

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025
УДК 612.171.7

Басаргина Е.Н.¹, Васичкина Е.С.², Жарова О.П.¹, Ковалев И.А.³, Колоскова Н.Н.⁴, Котлукова Н.П.³, Леонтьева И.В.³, Первунина Т.М.², Рябцев Д.В.⁴, Сильнова И.В.¹, Трунина И.И.^{3,5}

Хроническая сердечная недостаточность у детей: этиология, патогенез, клиника и диагностика

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;
²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, 197341, Санкт-Петербург, Россия;
³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 117513, Москва, Россия;
⁴ФГБУ «НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России, 123182, Москва, Россия;
⁵ГБУЗ «Детская городская клиническая больница им. З.А. Башляевой» ДЗМ, 125373, Москва, Россия

Резюме

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является грозным осложнением заболеваний сердечно-сосудистой системы или её поражений при других формах патологии и характеризуется значительным риском инвалидизации и смертности. В основе прогрессирования ХСН любой этиологии лежит ремоделирование сердечно-сосудистой системы, связанное с активацией нейрогормональных систем: симпатико-адреналовой (САС) и ренин-ангиотензин-альдостероновой (РААС). **Цель обзора:** представить современные концепции этиологии, патогенеза, диагностики и клинической картины ХСН у детей для оптимизации клинического ведения больных и расширения объёма знаний практикующих врачей. Современным фармакологическим методом лечения, влияющим на прогноз, предупреждающим прогрессирование поражения миокарда, является модулирование активности САС и РААС на циркуляторном, тканевом и клеточном уровнях. При определении тактики лечения детей следует установить этиологию ХСН, идентифицировать сопутствующие формы патологии, определить варианты и степень выраженности дисфункции миокарда, оценить тяжесть клинических проявлений.

Ключевые слова: обзор; дети; сердечная недостаточность; диагностика; клиника; прогноз

Для цитирования: Басаргина Е.Н., Васичкина Е.С., Жарова О.П., Ковалев И.А., Колоскова Н.Н., Котлукова Н.П., Леонтьева И.В., Первунина Т.М., Рябцев Д.В., Сильнова И.В., Трунина И.И. Хроническая сердечная недостаточность у детей: этиология, патогенез, клиника и диагностика. *Российский педиатрический журнал*. 2025; 28(3): 223–230. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-3-223-230> <https://elibrary.ru/wkesvt>

Для корреспонденции: Басаргина Елена Николаевна, доктор мед. наук, проф., гл. науч. сотр. лаб. разработки новых технологий диагностики и лечения болезней детского возраста, зав. кардиологическим отд-нием ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, basargina@nczd.ru

Участие авторов: Басаргина Е.Н. — концепция и дизайн исследования; Васичкина Е.С., Жарова О.П., Ковалев И.А., Колоскова Н.Н., Котлукова Н.П., Леонтьева И.В., Первунина Т.М., Рябцев Д.В., Сильнова И.В., Трунина И.И. — сбор и обработка материала; Басаргина Е.Н., Котлукова Н.П., Жарова О.П., Трунина И.И. — написание текста; Басаргина Е.Н., Васичкина Е.С., Ковалев И.А. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 23.04.2025
Принята к печати 20.05.2025
Опубликована 27.06.2025

Elena N. Basargina¹, Elena S. Vasichkina², Olga P. Zharova¹, Igor A. Kovalev³, Nataliya N. Koloskova⁴, Nataliya P. Kotlukova³, Irina V. Leontyeva³, Tatyana M. Pervunina², Dmitriy V. Ryabtsev⁴, Irina V. Silnova¹, Inna I. Trunina^{3,5}

Chronic heart failure in children: etiology, pathogenesis, clinical picture and diagnosis

¹National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation;
²V.A. Almazov Center Department of Children's Diseases, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation;
³N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117513, Russian Federation;
⁴Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, 123182, Russian Federation;
⁵Z.A. Bashlyaeva Children City Clinical Hospital, Department of health of Moscow, 125373, Russian Federation

Summary

Introduction. Chronic heart failure (CHF) is a threatening complication of cardiovascular diseases or damage in other pathological processes. CHF is characterized by a significant risk of disability and mortality in childhood. The progression of CHF of any etiology

is based on the process of cardiovascular remodeling associated with the activation of neurohormonal systems, sympathoadrenal and renin-angiotensin-aldosterone. **Aim** of the review: to highlight the issues of the modern view of the etiology, pathogenesis, diagnosis and clinical features in CHF children to increase the knowledge in practitioners for better management of patients. A modern pharmacological treatment method that affects the prognosis and prevents the progression of myocardial damage is based on modulation of the activity of sympathoadrenal and renin-angiotensin-aldosterone systems at the circulating, tissue, and cellular levels. When determining the treatment of children, the etiology of CHF should be established, concomitant diseases should be identified, the variant and severity of myocardial dysfunction should be determined, and the severity of clinical manifestations should be assessed.

Keywords: review; children; heart failure; diagnosis; clinic; prognosis

For citation: Basargina E.N., Vasichkina E.S., Zharova O.P., Kovalev I.A., Koloskova N.N., Kotlukova N.P., Leontyeva I.V., Pervunina T.M., Ryabtsev D.V., Silnova I.V., Trunina I.I. Chronic heart failure in children: etiology, pathogenesis, clinical picture and diagnosis. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2025; 28(3): 223–230. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-3-223-230> <https://elibrary.ru/wkesvr>

For correspondence: Elena N. Basargina, MD, PhD, DSc, prof., Head of the Cardiology department, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation, basargina@nczd.ru

Contribution: Basargina E.N. — concept and design of the study; Basargina E.N., Vasichkina E.S., Zharova O.P., Kovalev I.A., Kotlukova N.P., Trunina I.I. — collection and processing of material; Basargina E.N., Zharova O.P. — writing the text; Vasichkina E.S., Kovalev I.A., Koloskova N.N., Kotlukova N.P., Leontyeva I.V., Pervunina T.M., Ryabtsev D.V., Silnova I.V., Trunina I.I. — editing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Basargina E.N., <https://orcid.org/0000-0002-0144-2885>
Vasichkina E.S., <https://orcid.org/0000-0001-7336-4102>
Zharova O.P., <https://orcid.org/0000-0003-4221-8406>
Kovalev I.A., <https://orcid.org/0000-0001-8195-5682>
Koloskova N.N., <https://orcid.org/0000-0002-5819-9046>
Kotlukova N.P., <https://orcid.org/0000-0001-6776-2614>
Leontyeva I.V., <https://orcid.org/0000-0002-5273-6859>
Pervunina T.M., <https://orcid.org/0000-0002-7514-2260>
Ryabtsev D.V., <https://orcid.org/0000-0002-0548-5639>
Silnova I.V., <https://orcid.org/0009-0001-6367-6185>
Trunina I.I., <https://orcid.org/0000-0001-9627-2833>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: April 23, 2025

Accepted: May 20, 2025

Published: June 27, 2025

Введение

Сердечная недостаточность (СН) — это клинический синдром, характеризующийся настоящими или предшествующими симптомами (одышка, повышенная утомляемость, отёчность голеней и стоп) и признаками (повышение давления в яремных венах, хрипы в лёгких, периферические отёки) вследствие нарушений структуры и/или функций сердца, приводящих к уменьшению сердечного выброса и/или повышению давления наполнения сердца в покое или при нагрузке и/или увеличению уровней натрийуретических пептидов [1].

Острая СН — это опасное для жизни состояние, характеризующееся быстрым началом или резким ухудшением симптомов/признаков СН вплоть до развития отёка лёгких или кардиогенного шока, требующее проведения неотложных лечебных мероприятий.

Хроническая СН (ХСН) — состояние, характеризующееся постепенным усилением симптомов/признаков СН, длительно существующее и, как правило, прогрессирующее, вплоть до развития декомпенсации.

Этиология и патогенез

Причины ХСН у детей разнообразны, зависят от возраста детей и принципиально отличаются от таковых у взрослых. У новорождённых и детей раннего возраста основными причинами ХСН являются врождённые пороки сердца. После хирургической коррекции пороков у 78% больных клинические признаки ХСН не определя-

ются [2, 3]. Частыми причинами ХСН у детей являются идиопатические и воспалительные заболевания сердца: инфекционные эндокардиты, миокардиты, перикардиты, кардиомиопатии (в том числе в структуре врождённых нарушений обмена веществ, генетических синдромов), первичная лёгочная гипертензия. Отмечено увеличение числа случаев поражений миокарда при системных заболеваниях соединительной ткани, васкулитах, особенно при болезни Кавасаки. Поражения сердца могут быть следствием токсического воздействия на миокард (при химиотерапии), эндокринных и аутоиммунных заболеваний. Поражения коронарных артерий у детей встречаются реже, чем у взрослых. Имеют значение формы патологии, обуславливающие хроническую перегрузку миокарда повышенной интенсивной работой (тахикардией) или увеличенным периферическим сосудистым сопротивлением (артериальная гипертензия) [2, 4, 5].

Основными факторами формирования ХСН у детей со сниженной фракцией выброса (ФВ), т. е. с систолической ХСН, являются миокардиты и кардиомиопатии с дилатационным фенотипом. При повреждении миокарда (воспаление, воздействие токсических веществ, генетически детерминированная патология) изменения в кардиомиоцитах и внеклеточном матриксе способствуют формированию патологического ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) сердца, его дилатации, изменениям геометрии и систолической дисфункции. В начале заболевания симптомы ХСН не выражены, но с течением времени эти нарушения прогрессируют [4,

5, 7]. В ответ на снижение систолической функции ЛЖ происходит повышение активности вазопрессорных систем: симпатико-адреналовой (САС) и ренин-ангиотензин-альдостероновой (РААС) систем, увеличение экспрессии эндотелина, вазопрессина и цитокинов. Пролонгированная активация РААС и САС приводит к периферической вазоконстрикции, задержке натрия и жидкости, что увеличивает нагрузку на ЛЖ, оказывает прямое действие на миокард, стимулируя фиброз и апоптоз, что ускоряет ремоделирование сердца и нарушения его функционального состояния. Гиперактивация нейрогуморальных систем оказывает неблагоприятное влияние на другие органы: кровеносные сосуды, почки, мышцы, костный мозг, лёгкие и печень. Клинически все эти изменения связаны с прогрессированием симптомов ХСН, что приводит к ухудшению качества жизни больных, снижению их физической активности и декомпенсации ХСН, требующей госпитализации [1, 4, 6, 8].

Этиология ХСН у детей с сохранённой ФВ (ХСНсФВ), при которой сократимость сердца практически не нарушена, отличается от ХСН со сниженной ФВ, которая характеризуется выраженным снижением сократительной способности ЛЖ менее 40%. К основным причинам ХСНсФВ у детей относятся гипертрофическая и рестриктивная формы кардиомиопатий, констриктивный перикардит, гидроперикард, тиреотоксикоз, инфильтративные заболевания, метастатические поражения миокарда и др. Основу патофизиологии ХСНсФВ у детей составляют преимущественно нарушения диастолической функции ЛЖ, его неспособность к адекватному наполнению без повышения среднего лёгочного венозного давления. Диастолическая функция ЛЖ зависит как от расслабления миокарда, так и от его механических свойств. Расслабление миокарда ЛЖ является активным процессом, зависящим от функционирования саркоплазматического ретикулула кардиомиоцитов. Нарушение активной релаксации является одним из ранних проявлений дисфункции миокарда в большинстве случаев ХСНсФВ у детей. Механические свойства миокарда, которые характеризуются эластичностью, податливостью и жёсткостью, влияют на наполнение ЛЖ в фазы диастолы и систолы предсердий. Гипертрофия, фиброз или инфильтрация миокарда увеличивают его жёсткость, что приводит к резкому нарастанию давления наполнения ЛЖ. Податливость ЛЖ зависит от уровня преднагрузки и уменьшается при его дила-

тации. В зависимости от выраженности диастолических нарушений выделяют три типа наполнения ЛЖ: замедленное расслабление, псевдонормализация и рестрикция. Выраженность клинических проявлений диастолической ХСН и прогноз для больных определяются в первую очередь тяжестью диастолической дисфункции. Прогноз для больных ХСНсФВ зависит от формы патологии и выраженности диастолической дисфункции [1, 8–10].

Классификация

Классификации ХСН являются инструментами клиницистов, позволяющими понимать обсуждаемые формы патологии сердца, способствуют улучшению диагностики и лечения болезней сердца. Традиционно для определения тяжести ХСН используются классификации в зависимости от стадии заболевания сердца и функционального класса (ФК).

Классификация по стадиям ХСН призвана систематизировать характер изменений, стадийность процесса и проявления ХСН на основании данных, полученных при осмотре больного, с учётом данных обследований и предложена клиницистам для практического применения. Одна из первых отечественных классификаций по стадиям ХСН была создана в В.Х. Василенко и Н.Д. Стражеско при участии Г.Ф. Ланга (1935). В соответствии с новыми знаниями Обществом специалистов по сердечной недостаточности была предложена видоизменённая классификация ХСН (табл. 1)

Функциональная классификация ХСН основана на определении физических (функциональных) возможностей больного с патологией сердца, которые могут быть выявлены при обследовании. При этом оценка физических возможностей больного во многом зависит от его самочувствия и интерпретации этих показателей врачом. У детей самооценка зависит от возрастных ограничений, поэтому для определения ФК ХСН у детей до 7 лет применяется классификация ФК ХСН по R.D. Ross, старше 7 лет — классификация Нью-Йоркской ассоциации кардиологов (New York Heart Association — NYHA) [11]. Для использования в клинической практике у детей раннего возраста доступна модифицированная классификация ФК ХСН по R.D. Ross (табл. 2) [12].

Классификация ХСН в зависимости от фракции выброса ЛЖ впервые рассматривается и предлагается к использованию в клинической практике у детей (табл. 3).

Таблица 1 / Table 1

Классификация ХСН по стадиям Classification of CHF by stages

Стадия Stage	Клинические проявления Clinical manifestations
I	Начальная стадия заболевания (поражения) сердца. Гемодинамика не нарушена. Скрытая СН. Бессимптомная дисфункция ЛЖ The initial stage of heart failure. Hemodynamics is not impaired. Hidden heart failure (HF). Asymptomatic left ventricle dysfunction
IIА	Клинически выраженная стадия заболевания (поражения) сердца. Нарушения гемодинамики в одном из кругов кровообращения, выраженные умеренно Clinically manifesting stage of heart disease. Moderate changes in hemodynamics in one of the blood circulation circles
IIБ	Тяжёлая стадия заболевания (поражения) сердца. Выраженные изменения гемодинамики в обоих кругах кровообращения Severe stage of heart disease. Significant changes in hemodynamics in both circles of blood circulation
III	Конечная стадия поражения сердца. Выраженные изменения гемодинамики и тяжёлые (необратимые) структурные изменения органов-мишеней (сердца, лёгких, сосудов, головного мозга, почек) The terminal stage of heart disease. Significant changes in hemodynamics and severe (irreversible) structural changes in target organs (heart, lungs, blood vessels, brain, kidneys)

ФВ — это основной показатель систолической функции ЛЖ, который показывает, какая доля объема ЛЖ выбрасывается в аорту с каждым сокращением сердца. Для её вычисления ударный объем (разницу между конечно-диастолическим и конечно-систолическим объемами) следует разделить на конечно-диастолический объем. У больных с низкой сократимостью (т.е. с систолической дисфункцией) поддержание должного ударного объема во многом обеспечивается за счёт расширения ЛЖ; иными словами, сердце выбрасывает в аорту меньшую долю (фракцию) от своего увеличенного объема. Чем тяжелее систолическая дисфункция, тем ниже ФВ и, как правило, шире ЛЖ. ФВ является одним из ключевых показателей гемодинамики при ХСН и имеет большое прогностическое значение: чем меньше ФВ, тем хуже прогноз для больного [1].

Клиническая картина

Клиника ХСН у детей, особенно на ранних её стадиях, определяется неспецифичностью симптомов и различной степенью их выраженности [4, 5]. При обращении к врачу как у детей, так и у взрослых больных

с ХСН самыми частыми являются жалобы на одышку и периферические отёки.

Причиной одышки при ХСН является застойное полнокровие лёгких, что приводит к повышению давления в лёгочных венах и капиллярах. При прогрессирования ХСН одышка возникает при меньшем уровне физической нагрузки, появляется повышенная утомляемость, снижается толерантность к физической нагрузке, в дальнейшем развивается ортопноэ.

Отёки могут быть как сердечными, так и несердечными — поэтому нужно выявить или исключить их сердечное происхождение. Необходимо учитывать особенности отёков при ХСН, выявление системной венозной гипертензии и наличие признаков органического заболевания сердца. При ХСН отёки локализуются в низко расположенной части тела (нижние конечности, при нарастании ХСН возникают отёки мошонки, живота, поясницы, и они симметричны).

У детей 1-го года жизни ранними симптомами являются затруднения при кормлении: одышка, беспокойство, потливость; уменьшение аппетита (нередко требующее зондового питания), нарушения роста и отсутствие прибавки массы тела [4, 5, 12]. У детей раннего возраста, в связи с высокой гидрофильностью тканей, периферические отёки могут не визуализироваться; часто выявляется сочетанное увеличение печени и селезёнки. У детей старшего возраста и подростков отмечаются одышка, утомляемость и снижение толерантности к физической нагрузке, прогрессирующие по мере течения заболевания. Одышка на начальных стадиях ХСН связана с физической нагрузкой, кашель в положении лежа и связанные с этим нарушения сна. Неспецифическими, но характерными симптомами могут быть диспепсические явления: тошнота, рвота, нарушения стула, обусловленные недостаточностью кровоснабжения органов желудочно-кишечного тракта и застоем крови в мезентериальных сосудах [5].

При осмотре обращают на себя внимание бледность, одышка с втяжением уступчивых мест грудной клетки, раздувание крыльев носа, тахикардия, сердечный горб, расширение границ относительной сердечной тупости влево, глухость сердечных тонов, наличие сердечных шумов, акцент II тона в проекции клапана лёгочной артерии (характерен для лёгочной гипертензии), ритм галопа [5, 13]. При развитии признаков правожелудочковой ХСН у детей отмечаются признаки венозного застоя по большому кругу кровообращения: набухание вен, особенно яремных, пульсация в эпигастрии, обусловленная гипертрофией или объёмной перегрузкой правого желудочка (ПЖ), увеличение размеров и болезненность при пальпации печени, редко отмечается умеренное увеличение селезёнки [5, 13]. У детей старшего возраста и подростков в стадии декомпенсации появляются периферические отёки, обычно увеличивающиеся к вечеру (на стопах, затем лодыжках, голених, у лежачих больных в области крестца), гидроторакс и асцит (появляющиеся позднее периферических отёков) [5].

Диагностика

Диагностика ХСН определяет необходимость сочетания нескольких критериев: характерных жалоб; клинических признаков; систолической и/или диастолической

Таблица 2 / Table 2

Модифицированная классификация ФК ХСН по R.D. Ross Modified CHF classification R.D. Ross

Параметр/симптом Parameter/symptom	0 баллов 0 points	1 балл 1 point	2 балла 2 points
Потливость Diaphoresis	Голова Head	Голова и тело при нагрузке Head and body during exercise	Голова и тело в покое Head and body at rest
Тахипноэ Tachypnea	Редко Rare	Часто Frequent	Постоянно Persistent
Дыхание Breathing	Норма Normal	Западение межреберий Intercostal retraction	Диспноэ (одышка) Dyspnea
Частота дыхания в минуту Respiratory rate			
0–1 год 0–1 years	< 50	50–60	> 60
1–6 лет 1–6 years	< 35	35–45	> 45
7–10 лет 7–10 years	< 25	25–35	> 35
11–14 лет 11–14 years	< 18	18–28	> 28
ЧСС, уд/мин Heart rate, beats per minute			
0–1 год 0–1 years	< 160	160–170	> 170
1–6 лет 1–6 years	< 105	105–115	> 115
7–10 лет 7–10 years	< 90	90–100	> 100
11–14 лет 11–14 years	< 80	80–90	> 90
Гепатомегалия, см Hepatomegaly, cm	< 2	2–3	> 3

Интерпретация: 0–2 балла — I ФК ХСН; 3–6 баллов — II ФК ХСН; 7–9 баллов — III ФК ХСН; 10–12 баллов — IV ФК ХСН.

Interpretation: 0–2 points — I Functional class (FC) CHF; 3–6 points — II FC CHF; 7–9 points — III FC CHF; 10–12 points — IV FC CHF.

Таблица 3 / Table 3

Классификация СН по фракции выброса ЛЖ
Classification of HF by left ventricular (LV) ejection fraction (EF)

Критерий Criterion	ХСН со сниженной ФВ HF with reduced EF	ХСН с умеренно сниженной ФВ HF with moderately reduced EF	ХСНсФВ HF with preserved EF
1	Симптомы ± признаки* Symptoms ± signs*	Симптомы ± признаки* Symptomes ± signs*	Симптомы ± признаки* Symptomes ± signs*
2	ФВ ЛЖ < 40% EF LV < 40%	ФВ ЛЖ 41–49%** EF LV 41–49%**	ФВ ЛЖ ≥ 50% и более EF LV ≥ 50 % and more
3			Объективные признаки структурных и/или функциональных нарушений со стороны сердца, согласующиеся с наличием диастолической дисфункции ЛЖ/повышенного давления наполнения ЛЖ, включая повышенный уровень натрийуретических пептидов*** Objective evidence of structural and/or functional cardiac abnormalities consistent with the presence of LV diastolic dysfunction/increased LV filling pressure, including elevated natriuretic peptide level***

Примечание. *Симптомы могут отсутствовать на ранних стадиях ХСН или у больных, получающих диуретическую терапию; **при диагностике ХСНунФВ наличие признаков структурного поражения сердца (например, увеличение размера левого предсердия, гипертрофия ЛЖ или эхокардиографические признаки нарушения наполнения ЛЖ) делает диагноз более вероятным; ***чем больше нарушений, тем выше вероятность ХСНсФВ.

Note. *Symptoms may be absent at the early stages of CHF or in patients receiving diuretic therapy; **when diagnosing HF with moderately reduced EF, the presence of signs of structural cardiac disease (e.g., increased left atrium size, left ventricular hypertrophy, or echocardiographic evidence of poor left ventricle filling) makes the diagnosis more likely; ***the more abnormalities, the higher the likelihood of HF with preserved EF.

ской дисфункции; повышения уровней натрийуретических пептидов. Рекомендуется провести оценку жалоб больного и сбор анамнеза.

При *сборе анамнеза* необходимо вести активный опрос родителей с уточнением наличия у ребёнка быстрой утомляемости, повышенной потливости, снижения аппетита, диспептических расстройств, одышки (чувство нехватки воздуха при физической нагрузке, затем в покое, усиливающееся в горизонтальном положении), нарушения сна, сердцебиения, снижения двигательной активности. Следует обращать внимание на появление кашля — сухого или влажного (чаще при физической нагрузке и в ночное время) в отсутствие ОРВИ, никтурии, олигурии, недостаточную прибавку в массе тела и росте. В диагностическом поиске важно уточнить семейный анамнез о наличии у родственников первой линии родства заболеваний сердца, случаев внезапной смерти в семье. Рекомендуется проведение различных форм обследования больного для диагностики ХСН и заболевания/состояния, ставшего причиной развития ХСН.

При *клиническом осмотре* следует обратить особое внимание на измерение роста и массы тела, температуры тела, частоты дыхания и ЧСС, аускультацию сердца и лёгких, определение уровней артериального давления на периферических артериях, наличие периферических отёков, определение размеров печени. При лабораторной диагностике ХСН рекомендуется анализ изменений уровней N-терминального фрагмента натрийуретического мозгового пропептида (NT-proBNP) в крови всем больным, что позволяет проводить эффективный скрининг на наличие СН, а также оценивать эффективность проводимой терапии и динамику состояния больного [14–17]. Для комплексной оценки состояния больных с ХСН необходимо проведение клинического анализа крови, газового состава крови и кислотно-щелочного состояния; определение уровней С-реактивного белка; концентраций сывороточного железа, ферритина и трансферрина; уровней электролитов в крови (натрий, калий,

хлориды, кальций, магний); креатинина, мочевины в крови и скорости клубочковой фильтрации (расчётный показатель); глюкозы в крови; общего и прямого билирубина в крови; активности внутриклеточных ферментов (аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, креатинфосфокиназы, креатинфосфокиназы-МВ, лактатдегидрогеназы); уровней общего белка и альбумина в крови; определение тиреоидного статуса (уровень свободного трийодтиронина, свободного тироксина, тиреотропного гормона). При наличии факторов, предрасполагающих к тромбообразованию (нарушения ритма, искусственные клапаны, значительная дилатация камер сердца, резкое снижение сократительной способности, тромбоэмболии в анамнезе, признаки тромбоза ЛЖ) показан обязательный анализ параметров коагулограммы, уровней D-димера и растворимых фибрин-мономерных комплексов в крови [4, 13, 18].

Рекомендуется выполнение 12-канальной ЭКГ *покоя* для определения ЧСС, наличия признаков перегрузки/гипертрофии предсердий и/или желудочков сердца, нарушений сердечного ритма и проводимости, нарушений процесса реполяризации миокарда у всех больных с ХСН. Диагноз ХСН маловероятен при наличии нормальной ЭКГ. Показано проведение суточного мониторинга ЭКГ всем больным с ХСН при первичном обследовании для оценки среднесуточных значений ЧСС, диагностики нарушений ритма сердца и латентной ишемии миокарда, а также при динамическом наблюдении для оценки эффективности терапии. Выявление у ребёнка хронических тахикардий, длительных пароксизмов тахикардии требует исключения аритмогенного генеза ХСН.

Эхокардиографическое исследование сердца (ЭхоКГ) рекомендуется всем больным с ХСН и является обязательным методом диагностики при подозрении на ХСН. ЭхоКГ позволяет получить информацию об анатомических особенностях сердца, параметрах внутрисердечной гемодинамики, систолической и диастолической функций желудочков, оценить геометрию полостей,

выявить признаки ремоделирования, рассчитать вероятность наличия лёгочной гипертензии, что имеет решающее значение в диагностике и определении лечения [19]. Этот метод незаменим при динамическом наблюдении за больными с ХСН [20–25]. При этом обязательными являются оценка анатомии сердца и магистральных сосудов (наличие внутрисердечных шунтов, обструкции кровотока); измерение толщины стенок ЛЖ и ПЖ; измерение конечно-диастолического и конечно-систолического размеров, конечно-диастолического объёма и конечно-систолического объёма ЛЖ с определением величины стандартного отклонения показателя от среднего для данного массо-ростового показателя (z-score) [22, 26, 27]; определение ФВ ЛЖ методом ультразвуковых дисков (метод Simpson, норма у детей раннего возраста более 55%, у детей старшего возраста — более 50%). Следует подчеркнуть, что метод вычисления ФВ по Teichholz и определение фракции укорочения не рекомендуются для клинического использования, поскольку они основаны на измерении линейных размеров и могут давать неточные результаты у больных с нарушением локальной сократимости ЛЖ [28–31].

При ХСН проводится определение функций ПЖ [32–36]. Часто для оценки систолической функции ПЖ проводят измерение систолической экскурсии латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (норма у взрослых — более 20 мм, у детей зависит от возраста и роста-весовых параметров) и рассчитывают фракцию изменения площади ПЖ [37–45]. В связи со сложной геометрией ПЖ оцениваемые параметры отражают систолическую функцию только приточной части ПЖ и зависят от многих факторов. Объективная оценка систолической функции ПЖ посредством стандартной ЭхоКГ затруднена. При проведении ЭхоКГ обязательной является оценка давления в правых камерах сердца, выявление признаков лёгочной гипертензии. Показана оценка размеров левого и правого предсердий; анатомии створок, подклапанного аппарата и функции клапанов сердца (аортальный, лёгочный, митральный, трикуспидальный). Учитывая, что в основе большинства случаев ХСНсФВ лежит нарушение диастолической функции желудочков, её правильная оценка является залогом своевременной точной диагностики.

В последнее время большое распространение получила методика оценки деформации миокарда — спекл-трекинг, применяемая для выявления ранних признаков систолической и диастолической дисфункций желудочков сердца [46]. Методика основана на расчёте изменения длины миокардиального волокна и скорости его деформации во время сокращения и расслабления миокарда [25]. Деформацию миокарда можно оценить в разных плоскостях: продольных, радиальных, вращательных. Распространённой является оценка продольной деформации. Разработаны программы для оценки деформации желудочков и предсердий. Оценка деформации миокарда ЛЖ и ПЖ отражает систолическую функцию ЛЖ. Изменения значений глобальной деформации в большинстве случаев опережают изменения фракции выброса ЛЖ и фракции уменьшения площади ПЖ, т. е. отличаются большей чувствительностью при оценке систолической функции желудочков по сравнению с стандартными методами ЭхоКГ, в связи с чем

эта методика может быть использована для выявления ранних изменений сократительной способности сердца. Сегментарное изменение длины миокардиального волокна отражает локальное повреждение миокарда (зоны ишемии, фиброза, воспаления). Анализ деформации миокарда левого предсердия помогает в выявлении диастолической дисфункции ЛЖ. Оценка деформации миокарда правого предсердия не так распространена в связи с анатомическими особенностями строения правого предсердия, однако может играть значительную роль у больных с систолической и диастолической дисфункциями ПЖ, больных с рестриктивным типом гемодинамики и лёгочной гипертензией [47–49].

Рентгенография органов грудной клетки рекомендуется всем больным с ХСН для выявления кардиомегалии (нормальное значение кардиоторакального индекса составляет не более 0,55 у детей до 3 лет, и не более 0,5 — с 3 лет), альтернативных заболеваний лёгких и оценки состояния лёгочной гемодинамики. Следует отметить, что нормальные размеры сердца не исключают диастолической СН. Наличие венозного лёгочного застоя является критерием тяжести ХСН, а динамика этих изменений служит маркером эффективности лечения. Данные рентгеновского обследования органов грудной клетки требуют сопоставления с клиникой, данными ЭКГ и ЭхоКГ.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца и магистральных сосудов включает в себя различные методики, которые позволяют при одном обследовании, даже без введения контрастных препаратов, получить подробную информацию о морфологии сердца, внутрисердечной гемодинамике, функции желудочков, скорости и объёме кровотока по крупным сосудам, структуре миокарда. Достоинством МРТ является возможность оценивать морфологические и функциональные особенности правых отделов сердца, что не всегда доступно при проведении стандартной ЭхоКГ. Метод МРТ информативен в оценке морфологии и функции сердца у больных с кардиомиопатиями, особенно апикальной гипертрофической кардиомиопатией и некомпактной кардиомиопатией, сложными врождёнными пороками сердца [50]. Возможности метода значительно расширяет использование контрастных препаратов. Изображения, полученные сразу после введения контрастного препарата, позволяют выявить дефекты перфузии, а также зоны микрососудистой обструкции. На постконтрастных изображениях в отсроченную фазу выявляются участки некроза и/или фиброза, такие изображения позволяют выявить даже небольшие участки накопления контрастного препарата. Наличие и выраженность фиброзных изменений помогают поставить правильный диагноз и определить прогноз больных с кардиомиопатиями [50, 51].

Мультиспиральная компьютерная томография — информативный неинвазивный метод оценки анатомии коронарных артерий (для исключения аномального отхождения левой коронарной артерии от легочного ствола, состояния аорты и её ветвей (для исключения внесердечных сосудистых аномалий, имеющих гемодинамическое значение), отличается высоким пространственным разрешением и высокой скоростью [52].

Катетеризация полостей сердца и ангиокардиография рекомендуются больным с ХСН для определения

давления в системе лёгочной артерии и лёгочного сосудистого сопротивления у больных с лёгочной гипертензией, для оценки анатомии коронарных сосудов, перед выполнением трансплантации сердца или когда неинвазивные методы лучевой диагностики не позволяют установить точный диагноз [53].

Нагрузочные тесты у больных ХСН рекомендуются с дозированной физической нагрузкой у больных старше 7 лет для объективной оценки ограничений физической работоспособности, выявления асимптомных больных с ХСН, при подозрении на скрытую ишемию миокарда, для определения индивидуальных рекомендаций по физической нагрузке, оценки прогноза ХСН [54]. Предпочтительным является использование кардиопульмонального нагрузочного теста (эргоспирометрия). Указанный метод имеет возрастные ограничения. В ходе обследования используют велоэргометр или тредмил. Оценивают субъективную реакцию ребёнка, изменения ЭКГ, артериального давления, потребление кислорода на максимуме нагрузки. Результаты сравнивают с показателями, соответствующими норме для данного возраста, пола и площади поверхности тела [55]. В рутинной практике альтернативой кардиопульмональному нагрузочному тесту служит тест с 6-минутной ходьбой [56].

Литература

(п.п. 2; 3; 5–12; 14–30; 32–56 см. References)

- McDonagh T.A., Metra M., Adamo M., Gardner R.S., Baumbach A., Böhm M. и др. 2021 Рекомендации ESC по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности. *Российский кардиологический журнал*. 2023; 28(1): 117–224. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5168> <https://elibrary.ru/sjmikk>
- Басаргина Е.Н., Шарыкин А.С., Ковалев И.А., Котлюкова Н.П., Леонтьева И.В. *Диагностика и лечение хронической сердечной недостаточности у детей и подростков, методические рекомендации*. М.; 2010. <https://elibrary.ru/tlkkvx>
- Школьников М.А., Алексеева Е.И., Дегтярева Е.А., Басаргина Е.Н., Березницкая В.В., Белозеров Ю.М. и др. *Клинические рекомендации по детской кардиологии и ревматологии*. М., 2011. <https://elibrary.ru/tjeiil>
- Марцинкевич Г.И., Соколов А.А. Эхокардиография у детей, антропометрические и возрастные нормы, сравнительные возможности трехмерной эхокардиографии. *Сибирский медицинский журнал*. 2010; 25(4-1): 67–71. <https://elibrary.ru/ndmgbj>

References

- McDonagh T.A., Metra M., Adamo M., Gardner R.S., Baumbach A., Böhm M., et al. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2023; 28(1): 117–224. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5168> <https://elibrary.ru/sjmikk> (in Russian)
- Frazier A., Hunt E.A., Holmes K. Pediatric cardiac emergencies: Children are not small adults. *J. Emerg. Trauma Shock*. 2011; 4(1): 89–96. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.76842>
- Penny D.J., Vick G.W. 3rd. Ventricular septal defect. *Lancet*. 2011; 377(9771): 1103–12. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61339-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61339-6)
- Basargina E.N., Sharykin A.S., Kovalev I.A., Kotlukova N.P., Leont'eva I.V. *Diagnosis and Treatment of Chronic Heart Failure in Children and Adolescents, Guidelines [Diagnostika i lechenie khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti u detey i podrostkov, metodicheskie rekomendatsii]*. Moscow; 2010. <https://elibrary.ru/tlkkvx> (in Russian)
- Masaroni D., Valente F., Rubino M., Vastarella R., Gravino R., Rea A., et al. Pediatric heart failure: a practical guide to diagnosis and management. *Pediatr. Neonatol*. 2017; 58(4): 303–12. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2017.01.001>
- Unger T., Li J. The role of the renin-angiotensin-aldosterone system in heart failure. *J. Renin Angiotensin Aldosterone Syst*. 2004; 5(Suppl. 1): S7–10. <https://doi.org/10.3317/jraas.2004.024>
- Mille F., Burstein D. Diagnosis and management of pediatric heart failure. *Indian J. Pediatr*. 2023; 90(5): 492–500. <https://doi.org/10.1007/s12098-022-04433-4>
- Riccardi M., Sammartino A.M., Piepoli M., Adamo M., Pagnesi M., Rosano G., et al. Heart failure: an update from the last years and a look at the near future. *ESC Heart Fail*. 2022; 9(6): 3667–93. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14257>
- Das B., Deshpande S., Akam-Venkata J., Shakti D., Moskowitz W., Lipshultz S.E. Heart failure with preserved ejection fraction in children. *Pediatr. Cardiol*. 2023; 44(3): 513–29. <https://doi.org/10.1007/s00246-022-02960-7>
- Gevaert A.B., Kataria R., Zannad F., Sauer A.J., Damman K., Sharma K., et al. Heart failure with preserved ejection fraction: recent concepts in diagnosis, mechanisms and management. *Heart*. 2022; 108(17): 1342–50. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2021-319605>
- Ross R.D., Bollinger R.O., Pinsky W.W. Grading the severity of congestive heart failure in infants. *Pediatr. Cardiol*. 1992; 13(2): 72–5. <https://doi.org/10.1007/BF00798207>
- Läer S., Mir T.S., Behn F., Eiselt M., Scholz H., Venzke A., et al. Carvedilol therapy in pediatric patients with congestive heart failure: a study investigating clinical and pharmacokinetic parameters. *Am. Heart J*. 2002; 143(5): 916–22. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.121265>
- Shkol'nikova M.A., Alekseeva E.I., Degtyareva E.A., Basargina E.N., Berезницкая V.V., Belozеров Yu.M., et al. *Clinical Guidelines for Pediatric Cardiology and Rheumatology [Klinicheskie rekomendatsii po detskoj kardiologii i revmatologii]*. Moscow; 2011. <https://elibrary.ru/tjeiil> (in Russian)
- Mir T.S., Marohn S., Läer S., Eiselt M., Grollmus O., Weil J. Plasma concentrations of N-terminal pro-brain natriuretic peptide in control children from the neonatal to adolescent period and in children with congestive heart failure. *Pediatrics*. 2002; 110(6): e76. <https://doi.org/10.1542/peds.110.6.e76>
- Sugimoto M., Kuwata S., Kurishima C., Kim J.H., Iwamoto Y., Senzaki H. Cardiac biomarkers in children with congenital heart disease. *World J. Pediatr*. 2015; 11(4): 309–15. <https://doi.org/10.1007/s12519-015-0039-x>
- Iacob D., Butnariu A., Leucuța D.C., Samașca G., Deleanu D., Lupan I. Evaluation of NT-proBNP in children with heart failure younger than 3 years old. *Rom. J. Intern. Med*. 2017; 55(2): 69–74. <https://doi.org/10.1515/rjim-2017-0002>
- Nir A., Nasser N. Clinical value of NT-ProBNP and BNP in pediatric cardiology. *J. Card. Fail*. 2005; 11(5 Suppl.): S76–80. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2005.04.009>
- Kantor P.F., Loughheed J., Dancea A., McGillion M., Barbosa N., Chan C., et al. Presentation, diagnosis, and medical management of heart failure in children: Canadian Cardiovascular Society guidelines. *Can. J. Cardiol*. 2013; 29(12): 1535–52. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2013.08.008>
- Klugman D., Berger J.T. Echocardiography and focused cardiac ultrasound. *Pediatr. Crit. Care Med*. 2016; 17(8 Suppl. 1): 222–4. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000000815>
- McMahon C.J., Nagueh S.F., Eapen R.S., Dreyer W.J., Finkelstyn I., Gam X., et al. Echocardiographic predictors of adverse clinical events in children with dilated cardiomyopathy: a prospective clinical study. *Heart*. 2004; 90(8): 908–15. <https://doi.org/10.1136/hrt.2003.020966>
- Thomas D.E., Wheeler R., Yousef Z.R., Masani N.D. The role of echocardiography in guiding management in dilated cardiomyopathy. *Eur. J. Echocardiogr*. 2009; 10(8): iii15–21. <https://doi.org/10.1093/ejecho-card/jep158>
- Petersen M.D., Du W., Skeens M.E., Humes R.A. Regression equations for calculation of z scores of cardiac structures in a large cohort of healthy infants, children, and adolescents: an echocardiographic study. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2008; 21(8): 922–34. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2008.02.006>
- Koestenberger M., Ravekes W., Everett A.D., Stueger H.P., Heinzl B., Gamillscheg A., et al. Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2009; 22(6): 715–9. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2009.03.026>
- Bao S.F., Zhang Y.Q., Chen L.J., Zhong Y.M., Wang Q., Zhang Z.F. Assessment of right ventricular systolic function in children with repaired tetralogy of Fallot by multiple-view from single acoustic window with speckle tracking echocardiography. *Echocardiography*. 2019; 36(1): 133–41. <https://doi.org/10.1111/echo.14200>
- Levy P.T., Machevsky A., Sanchez A.A., Patel M.D., Rogal S., Fowler S., et al. Reference ranges of left ventricular strain measures by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in children: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2016; 29(3): 209–25. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.11.016>
- Puchalski M.D., Lui G.K., Miller-Hance W.C., Brook M.M., Young L.T., Bhat A., et al. Guidelines for performing a comprehensive tran esophageal echocardiographic examination in children and all patients with congenital heart disease: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2019; 32(2): 173–215. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.08.016>

27. Lipshultz S.E., Law Y.M., Asante-Korang A., Austin E.D., Dipchand A.I., Everitt M.D., et al. Cardiomyopathy in children: classification and diagnosis: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2019; 140(1): e9–68. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000682>
28. Lakdawala N.K., Thune J.J., Colan S.D., Cirino A.L., Farrohi F., Rivero J., et al. Subtle abnormalities in contractile function are an early manifestation of sarcomere mutations in dilated cardiomyopathy. *Circ. Cardiovasc. Genet*. 2012; 5(5): 503–10. <https://doi.org/10.1161/circgenetics.112.962761>
29. Lopez L., Colan S., Stylianou M. Relationship of echocardiographic Z scores adjusted for body surface area to age, sex, race, and ethnicity: the pediatric heart network normal echocardiogram database. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 10(11): e006979. <https://doi.org/10.1161/circimaging.117.006979>
30. Cantinotti M., Scalse M., Giordano R., Franchi E., Marchese P., Vica C., et al. Pediatric nomograms for left ventricle biplane 2D volumes in healthy Caucasian children. *Echocardiography*. 2020; 37(6): 971–5. <https://doi.org/10.1111/echo.14701>
31. Martsinkevich G.I., Sokolov A.A. Echocardiography in children, anthropometrical and age norms, comparative possibilities of three-dimensional echocardiography. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*. 2010; 25(4-1): 67–71. <https://elibrary.ru/ndmgbj> (in Russian)
32. Pees C., Glagau E., Hauser J., Michel-Behnke I. Reference values of aortic flow velocity integral in 1193 healthy infants, children, and adolescents to quickly estimate cardiac stroke volume. *Pediatr. Cardiol*. 2013; 34(5): 1194–200. <https://doi.org/10.1007/s00246-012-0628-6>
33. Lopez L., Saurers D.L., Barker P.C.A., Cohen M.S., Colan S.D., Dwyer J., et al. Guidelines for performing a comprehensive pediatric transthoracic echocardiogram: recommendations from the american society of echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2024; 37(2): 119–70. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2023.11.015>
34. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A., et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur. J. Echocardiogr*. 2006; 7(2): 79–108. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2005.12.014>
35. Chinali M., Emma F., Esposito C., Rinelli G., Franceschini A., Doyon A., et al. Left ventricular mass indexing in infants, children, and adolescents: a simplified approach for the identification of left ventricular hypertrophy in clinical practice. *J. Pediatr*. 2016; 170: 193–8. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.10.085>
36. Isa Tafreshi R., Radgoodarzi M., Arjmandi Rafsanjani K., Soheilipour F. Subclinical left ventricular dysfunction in children and adolescence with thalassemia intermedia. *Front. Pediatr*. 2022; 10: 774528. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.774528>
37. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2016; 29(4): 277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
38. Bhatla P., Nielsen J.C., Ko H.H., Doucette J., Lytrivi I.D., Srivastava S. Normal values of left atrial volume in pediatric age group using a validated allometric model. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2012; 5(6): 791–6. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.974428>
39. Koestenberger M., Nagel B., Ravekes W., Avian A., Burmas A., Grangl G., et al. Reference values and calculation of z-scores of echocardiographic measurements of the normal pediatric right ventricle. *Am. J. Cardiol*. 2014; 114(10): 1590–8. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.08.028>
40. Wang S.S., Hong W.J., Zhang Y.Q., Chen S.B., Huang G.Y., Zhang H.Y., et al. Regression equations for calculation of z scores for echocardiographic measurements of left heart structures in healthy Han Chinese children. *J. Clin. Ultrasound*. 2018; 46(5): 328–33. <https://doi.org/10.1002/jcu.22579>
41. Lai W.W., Gauvreau K., Rivera E.S., Saleeb S., Powell A.J., Geva T. Accuracy of guideline recommendations for two-dimensional quantification of the right ventricle by echocardiography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2008; 24(7): 691–8. <https://doi.org/10.1007/s10554-008-9314-4>
42. Roberson D.A., Cui W., Chen Z., Madronero L.F., Cuneo B.F. Annular and septal Doppler tissue imaging in children: normal z-score tables and effects of age, heart rate, and body surface area. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2007; 20(11): 1276–84. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2007.02.023>
43. Cui W., Roberson D.A., Chen Z., Madronero L.F., Cuneo B.F. Systolic and diastolic time intervals measured from Doppler tissue imaging: normal values and Z-score tables, and effects of age, heart rate, and body surface area. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2008; 21(4): 361–70. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2007.05.034>
44. Roberson D.A., Cui W. Right ventricular Tei index in children: effect of method, age, body surface area, and heart rate. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2007; 20(6): 764–70. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2006.11.002>
45. Koestenberger M., Ravekes W., Everett A.D., Steger H.P., Heinzl B., Gamillscheg A., et al. Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2009; 22(6): 715–9. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2009.03.026>
46. Muraru D., Haugaa K., Donal E., Stankovic I., Voigt J.U., Petersen S.E., et al. Right ventricular longitudinal strain in the clinical routine: a state-of-the-art review. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2022; 23(7): 898–912. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeac022>
47. Eidem B.W., McMahon C.J., Cohen R.R., Wu J., Finkelshteyn I., Kovalchin J.P., et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2004; 17(3): 212–21. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2003.12.005>
48. Mertens L.L. Right atrial contractile function in pediatric pulmonary hypertension: a novel marker for disease severity? *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 10(12): e007264. <https://doi.org/10.1161/circimaging.117.007264>
49. Karamitsos T.D., Francis J.M., Myerson S., Selvanayagam J.B., Neubauer S. The role of cardiovascular magnetic resonance imaging in heart failure. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2009; 54(15): 1407–24. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.04.094>
50. Hales-Kharazmi A., Hirsch N., Kelleman M., Slesnick T., Deshpande S.R. Utility of cardiac MRI in paediatric myocarditis. *Cardiol. Young*. 2018; 28(3): 377–85. <https://doi.org/10.1017/S1047951117001093>
51. Grothues F., Smith G.C., Moon J.C., Bellenger N.G., Collins P., Klein H.U., et al. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am. J. Cardiol*. 2002; 90(1): 29–34. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(02\)02381-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(02)02381-0)
52. Mortensen K.H., Tann O. Computed tomography in paediatric heart disease. *Br. J. Radiol*. 2018; 91(1092): 20180201. <https://doi.org/10.1259/bjr.20180201>
53. Moustafa G.A., Kolokythas A., Charitakis K., Avgerinos D.V. Therapeutic utilities of pediatric cardiac catheterization. *Curr. Cardiol. Rev*. 2016; 12(4): 258–69. <https://doi.org/10.2174/1573403x12666160301121253>
54. Giardini A., Fenton M., Andrews R.E., Derrick G., Burch M. Peak oxygen uptake correlates with survival without clinical deterioration in ambulatory children with dilated cardiomyopathy. *Circulation*. 2011; 124(16): 1713–8. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.111.035956>
55. Dubowy K.O., Baden W., Bernitzki S., Peters B. A practical and transferable new protocol for treadmill testing of children and adults. *Cardiol. Young*. 2008; 18(6): 615–23. <https://doi.org/10.1017/S1047951108003181>
56. Geiger R., Strask A., Trembl B., Gasser K., Kleinsasser A., Fischer V., et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J. Pediatr*. 2007; 150(4): 395–9. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.12.052>

Сведения об авторах:

Васичкина Елена Сергеевна, доктор мед. наук, зав. НИЦ неизвестных, редких и генетически обусловленных заболеваний, проф. каф. детских болезней ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, vasichkinaelena@mail.ru; **Жарова Ольга Павловна**, канд. мед. наук, врач – детский кардиолог кардиологического отд-ния ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, zharova@nczd.ru; **Ковалев Игорь Александрович**, доктор мед. наук, проф., зам. директора по лечебной работе, зав. отделом детской кардиологии и аритмологии «НИКИ педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева» ФГАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, igor.kovalev64@mail.ru; **Колосова Надежда Николаевна**, доктор мед. наук, проф., зав. кардиологическим отд-нием ФГБУ «НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России, nkrasotka@mail.ru; **Котлюкова Наталья Павловна**, доктор мед. наук, проф. каф. госпитальной педиатрии № 1 педиатрического факультета ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; педиатрический факультет, каф. госпитальной педиатрии им. акад. В.А. Таболина, ФГАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, natali130@yandex.ru; **Леонтьева Ирина Викторовна**, доктор мед. наук, проф., гл. науч. сотр. отдела детской кардиологии и аритмологии НИКИ педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева ФГАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, irina2006@mail.ru; **Первунина Татьяна Михайловна**, доктор мед. наук, директор Института перинатологии и педиатрии, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, ptm.pervunina@yandex.ru; **Рабцев Дмитрий Вадинович**, канд. мед. наук, зав. кардиохирургическим отд-нием № 2 ФГБУ «НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России, dvyabtsev@gmail.com; **Сильнова Ирина Вячеславовна**, канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, silnova.iv@nczd.ru; **Трунина Инна Игоревна**, доктор мед. наук, проф. каф. госпитальной педиатрии № 1 педиатрического факультета ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; проф., гл. внештатный детский кардиолог; зав. отд. кардиологии ГБУЗ «ДГКБ им. З.А. Башляевой ДЗМ», Москва, itrunina@mail.ru