19–21.
12. Spagnolo A., Giussani M., Ambuzzi A.M. et al. Focus on prevention, diagnosis and treatment of hypertension in children and adolescent. Pediatrics. 2013; 39: 20–25.
13. Леонтьева И.В. Артериальная гипертензия у детей и подростков. М.: Викас-принт, 2010. 254 с.
14. Шарыкин А.С., Володина Н.И., Шиликовская Е.В. Ранние эхокардиографические симптомы артериальной гипертензии у подростков. Педиатрия. 2011; 90 (5): 16–18.
15. Hietalampi H. Left Ventricular Mass and Geometry in Adolescence. Hypertension. 2012; 60: 1266–1272.
16. Picano E. Stress Echocardiography. 5th Ed. Berlin: Springer, 2009. 612 p.
17. Lilly V.D. Патофизиология сердечно-сосудистой системы: Пер. с англ. 3-е изд., испр. и перераб. М.: Бином, Лаборатория знаний, 2010. 672 с.
18. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B. et al. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца. Рос. кардиол. журн. 2012; 3 (9): 1–28.
19. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Аверина И.И., Берсенева М.И. Оценка ремоделирования левого желудочка: учебное пособие для врачей. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2009. 36 с.
20. Шарыкин А.С., Колесникова А.М., Шиликовская Е.В. Нагрузочные тесты с эхокардиографией: физиологические аспекты. Педиатрия. 2010; 89 (3): 111–115.
21. Chen M.H. Utility of exercise stress echocardiography in pediatric cardiac. J. Heart, Lung Transplantat. 2012; 31 (5): 517–523.
22. Попова Н.Е., Шарыкин А.С., Шиликовская Е.В., Яшина М.А. Эхокардиографические признаки ремоделирования левого желудочка при нагрузке сопротивлением: Тезисы конгресса «Детская кардиология 2012». М., 2012: 166–167.
23. Thompson M., Dana T., Bougatsos C., Screening for hypertension in children and adolescents for the prevention of cardiovascular disease. A systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force Evidence Synthesis, № 99, Agency for Healthcare Research and Quality (USA) 2013. Report №: 13-05181-EF-1.
24. Алехин М.Н., Сидоренко Б.А. Современные подходы к эхокардиографической оценке диастолической функции левого желудочка сердца. Кардиология 2010; 1; 72–77.
25. Агеев Ф.Т., Овчинников А.Г. Диагностика и лечение большого диастолической сердечной недостаточности: роль пробы с изометрической нагрузкой. Сердечная недостаточность. 2000; 1 (2): 71–74.
26. Отрохова Е.В. Новый подход к оценке диастолической функции левого желудочка. Ультразвук. и функцион. диагн. 2006; 4: 81–96.



References

1. Zvolinskaya E.Yu., Alexandrov A.A. Assessment of cardiovascular diseases risk factors in young individuals. *Kardiologiya*. 2010; 8: 37–47. (In Russian)
2. Konnov M.V., Dobordziginidze L.M., Deev A.D., Gratsianskiy A.N. Acquired and inherited predictors of arterial prehypertension, hypertension in children with early coronary heart disease. *Kardiologiya*. 2010; 3: 22–25. (In Russian)
3. Recommendations on prevention of cardiovascular diseases in children and adolescents. The Editor in Chief A.A. Alexandrov. M., 2012. 53 p. (In Russian)
4. Kisliak O.A. Arterial hypertension in adolescents: diagnostics and treatment. *Farmateka*. 2012; 1: 15–18. (In Russian)
5. Recommendations of the European Cardiology (reviewed in 2012). Prevention of cardiovascular diseases in clinical practice. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2012; 4 (96), suppl. 2. 84 p. (In Russian)
6. 2013 ESH/ESC. Guidelines for the management of arterial hypertension. *Hypertens*. 2013; 31: 1281–1357.
7. Kisliak O.A. Arterial hypertension in adolescents. M.: Miklosh, 2007. 254 p. (In Russian)
8. Kozlova L.V. Vegetative dysfunction in children and adolescents. M.: GEOTAR-Media, 2008. 96 p. (In Russian)
9. Leontieva I.V. Impairment of target organs in children and adolescents with arterial hypertension. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*. 2010; 2: 30–39. (In Russian)
10. Bernshtein L.L., Katamadze N.O., Laznam S.S., Grishkin Yu.N. Individual prognosis of ischemic heart diseases risks at first-line prevention. *Kardiologiya*. 2012; 10: 65–73. (In Russian)
11. Strogii V.V., Voitovich T.N. Homeostasis in adolescents with arterial hypertension. *Pediatriya*. 2011; 90 (5): 19–21. (In Russian)
12. Spagnolo A., Giussani M., Ambruzzi A.M., et al. Focus on prevention, diagnosis and treatment of hypertension in children and adolescent. *Pediatrics*. 2013; 39: 20–22.
13. Leontieva I.V. Arterial hypertension in children and adolescents. M.: Vikas-print, 2010. 254 p. (In Russian)
14. Sharikin A.S., Volodina N.I., Shilikovskaya E.V. Early echocardiography symptoms of arterial hypertension in adolescents. *Pediatriya*. 2011; 90 (5): 16–18. (In Russian)
15. Hietalampi H. Left Ventricular Mass and Geometry in Adolescence. *Hypertension*. 2012; 60: 1266–1272.
16. Picano E. *Stress Echocardiography*. 5th Ed. Berlin: Springer, 2009. 612 p.
17. Lilly V.D. *Pathological physiology of the cardiovascular system*. Translated from English. 3rd addition corrected and reviewed. M.: Binom, Laboratoriya znaniy, 2010. 672 p. (In Russian)
18. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B. et al. Recommendations on quantitative assessment of the structure and functions of cardiac chambers. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2012; 3 (9): 1–28.
19. Bokeriya L.A., Bokeriya O.L., Averina I.I., Berseneva M.I. Assessment of left ventricular remodeling: reference book for medical doctors. M.: NCSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN, 2009. 36 p. (In Russian)
20. Sharikin A.S., Kolesnikova A.M., Shilikovskaya E.V. Exercise tests and echocardiography: physiological aspects. *Pediatriya*. 2010; 89 (3): 111–115. (In Russian)
21. Chen M.H. Utility of exercise stress echocardiography in pediatric cardiac. *J. Heart, Lung Transplant*. 2012; 31 (5): 517–523.
22. Popova N.E., Sharikin A.S., Shilikovskaya E.B., Yashina M.A. Echocardiography signs of left ventricular remodeling in exercise: Materials of the Kongress “Children’s cardiology 2012”. M., 2012: 166–167. (In Russian)
23. Thompson M., Dana T., Bougatsos C., Screening for hypertension in children and adolescents for the prevention of cardiovascular disease. A systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force Evidence Synthesis, № 99, Agency for Healthcare Research and Quality (USA) 2013. Report №: 13-05181-EF-1.
24. Alekhin M.N., Sidorenko B.A. Modern approaches to echocardiography assessment if the diastolic function of the left ventricle. *Kardiologiya*. 2010; 1: 72–77. (In Russian)
25. Ageev F.T., Ovchinnikov A.G. Diagnostics and treatment of patients with diastolic cardiac insufficiency: the role of an isometric exercise test. *Serdechnaya nedostatochnost*. 2000; 1 (2): 71–74. (In Russian)
26. Otrokhova E.V. A new approach to assessment of the diastolic function of the left ventricle. *Ultrazvukovaya i funktsionalnaya Diagnostika*. 2006; 4: 81–96. (In Russian)