

ТКАНЕВАЯ ДОППЛЕРОГРАФИЯ В ИЗУЧЕНИИ ЦИРКУЛЯРНОЙ И РАДИАЛЬНОЙ СИСТОЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ЗАДЕРЖКОЙ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ

НИКОЛАЙ ФЁДОРОВИЧ ПРИЙМА, канд. мед. наук, ст. научный сотрудник НИЛ физиологии и патологии новорожденных Института перинатологии и педиатрии ФИМЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nikpriima@rambler.ru

ДМИТРИЙ ОЛЕГОВИЧ ИВАНОВ, докт. мед. наук, директор Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ЮРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ ПЕТРЕНКО, канд. мед. наук, зав. НИЛ физиологии и патологии новорожденных Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

АНДРЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ КОЗЛЕНОК, канд. мед. наук, зав. НИО физиологии кровообращения ФИМЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

КРИСТИНА ФАЙКОВНА ИСЛАМОВА, научный сотрудник НИЛ физиологии и патологии новорожденных Института перинатологии и педиатрии ФГБУ «ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Реферат. Цель исследования — изучить циркулярную и радиальную деформацию миокарда левого желудочка у детей первого года жизни, в том числе у детей, родившихся с задержкой внутриутробного развития. *Материал и методы.* Всего обследовано 123 ребенка. Группа детей с задержкой внутриутробного развития представлена 35 детьми, группа сравнения состояла из 88 детей. Средний возраст составил $(7,4 \pm 3,3)$ и $(7,3 \pm 2,4)$ мес жизни соответственно. При помощи тканевого доплерографического исследования в режиме Strain Rate Imaging TVI были изучены скорости циркулярной и радиальной систолической деформации миокарда левого желудочка на уровне поперечного эхокардиографического среза последнего по короткой оси. *Результаты и их обсуждение.* Были выделены два основных типа графиков скоростей деформации сегментов миокарда. Первый, синхронный тип характеризовался монофазными однонаправленными высокоамплитудными кривыми, второй тип — асинхронный, сочетал в себе как положительные, так и отрицательные значения скоростей деформации, что было расценено как наличие выраженного систолического циркулярного укорочения отдельных сегментов миокарда. Было установлено, что асинхронный тип деформации более длительный по времени, чем синхронный. При асинхронном типе деформации как в группе детей с задержкой внутриутробного развития, так и в группе сравнения показатели скоростей деформации всех сегментов были достоверно ниже, чем при синхронном. *Заключение.* Наличие наряду с эффективной циркулярной выраженной радиальной систолической деформации миокарда является, по нашему мнению, маркером высоких адаптивных свойств последнего и требует, по всей видимости, меньших энергетических затрат для осуществления сердечного выброса.

Ключевые слова: тканевое доплерографическое исследование, радиальная и циркулярная деформация миокарда левого желудочка, задержка внутриутробного развития.

TISSUE DOPPLER IN THE STUDY OF CIRCULAR AND RADIAL SYSTOLIC STRAIN OF THE LEFT VENTRICLE MYOCARDIUM IN THE FIRST YEAR OF LIFE CHILDREN WITH INTRAUTERINE GROWTH RETARDATION

NIKOLAY F. PRIYMA, Ph.D., Senior Researcher of research laboratory of physiology and pathology of the newborn, Institute of perinatology and pediatrics FIMTS of name V.A. Almazov, Saint-Petersburg, Russia, e-mail nikpriima@rambler.ru

DMITRIY O. IVANOV, M.D., Director of the Institute of perinatology and pediatrics, Head of the Department of children diseases, Federal Almazov Medical Research Centre of the Ministry of health of Russia, Saint-Petersburg

YURIY V. PETRENKO, Ph.D., Head of research laboratory of physiology and pathology of the newborn of the Institute of perinatology and pediatrics, Federal Almazov Medical Research Centre of the Ministry of health of Russia, Saint-Petersburg

ANDREY V. KOZLENOK, Ph.D., Head of Research Department of the physiology of circulation Federal Almazov Medical Research Centre of the Ministry of health of Russia, Saint-Petersburg,

KRISTINA F. ISLAMOVA, researcher of research Laboratory of physiology and pathology of the newborn of the Institute of perinatology and pediatrics, Federal Almazov Medical Research Centre of the Ministry of health of Russia, Saint-Petersburg

Abstract. Aim. To examine the circular and radial deformation of left ventricular in infants, including children born with intrauterine growth retardation (IUGR). *Material and methods.* The sample of 123 children were examined. 35 children with IUGR were compared with 88 children. The median age was $(7,4 \pm 3,3)$ and $(7,3 \pm 2,4)$ months, respectively. Using the tissue Doppler examination in Strain Rate Imaging TVI mode speed circular and radial systolic myocardial deformation of the left ventricle were studied at the level of the cross-cut the last echocardiographic short axis. *Results and discussion.* Were identified two main types of graphs which characterized the deformation rates of myocardial segments. First, a synchronous type, characterized by high-amplitude unidirectional monophasic curves, the second type — asynchronous, combining both positive and negative values of strain rates, which was interpreted as the presence of pronounced systolic

circular shortening of individual segments of the myocardium. It was found that an asynchronous type of deformation had a longer time than synchronous. In asynchronous type strain in the group of children with IUGR and in the comparison group, indicators of strain rates of all segments were significantly lower than in the synchronous case. *Conclusion.* Combination of effective circular with radial systolic myocardial deformation is, in our opinion, a marker of high adaptive properties of the latter, and demands lower energy costs for the implementation of cardiac output.

Key words: tissue Doppler study, radial and circular deformation of the myocardium of the left ventricle, delayed fetal development.

Актуальность проблемы. Поиск предикторов развития артериальной гипертензии в детском возрасте является наиважнейшим направлением современной медицины. Снижение трудоспособности, ранняя инвалидизация пациентов, преждевременная смерть от инсультов, инфарктов и аритмий — вот неполный список неоспоримых аргументов. Современные данные обследования подростков европейских стран показали, что каждый десятый ученик средней школы имеет повышенное артериальное давление, а у детей, страдающих ожирением, эта цифра еще более впечатляющая. Создание паспорта здоровья ребенка, в котором будут указаны возможные риски формирования тех или иных заболеваний, является особенно актуальным. На протяжении последних десятилетий в этом разделе медицина достигла значительных результатов, однако поиск предикторов и маркеров развития гипертрофии левого желудочка, ремоделирования миокарда, нарушений регуляции сосудистого тонуса и др. остается актуальным. Подходы к решению данной задачи различны. Продолжается разработка различных методов ультразвуковой и компьютерной диагностики, проведения проб для оценки функции эндотелия сосудистой стенки и т.д. [1, 2, 3].

Ультразвуковое исследование функции левого желудочка успешно проводится начиная с 70-х гг. прошлого столетия. В последние десятилетия, помимо традиционных методов изучения кинетики миокарда в В- и М-модальных режимах, пришла тканевая доплерография, позволяющая оценить многие механизмы деятельности миокарда на качественно новом уровне.

Принцип спиралевидного движения в природе реализуется в живых и неживых объектах, поскольку является эффективным и экономичным. Спиралевидную форму с углом закрутки 22—25 градусов имеют молекулы ДНК, различные моллюски и т.д. При изучении сердец эмбрионов птиц было установлено, что начавшая пульсировать на 22-е сут развития сердечная трубка на 34-е сут, всего за 24 ч закручивается на 180 градусов, что и становится основой винтообразного строения миокарда. На ранних этапах формирования сердца заполнение желудочков происходит в конце диастолы за счет предсердной систолы и только после появления внешних слоев миокарда желудочков трансформируется в начало диастолы. Была установлена тесная связь между толщиной и развитостью наружных слоев миокарда желудочков и эффективностью диастолического наполнения желудочков сердца. Эти факты указывают на то, что постепенное развитие внешних компактных спиральных слоев миокарда у эмбрионов способствует эффективному диастолическому наполнению и систолическому выбросу развивающегося сердца.

Как во время диастолы, так и во время систолы направление движения стенок желудочков сердца чрезвычайно сложно, что обусловлено трехслойным строением миокарда. Различают поверхностный слой, который является общим для обоих желудочков, и срединный (круговой), отдельный для каждого. Волокна поверхностного слоя имеют диагональное направление от фиброзных колец к верхушке сердца. Средний циркулярный слой является продолжением волокон как наружного, так и глубокого слоев. Таким образом, во время кардиоцикла происходит деформация ткани миокарда желудочков в продольном, радиальном и циркулярном направлениях [1, 3, 4, 5]. Во время сокращения и расслабления сердца различные участки миокарда движутся с различными скоростями и в различных направлениях. Они меняют свое пространственное положение и положение друг относительно друга. Происходит так называемая систолическая/диастолическая «деформация» миокарда. Деформация является количественной величиной и может быть изучена при помощи современных ультразвуковых методик. В современных ультразвуковых сканерах в режиме тканевой доплерографии имеются опции Strain imaging и Strain rate imaging — показатели, характеризующие степень удлинения/укорочения изучаемого сегмента миокарда, а также скоростные характеристики этого процесса [4, 5, 6, 7].

Целый ряд авторов указывает на противоположные механизмы ротации базальных и апикальных сегментов левого желудочка [7, 8, 9]. Во время систолы апикальные сегменты осуществляют ротацию против часовой стрелки, а базальные — навстречу по часовой стрелке. Большинство авторов сходятся во мнении, что ротация верхушки сердца более выражена, чем ротация базы. В связи с вышеизложенным в зарубежных кардиологических работах появился термин «систолического отжима», который в настоящее время всесторонне изучается [9, 10, 11, 12]. Сокращение наружных слоев миокарда поворачивает верхушку желудочка против часовой стрелки, а основание — по часовой стрелке. В то же время укорочение субэндокардиальных волокон поворачивает вершину по часовой стрелке, а основание — против. Таким образом, во время систолы желудочков эндокардиальный и эпикардиальный слои миокарда «противодействуют» друг другу, однако доминирует и придает основное вращение поверхностный (субэпикардиальный) слой, так как более выражен и имеет больший радиус вращения [10, 11, 12]. Данный механизм «противодействия» внутренних и внешних слоев, по мнению авторов, необходим для более равномерного распределения напряжения миокарда. Потеря механизма закручивания потока приводит к перераспределению

нагрузки на субэндокардиальный слой миокарда, вызывая его перенапряжение, что приводит к увеличению потребности миокарда в кислороде и снижает эффективность сокращения [8, 9, 12].

Помимо систолического «скручивания» миокарда большое внимание уделяется процессу диастолического «раскручивания», которое совпадает с началом фазы изоволюмической релаксации [8, 10, 11, 12].

В работах Y. Notomi и соавт., изучавших процессы «скручивания» и «раскручивания» миокарда в различных возрастных группах, было показано, что с возрастом эффект «скручивания» возрастает, также увеличивается скорость «скручивания». Данные процессы оценивались у лиц от 9 мес до 49 лет [5, 6, 11, 12]. Ряд других авторов отмечает, что увеличение торсионных свойств сердца с возрастом связано именно с уменьшением ротационного «противодействия» внутренних мышечных слоев наружным. В работах отмечается, что сохранение ротационных функций сердца в пожилом возрасте позволяет поддерживать глобальную сократимость миокарда желудочков и рассматривается как компенсаторный механизм, даже при выраженной субэндокардиальной дисфункции. Большое количество специалистов сходятся во мнении, что изучение и оценка механизма «скручивания» сердца может помочь объяснить более глубокие патофизиологические механизмы развития сердечной недостаточности [5, 6, 10].

L. Taber и соавт. показали, что расширение полости левого желудочка и истончение его стенок, приходящее к дилатационной кардиомиопатии, уравнивает радиусы субэпикардиальных и субэндокардиальных слоев миокарда. Таким образом, механическое преимущество субэпикардиальных мышечных волокон утрачивается [9, 10, 11, 12]. Большинство ученых считают, что основными детерминантами в формировании физиологического скручивания миокарда являются именно субэпикардиальные мышечные волокна. Кардиохирургические вмешательства по ремоделированию полости левого желудочка также влияют на механизмы скручивания/раскручивания. Высказываются мнения, что хирургические методы, восстанавливающие более физиологическую форму левого желудочка, улучшают ротационные механизмы последнего. В работах было показано, что реконструктивное хирургическое вмешательство на левом желудочке, выполненное 26 пациентам с ишемической дилатационной кардиомиопатией, улучшило ротационные функции миокарда и повысило показатели глобальной сократимости [6, 8, 10, 11, 12].

В каждом сердечном цикле миокард желудочков подвергается трехмерной деформации. Деформация происходит в продольном, радиальном/поперечном направлениях и по окружности. Показатель *Strain* (англ. — деформация) отражает деформацию изучаемого участка мышечного волокна во время кардиоцикла. Систолическая деформация отражает в процентном отношении утолщение (укорочение) изучаемого участка миокарда относительно его состояния в диастолу и наоборот. Принято выделять положительную и отрицательную деформации миокарда. Например,

показатель продольной систолической деформации миокарда имеет отрицательные значения *Strain*, так как волокна миокарда при этом укорачиваются. Показатель скорости деформации объекта *Strain Rate* *Imaging* отражает скорость укорочения или утолщения миокардиальных волокон во времени. Например, при утолщении сегмента миокарда в радиальном направлении графические показатели скорости деформации принимают положительное значение. При уменьшении толщины миокарда, например за счет радиального укорочения мышечных волокон, показатели скорости деформации будут отрицательными. Данные продольной деформации и скорости деформации миокарда достаточно хорошо изучены, в то время как получение и интерпретация показателей циркулярной и радиальной деформации продолжается и вызывает дискуссии.

В педиатрической практике тканевое доплерографическое исследование сердца производится сравнительно редко, а о проведении данных исследований новорожденным свидетельствуют единичные разрозненные работы. Это обусловлено, прежде всего, техническими сложностями при выполнении исследования: высокой частотой сердечных сокращений, беспокойством ребенка, необходимостью наложения и фиксации электродов для синхронной записи электрокардиограммы. Возникают также проблемы в получении сопоставимых эхокардиографических «срезов» миокарда в стандартных позициях, что связано с особенностью положения сердца у детей первого года жизни. Тем не менее данные об особенностях циркулярной и радиальной систолической деформации сердца детей первого года жизни представляют большой интерес, что обусловило следующие цели и задачи данного исследования.

Цели и задачи исследования:

1. Для изучения механизма циркулярной и радиальной систолической деформации миокарда левого желудочка выполнить ультразвуковое тканевое доплерографическое исследование в режиме «*Strain Rate Imaging TVI*» детям первого года жизни, родившимся с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР), и детям, родившимся с массой тела соответствующей сроку гестации.

2. Изучить скоростные характеристики радиальной и циркулярной систолической деформации сегментов миокарда левого желудочка и временной интервал задержки между пиковыми значениями скоростей деформации сегментов.

3. Провести анализ и сравнение полученных результатов — данных основной группы и группы детей, родившихся с синдромом ЗВУР.

Материал и методы. Исследование проводилось на ультразвуковом сканере *Vivid-7 Pro* в режиме тканевого доплерографического исследования *Strain Rate Imaging TVI* с одновременной регистрацией электрокардиограммы. Изучаемый эхокардиографический срез соответствовал поперечному сечению левого желудочка, полученному из левой парастернальной позиции по короткой оси на уровне папиллярных мышц. Тканевое доплерографическое исследование скоростей деформации

миокарда в режиме Strain Rate Imaging TVI проводилось в сегментах: передней перегородки, передней стенки, боковой стенки, задней стенки, нижней стенки и нижней перегородки левого желудочка. Всего обследовано 123 ребенка. Группа детей с задержкой внутриутробного развития представлена 35 детьми, из них 19 девочек и 16 мальчиков. Средний возраст группы ЗВУР составил $(7,4 \pm 3,3)$ мес жизни. Группа сравнения состояла из 88 детей. Из них 38 мальчиков и 50 девочек. Средний возраст составил $(7,3 \pm 2,4)$ мес жизни. В группе детей с задержкой внутриутробного развития средний вес при рождении составил $(2379,4 \pm 534,3)$ г, средняя длина тела при рождении — $(46,8 \pm 7,5)$ см. На момент проведения исследования средний вес детей в этой группе составил $(7775,4 \pm 2900)$ г. Средняя длина тела — $(69,3 \pm 16,8)$ см. ЧСС во время исследования была $(138,9 \pm 41,4)$ в мин. Масса тела в основной группе на момент исследования составила $(7258,3 \pm 3200)$ г, длина тела — $(68,02 \pm 21,3)$ см, ЧСС во время исследования составила $(136,9 \pm 43,2)$ в мин.

Результаты и их обсуждение. По данным тканевого доплерографического исследования (Strain Rate Imaging TVI) у всех обследованных пациентов были выявлены две основные разновидности графиков скоростей систолической деформации сегментов левого желудочка. Учитывая, что из выбранной эхокардиографической позиции четко разграничить графики радиальной и циркулярной деформации не представлялось возможным, полученные кривые были разделены по наличию положительных и отрицательных значений деформации и получили наименования «синхронного» и «асинхронного». При синхронном типе систолической деформации миокарда левого желудочка кривые скоростей деформации отображались в виде монофазных однонаправленных кривых с достаточным коротким временем достижения пиковых скоростей деформации (ΔT); по нашему мнению, при таком типе сокращения доминировал циркулярный тип деформации, вызывающий преимущественно систолическое утолщение миокарда (рис. 1, 2).

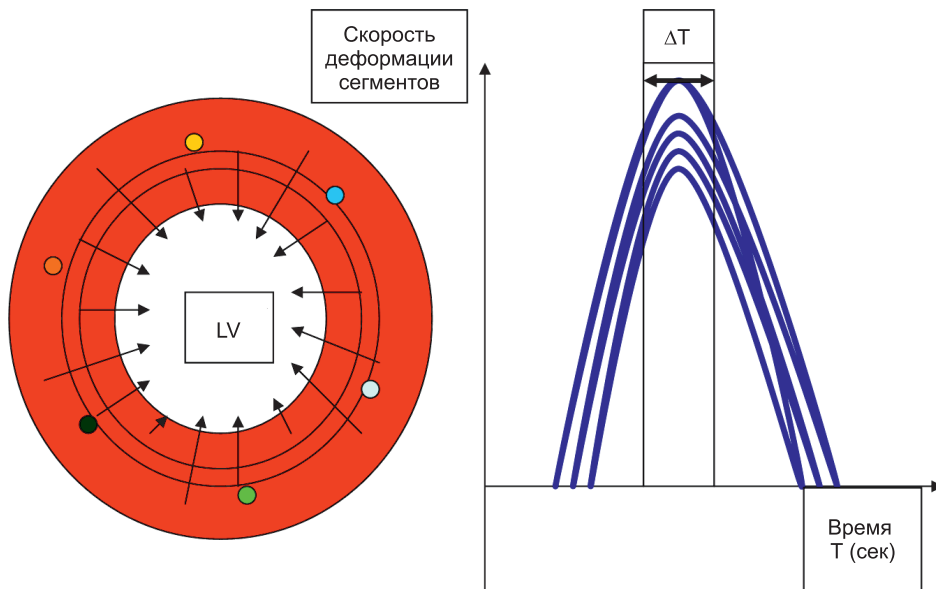


Рис. 1. Пример формирования монофазных однонаправленных кривых деформации миокарда, свидетельствующих об эффективном систолическом радиальном утолщении различных сегментов левого желудочка

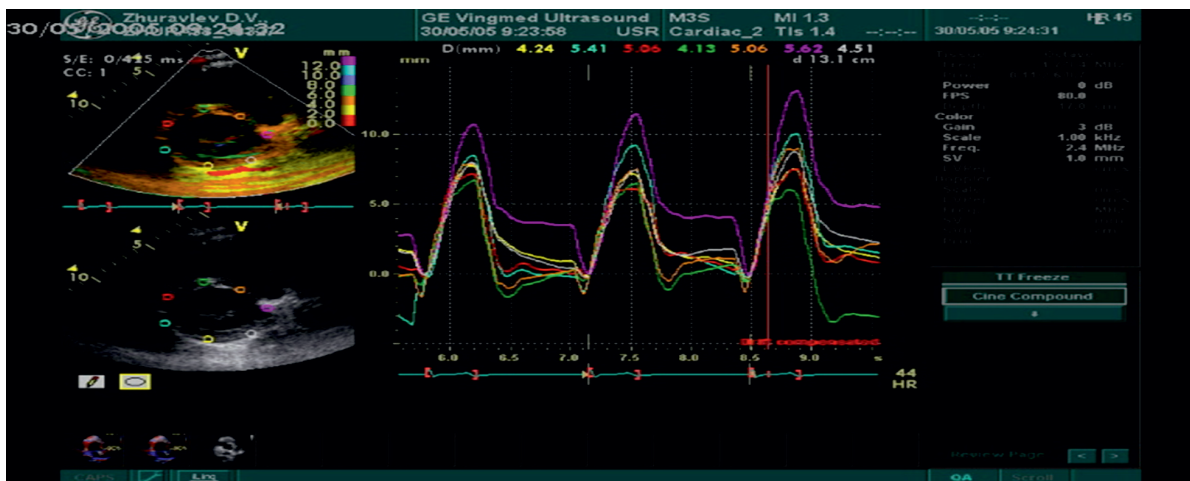


Рис. 2. Синхронный типа систолической деформации. Монофазные однонаправленные, практически синхронные графики деформации различных сегментов миокарда левого желудочка (эхокардиограмма)

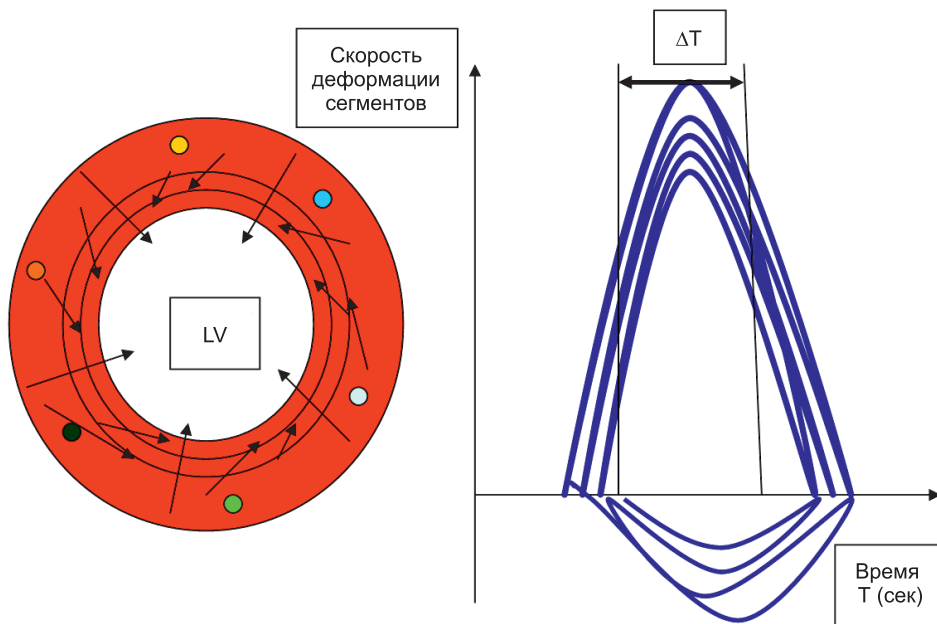


Рис. 3. Пример формирования бифазных разнонаправленных кривых систолической деформации миокарда, свидетельствующих о наличии наряду с радиальным утолщением одних сегментов циркулярного укорочения других

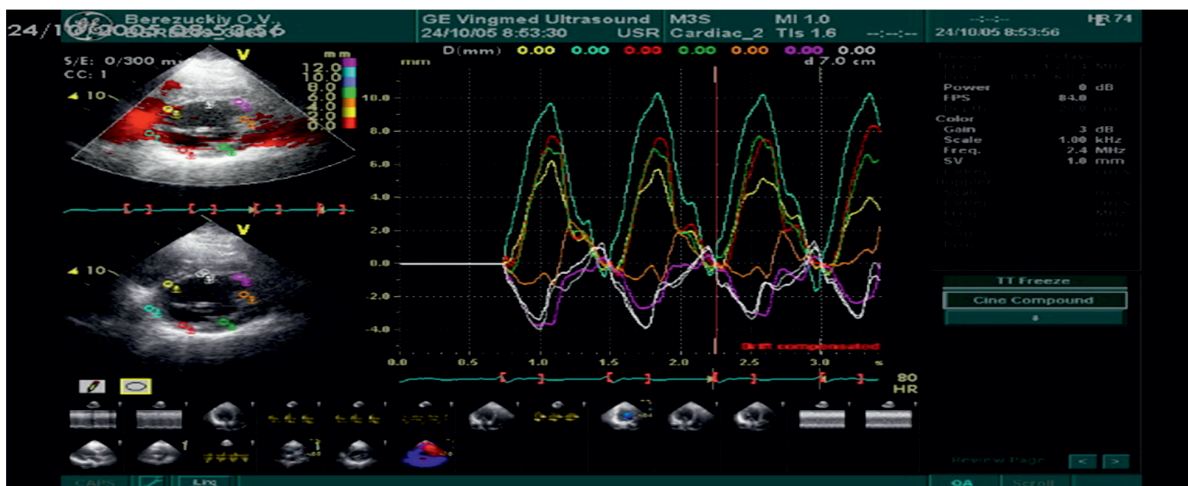


Рис. 4. Асинхронный тип деформации. Наряду с положительными графиками систолической деформации, отмечается наличие графиков с отрицательными значениями, говорящих о наличии циркулярного систолического укорочения отдельных сегментов миокарда (эхокардиограмма)

При асинхронном типе систолической деформации миокарда левого желудочка помимо циркулярной имел место радиальный тип деформации, вызывающий наряду с систолическим утолщением отдельных сегментов миокарда радиальное укорочение других, что отображалось на графике кривых скоростей деформации появлением разнонаправленных кривых и удлиняло время достижения пиковых скоростей (ΔT) (рис. 3, 4).

На основании полученных двух типов графиков кривых скоростей систолической деформации миокарда пациенты группы сравнения, состоящей из 88 детей, разделились на две равные подгруппы по 44 ребенка в каждой. В группе с задержкой внутриутробного развития, состоящей из 35 детей, пациентов с синхронным типом деформации было 19, с асинхронным типом — 16 (рис. 5).

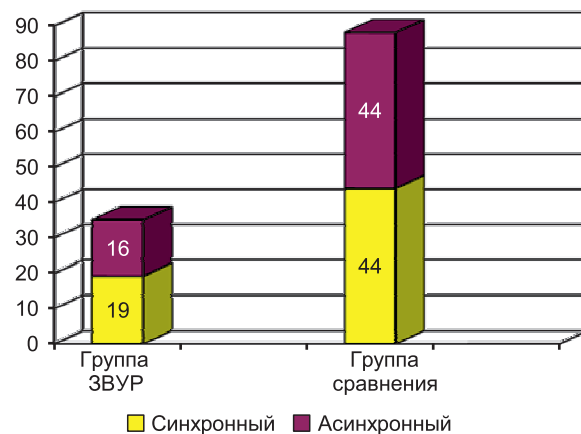


Рис. 5. Количественное распределение синхронного и асинхронного типов скоростей деформации миокарда в группе детей с ЗВУР и в группе сравнения

Синхронный тип систолической деформации миокарда левого желудочка теоретически должен происходить в более короткий временной интервал, чем асинхронный, что и было подтверждено нашими исследованиями. У пациентов с синхронным типом деформации средняя временная задержка между пиками достижения максимальных скоростей составила $(14,69 \pm 5,3)$ мс. У пациентов с асинхронной деформацией — $(21,34 \pm 7,4)$ мс. (рис. 6).

Мы произвели анализ и сопоставление скоростей систолической деформации миокарда левого желудочка в группе детей с ЗВУР и в группе сравнения (рис. 7).

Из рис. 7 следует, что скорости систолической деформации миокарда в группе детей с ЗВУР были выше показателей группы сравнения во всех исследованных сегментах. Наибольшая разница в показателях скоростей деформации отмечена в сегментах задней, нижней и боковой стенок левого желудочка. Числовые значения скоростей деформации сегментов миокарда левого желудочка приведены в таблице.

В обеих группах скорость деформации доминировала в сегментах задней и нижней стенок

левого желудочка. В группе детей с ЗВУР показатели скорости деформации всех сегментов были достоверно выше, чем в группе сравнения ($p=0,01$).

При проведении анализа скоростных характеристик деформации сегментов левого желудочка внутри группы детей с ЗВУР были получены данные, представленные на рис. 8.

В группе детей, родившихся с задержкой внутриутробного развития, скорости деформации миокарда при синхронном типе сокращения выше, чем при асинхронном. На основании вышеизложенных данных были сделаны следующие выводы:

- При тканевом доплерографическом исследовании поперечных срезов миокарда левого желудочка могут регистрироваться как положительные, так и отрицательные значения скоростей систолической деформации сегментов.

- Монофазные однонаправленные графики скоростей деформации сегментов левого желудочка свидетельствуют о доминировании радиального утолщения миокарда (синхронный тип деформации), наличие положительных и отрицательных значений деформации говорит о наличии цирку-

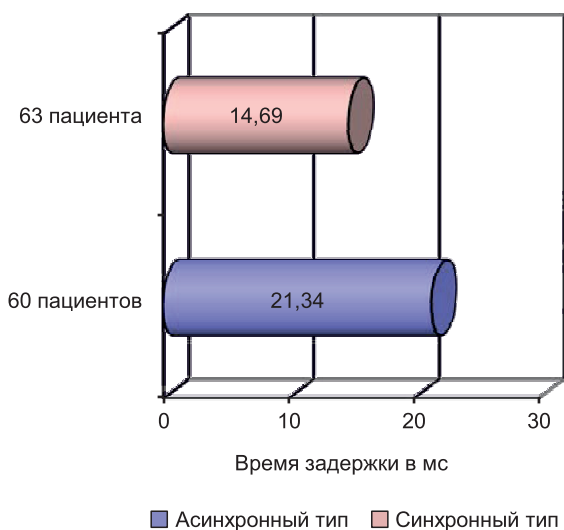


Рис. 6. Показатели задержки (в мс) между пиковыми значениями скоростей систолической деформации различных сегментов при синхронном и асинхронном типах

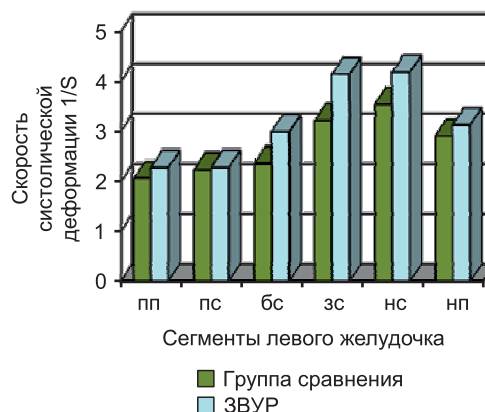


Рис. 7. Показатели скоростей систолической деформации различных сегментов миокарда левого желудочка в группе детей с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР) и в группе сравнения (пп — передняя перегородка; пс — передняя стенка; бс — боковая стенка; зс — задняя стенка; нс — нижняя стенка; нп — нижняя перегородка)

Показатели максимальных скоростей радиальной и циркулярной систолической деформации различных сегментов миокарда левого желудочка в группе детей с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР) и в группе сравнения

Группа	Сегменты левого желудочка					
	Передняя перегородка (SR 1/s)	Передняя стенка (SR 1/s)	Боковая стенка (SR 1/s)	Задняя стенка (SR 1/s)	Нижняя стенка (SR 1/s)	Нижняя перегородка (SR 1/s)
Группа ЗВУР (35 детей)	$2,25 \pm 0,23$	$2,27 \pm 0,81$	$2,9 \pm 0,52$	$4,17 \pm 0,94$	$4,14 \pm 0,93$	$3,12 \pm 0,71$
Группа сравнения (88 детей)	$2,11 \pm 0,15$	$2,27 \pm 0,61$	$2,30 \pm 0,33$	$3,2 \pm 0,75$	$3,51 \pm 0,82$	$2,84 \pm 0,63$

Примечание: $p=0,01$ — достоверно для всех значений. Показатели скоростей систолической деформации сегментов левого желудочка (SR 1/s). Исследование проведено из эхокардиографического доступа из левой парастернальной позиции по короткой оси левого желудочка на уровне папиллярных мышц.

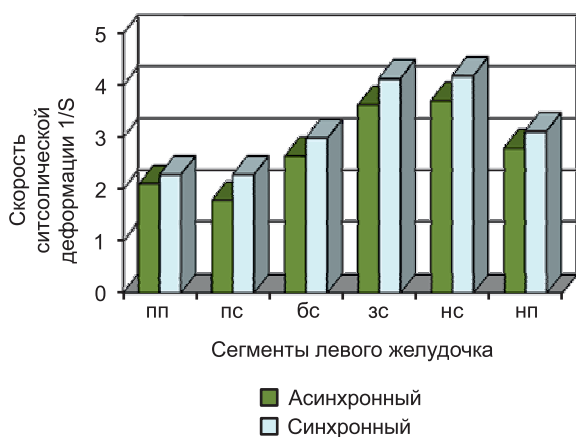


Рис. 8. Показатели скоростей синхронной и асинхронной систолической деформации различных сегментов левого желудочка у детей группы ЗВУР (пп — передняя перегородка; пс — передняя стенка; бс — боковая стенка; зс — задняя стенка; нс — нижняя стенка; нп — нижняя перегородка)

лярного укорочения сегментов (асинхронный тип деформации).

- Асинхронный тип деформации сегментов левого желудочка более продолжительный по времени, чем синхронный.

- Скорость циркулярной и радиальной деформации сегментов левого желудочка при синхронном типе выше, чем при асинхронном, что может свидетельствовать о более экономичном виде асинхронного типа кинетики.

- У детей с задержкой внутриутробного развития показатели скоростей систолической деформации миокарда левого желудочка достоверно выше, чем у сверстников в группе сравнения.

Представленная работа затрагивает лишь некоторые фрагменты сложной биомеханики сердечного сокращения. Высокоскоростная синхронная радиальная систолическая деформация миокарда левого желудочка может обеспечить высокие показатели фракции выброса, однако, по всей видимости, менее экономична и может быстрее приводить к повышению жесткости (ригидности) миокарда, а возможно и к его гипертрофии. Наличие, наряду с эффективной циркулярной, выраженной радиальной систолической деформации миокарда является, по нашему мнению, маркером высоких адаптивных свойств последнего и требует, по всей видимости, меньших энергетических затрат для осуществления сердечного выброса. Нельзя исключить, что преобладание или слабая выраженность ротационных механизмов миокарда может быть связана с особенностями циркулирования крови у данного пациента и ригидностью сосудистого русла. Доминирование скоростей систолической деформации в сегментах задней, нижней и боковой стенок в группе ЗВУР,

возможно, обусловлено более высокими показателями давления в полости правого желудочка и легочной артерии, что вызывает снижение подвижности межжелудочковой перегородки и «компенсаторно» усиливает кинетику задней и нижней стенок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Paradoxical increase in ventricular torsion and systolic torsion rate in type 1 diabetic patients under tight glycemic control / J. Chung, P. Abraszewski, X. Yu [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2006. — Vol. 47. — P. 384—390.
2. MRI assessment of LV relaxation by untwisting rate: a new isovolumic phase measure of tau / S. Dong, P. Hees, P. Hees [et al.] // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* — 2001. — Vol. 281. — P.2002—2009.
3. Measure of left ventricular torsion with cardiac pacing and right bundle branch block patients by two-dimension ultrasound speckle tracking imaging / A. G. Luo, L.X. Yin, C.M. LI [et al.] // *Chin. J. Ultrasonogr (Chinese).* — 2006. — Vol. 15. — P.641—645.
4. *Meunier, J.* Ultrasonic texture motion analysis: theory and simulation / J. Meunier, M. Bertrand // *IEEE Trans. Med. Imaging.* — 1995. — Vol. 14. — P.293—230.
5. Maturational and adaptive modulation of left ventricular torsional biomechanics: Dopple tissue imaging observation from infancy to adulthood / Y. Notomi, G. Srinath, T. Shiota [et al.] // *Circulation.* — 2006. — Vol. 113. — P.2524—2533.
6. *Notomi, Y.* Presto untwisting and legato filling / Y. Notomi, J. Thomas // *JACC Cardiovasc. Imaging.* — 2009. — Vol. 2 (6). — P.717—719.
7. Age-related changes in myocardial relaxation using three-dimensional tagged magnetic resonance imaging // H.C. Oxenham, A.A. Young, B.R. Cowan [et al.] // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* — 2003. — Vol. 5. — P.421—430.
8. Ventricular mechanics in diastole: material parameter sensitivity / C. Stevens, E. Remme, I. LeGrice [et al.] // *J. Biomech.* — 2003. — Vol. 36. — P.737—748.
9. Application of novel echocardiographic two-dimensional tracking system to define regional heterogeneity of radial and longitudinal myocardial-strain and strain-rate (abstr) / R. Sukmawan, N. Watanabel, E. Toyota [et al.] // *Circulation.* — 2005. — Vol. 112. — P.2561.
10. *Taber, L.A.* Mechanics of ventricular torsion / L.A. Taber, M. Yang, W.W. Podszus // *J. Biomechanics.* — 1996. — Vol. 29. — P.745—752.
11. Age-related changes in left ventricular twist assessed by two-dimensional speckle-tracking imaging / M. Takeuchi, H. Nakai, M. Kokumai [et al.] // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* — 2006. — Vol. 19. — P.1077—1084.
12. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. The normal macroscopic structure of the heart / F. Torrent-Guasp, G.D. Buckberg, C. Clemente [et al.] // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2001. — Vol. 1. — P.301—319.

Поступила 23.10.2014