

Диагностика систолической миокардиальной дисфункции: анализ деформации миокарда

О.С. Грознова¹, Н.Ю. Черных¹, А.А. Тарасова²

¹ОСП «Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева» ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Diagnosis of systolic myocardial dysfunction: analysis of myocardial deformity

O.S. Groznova¹, N.Yu. Chernykh¹, A.A. Tarasova²

¹Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics of the Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow;

²Russian Medical Academy of Continuous Vocational Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Современным высокоинформативным методом функциональной диагностики миокарда является исследование миокардиального стрейна, т.е. изменения геометрии миокарда, оцениваемого в разных направлениях. В стрейне выделяют деформацию (изменение стартовой, или исходной геометрии) и перформацию (восстановление исходной геометрии). Рассмотрены стадии развития систолической миокардиальной дисфункции (ранняя, развернутая и стадия декомпенсации), а также процессы, протекающие в каждой стадии в миокарде. Самые ранние проявления систолической миокардиальной дисфункции — снижение показателей продольного стрейна и компенсаторное повышение показателей циркулярного (и радиального) стрейна. Снижение глобальной фракции выброса выявляется только на стадии декомпенсации.

Приведены нормативные данные о величине продольного, радиального и циркулярного стрейна у взрослых, а также собственные данные о величине радиального и продольного стрейна у детей. При обследовании 37 детей в возрасте от 7 до 17 лет без заболеваний миокарда сегментарный радиальный стрейн в среднем составил $34 \pm 9\%$ (нижняя граница нормы 20%). Достоверных различий в величине сегментарного радиального стрейна в группах детей в возрасте 7–11 и 12–17 лет, а также в группах детей с площадью поверхности тела от $0,65$ до $1,3$ м² и от $1,31$ до $1,73$ м² выявлено не было. Нижняя граница нормы для продольного стрейна в исследуемой группе составила -20% .

Ключевые слова: дети, гипертрофическая кардиомиопатия, миокардиальная дисфункция, деформация миокарда, стрейн, нормативные показатели.

Для цитирования: Грознова О.С., Черных Н.А., Тарасова А.А. Диагностика систолической миокардиальной дисфункции: анализ деформации миокарда. Рос вестн перинатол и педиатр 2018; 63:(2): 53–57. DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-2-53-57

A modern highly informative method for the functional diagnosis of the myocardium is the study of the myocardial strain, i.e. changes in the geometry of the myocardium, evaluated in different directions. In the strain, the deformation (change of the starting, or initial geometry) and the transformation (restoration of the original geometry) are distinguished. The stages of development of systolic myocardial dysfunction (early, deployed and decompensation stages), as well as the processes in the myocardium at each stage were studied. The earliest manifestations of systolic myocardial dysfunction are a decline in the longitudinal strain and compensatory increase in performance of the circular (and radial) strain. The reduction of the global ejection fraction is revealed only at the stage of decompensation. The standard data on the magnitude of the longitudinal, radial and circular strain in adults are given, as well as own data on the magnitude of the radial and longitudinal strain in children. In 37 children without myocardial diseases at the age from 7 to 17 years, segmental radial strain on the average was $34 \pm 9\%$ (the lower limit of the norm is 20%). No significant differences in the magnitude of radial segmental strain in groups of children aged 7–11 and 12–17, as well as in the groups of children with body surface area from 0.65 to 1.3 m² and from 1.31 to 1.73 m² were revealed. The lower limit of the norm for the longitudinal strain in the study group was -20% .

Key words: children, hypertrophic cardiomyopathy, myocardial dysfunction, myocardial deformity, strain, standards.

For citation: Groznova O.S., Chernykh N.A., Tarasova A.A. Diagnosis of systolic myocardial dysfunction: analysis of myocardial deformity. Ros Vestn Perinatol i Pediatr 2018; 63:(2): 53–57 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-2-53-57

Кардиомиопатия всегда воспринимается кардиологами как тяжелое инвалидизирующее заболевание, имеющее неблагоприятный прогноз. Диагноз

кардиомиопатии устанавливается только на фоне уже имеющейся миокардиальной дисфункции (систолической, диастолической или электрической), что заложено в само определение кардиомиопатии как гетерогенной группы ассоциированных с миокардом заболеваний, сопровождающихся механической и/или электрической дисфункцией, обычно (но не всегда) приводящих к гипертрофии или дилатации и имеющих различные (часто генетические) причины. То есть наличие миокардиальной дисфункции необходимо для диагностики кардиомиопатии.

© Коллектив авторов, 2018

Адрес для корреспонденции: Грознова Ольга Сергеевна — д.м.н., вед. н.с. отдела детской кардиологии и аритмологии Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева Черных Надежда Юрьевна — аспирантка РНИМУ им. Н.И. Пирогова 125412 Москва, ул.Талдомская д. 2

Тарасова Алла Алексеевна — д.м.н., проф. кафедры ультразвуковой диагностики детского возраста Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования 125993 Москва, Баррикадная ул., д. 2/1

Но на каких основаниях можно констатировать наличие у больного дисфункции миокарда? Для правильного понимания особенностей развития миокардиальной дисфункции важно:

- знать о принципах взаимодействия структур сердца и физиологических механизмах реализации сокращения миокарда;
- понимать, какие физиологические и патологические компенсаторные механизмы могут быть реализованы в сердце;
- представлять закономерность смены изменений, происходящих в сердце на фоне прогрессирования патологических процессов;
- знать нижнюю границу нормы для показателей деформации миокарда.

Врачи общей практики привыкли выносить суждение о миокардиальной дисфункции, основываясь на данных эхокардиографии (глобальная фракция выброса левого желудочка) и доплерографии (исследование трансмитрального кровотока). В последнее десятилетие эти параметры дополняют показания глобальной продольной деформации миокарда (продольный стрейн). В настоящей статье мы хотели бы более детально разобраться в этапах формирования систолической миокардиальной дисфункции и представить современные возможности ее диагностики.

Стрейн — это изменение геометрии миокарда, оцениваемое в разных направлениях. В стрейне выделяют деформацию (изменение стартовой, или исходной геометрии) и перформацию (восстановление исходной геометрии). Стрейн миокарда исследуют в продольном, радиальном и циркулярном направлениях. Это понятие в кардиологии для большинства докторов все еще достаточно новое и не всегда ясное в плане клинического использования [1]. Несмотря на наличие ультразвуковых аппаратов экспертного класса, использование сложных программ оценки информации и высокую автоматизацию процесса ее обработки, для получения адекватных результатов стрейна необходимо специальное обучение специалиста, непосредственно проводящего измерения. Принципиально важным для получения объективного результата исследования является: правильное выведение осей сердца, по которым производится измерение; отсутствие у больного во время исследования выраженной тахикардии; оптимизация визуализации изображения (рис. 1).

Стрейн рассчитывается по известной формуле:

$$\text{Стрейн} = (L - L_0) / L_0,$$

где L — исходный исследуемый размер миокарда (длина или толщина, или периметр по короткой оси), L_0 — размер того же участка миокарда, но уже после произведенного систолического или диастолического движения [2].

Стрейн связан с глобальной фракцией выброса желудочка через показатель ударного объема. При снижении стрейна происходит увеличение

конечного систолического диаметра желудочка сердца и уменьшение толщины его стенки. Это приводит к снижению ударного объема и уменьшению фракции выброса [3]. Но для суждения об адекватности фракции выброса желудочка важно также оценивать взаимодействие миокардиальных сегментов. Ведь только если большинство сегментов желудочка имеют сниженные показатели стрейна, произойдет снижение систолической функции. А если стрейн миокардиальных сегментов различен?

Существуют четыре возможные трактовки стрейна миокардиального сегмента: удовлетворительный стрейн (к нему же относят высокий стрейн), сниженный стрейн, отсутствие стрейна (нулевой стрейн) и парадоксальный стрейн. Если какие-то сегменты миокарда имеют сниженный, нулевой или даже парадоксальный стрейн, но остальные — удовлетворительный или повышенный, то глобальная фракция выброса может быть компенсирована за счет гиперфункции отдельных сегментов и иметь нормальное значение, несмотря на уже текущий процесс механической дисфункции в миокарде [4].

Мнимому благополучию показателя фракции выброса могут также способствовать повышение скорости стрейна, увеличение ротации миокарда и/или скручивания миокарда (разнонаправленной ротации базальных и верхушечных сегментов левого желудочка). При снижении стрейна активизация вышеперечисленных механизмов компенсации приводит к тому, что показатель фракции выброса желудочка сердца остается нормальным [5] (рис. 2).

Почему же стрейн так важен при оценке миокардиальной дисфункции? Почему не сосредоточиться на исследовании ротации и скручивания (хотя они также очень важны)? Потому что скручивание очень сильно зависит от показателей жесткости миокарда (т.е. от распространенности фиброзных

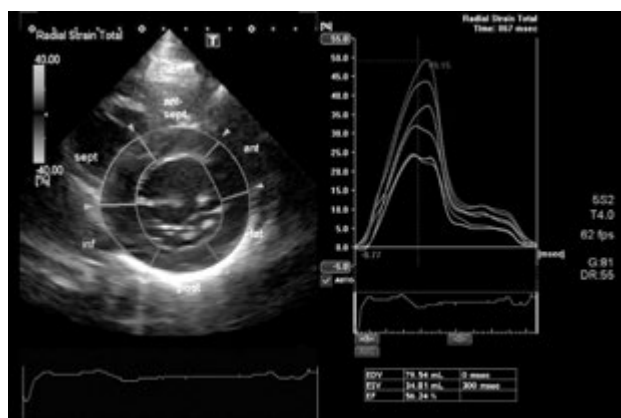


Рис. 1. Показатели сегментарного радиального стрейна у ребенка без заболеваний миокарда.

Во всех базальных сегментах левого желудочка показатели сегментарного радиального стрейна в пределах нормы.

Fig. 1. Segmental radial strain in a child without myocardial diseases: in all basal segments of the left ventricle, the parameters of the segmental radial strain within the normal limits.

процессов в самом миокарде, от состояния перикарда и прочих анатомических факторов), а ротация — от характера ориентации мышечных волокон, что также является индивидуальной анатомической характеристикой. Стрейн же напрямую и высокочувствительно зависит от потребления миокардом кислорода: чем больше миокард потребляет кислорода, тем больше показатели стрейна. Но для врачей более важно не увеличение стрейна, а его снижение при недостаточном потреблении/поступлении кислорода в миокард (для этого необходимо определить нижнюю границу нормы для различных видов стрейна). Такой процесс протекает при ишемических изменениях в миокарде, которые лежат в основе систолической миокардиальной дисфункции.

Вышесказанное подводит нас к тому, что систолическая **миокардиальная дисфункция начинается не в момент констатации снижения глобальной фракции выброса левого желудочка, а раньше**. Снижение фракции выброса левого желудочка — показатель декомпенсации патологических процессов, происходящих в миокарде [6, 7]. Это свидетельствует об уже имеющемся «срыве» компенсаторных процессов. Лечение больного с декомпенсацией — не самый перспективный путь терапии. Еще Гиппократ и Авиценна

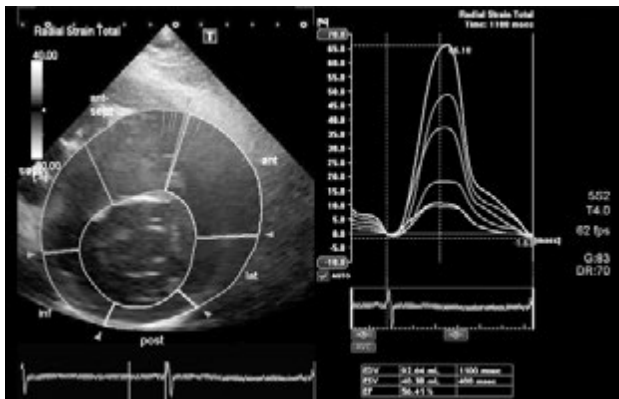


Рис. 2. Показатели сегментарного радиального стрейна у больного с гипертрофической кардиомиопатией.

Отмечается снижение сегментарного радиального стрейна в гипертрофированных сегментах левого желудочка (базальном переднем, базальном переднесептальном и базальном септальном) до 10% на фоне компенсаторного увеличения радиального стрейна в негипертрофированных сегментах левого желудочка (базальном латеральном, базальном заднем и базальном нижнем) до 65%. Глобальная фракция выброса на уровне базальных отделов левого желудочка остается нормальной (56%).

Fig. 2. Segmental radial strain in a child with hypertrophic cardiomyopathy.

The reduction of the segmental radial strain in the hypertrophied segments of the left ventricle (basal anterior, basal anterior-septal and basal septal) to 10% is observed with a compensatory increase in the radial strain in the non-hypertrophied segments of the left ventricle (basal lateral, basal posterior and basal lower) to 65%. The global ejection fraction at basal level of the left ventricle remains normal (56%).

говорили о том, что гораздо лучше не дать болезни прогрессировать, чем лечить человека в состоянии декомпенсации. То есть чем раньше диагностируется миокардиальная дисфункция, тем больше надежд на положительный эффект от лечения, доброкачественное течение и благоприятный прогноз.

Рассмотрим процессы, протекающие при систолической миокардиальной дисфункции. Для удобства описания мы выделим в ней три стадии развития: раннюю, развернутую и стадию декомпенсации (рис. 3). Какие процессы происходят в каждой из стадий?

В ранней стадии происходит незначительное снижение продольной деформации миокарда (продольного стрейна) и начальные проявления нарушения диастолической функции левого желудочка. Для компенсации возникающих изменений происходит увеличение показателей циркулярного стрейна. Глобальная фракция выброса желудочка остается нормальной [8].

Развернутая стадия миокардиальной дисфункции наступает тогда, когда показатели циркулярного стрейна перестают нарастать и начинают постепенно снижаться (однако циркулярный стрейн все еще находится в пределах нормативных значений). На этой стадии продолжается и усиливается снижение показателей продольного стрейна и нарастает диастолическая дисфункция левого желудочка [9]. Фракция выброса все еще находится в пределах нормативных значений. Наконец, в стадии декомпенсации происходит снижение показателей циркулярного стрейна ниже нормативных значений, тем самым истощаются компенсаторные механизмы и фракция выброса (только в этой стадии!) начинает снижаться [10].

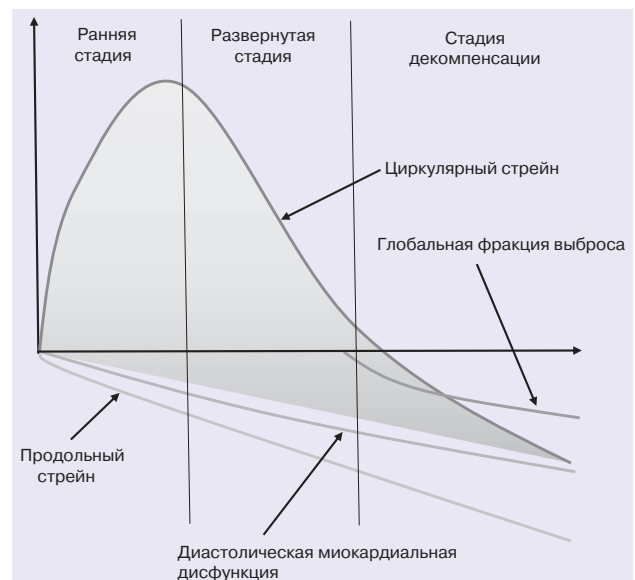


Рис. 3. Изменения в показателях стрейна и диастолической функции левого желудочка в зависимости от стадии миокардиальной дисфункции.

Fig. 3. Changes in the parameters of the left ventricle strain and diastolic function in depending on the stage of myocardial dysfunction.

Стоит также отметить, что показатели радиального стрейна являются одной из расчетных величин при исчислении циркулярного стрейна. Таким образом, радиальный и циркулярный стрейн взаимосвязаны прямой зависимостью. Радиальный стрейн наиболее однородный во всех миокардиальных сегментах в отличие от других видов стрейна.

Нормативные показатели глобального продольного стрейна для взрослой популяции хорошо известны (вплоть до нормативов для приборов различных производителей). Нижняя граница нормы глобального продольного стрейна левого желудочка для приборов фирмы General Electric составляет $-21,3 \pm 2,1\%$, для приборов фирмы Phillips $-18,9 \pm 2,5\%$, для Toshiba $-19,9 \pm 2,4\%$ [11]. Сходные данные приводят другие исследователи: $-20,4 \pm 3,4\%$ [12]. В последних публикациях авторы указывают на гендерные различия, для мужчин нормативные показатели ниже, чем для женщин: $-16,9$ и $-18,5\%$ соответственно [13].

Нормативные показатели нижней границы нормы глобальной радиальной деформации левого желудочка у взрослых при двухмерной визуализации составляют 28% [14]. По данным других исследователей [13] они несколько ниже: $24,6\%$. С возрастом показатели радиального стрейна имеют тенденцию к увеличению по мере нарастания толщины миокарда. Нижние границы нормативов глобальной циркулярной деформации составляют $-15,4\%$ [11], по данным других авторов, -17% [14].

В детской популяции интерпретация данных миокардиального стрейна производится в основном путем сопоставления с нормативами для взрослых. Такой подход не вполне правомерен, поскольку (как было отмечено выше) показатели стрейна с возрастом претерпевают изменения. К сожалению, до настоящего времени показатели нормы для различных видов стрейна в детской популяции все еще недостаточно ясны. В данной работе мы приводим результаты собственных исследований по оценке сегментарного радиального стрейна у детей без заболеваний миокарда и хронических соматических заболеваний.

Характеристика детей и методы исследования

Обследованы 37 детей в возрасте от 7 до 17 лет (медиана возраста 11 лет). Ни у одного ребенка из группы не наблюдалось хронических соматических заболеваний и заболеваний миокарда. Дети обращались к кардиологу из-за жалоб на головную боль, потливость, боли в грудной клетке, по поводу которых было проведено кардиологическое обследование, не выявившее сердечно-сосудистых нарушений. Дети не занимались спортом; за последние 3 мес не имели острых респираторных заболеваний.

У всех обследованных на ЭКГ был синусовый ритм. Всем детям проведена эхокардиография на аппарате Toshiba Artida. Исследована деформация ле-

вого желудочка в базальном и срединном отделах левого желудочка в режиме 2D. В каждом из отделов сердца определена радиальная деформация (т.е. изменение толщины миокардиального сегмента во времени на протяжении одного сердечного цикла) в шести сегментах (нижнем, заднем, латеральном, переднем, переднесептальном и септальном). Верхушечные сегменты не исследовались, поскольку они не имеют прямоугольную форму (они треугольные), а также потому, что в области верхушки левого желудочка мышечные слои миокарда располагаются в виде петли, что затрудняет оценку вектора деформации.

Результаты и обсуждение

Сегментарный радиальный стрейн в исследуемой группе в среднем составил $34 \pm 9\%$, минимальное значение 20% , максимальное 54% . Ни в одном сегменте миокарда радиальный стрейн не снижался ниже 20% . При анализе радиального стрейна в зависимости от возраста ребенка (сравнивались группы детей в возрасте 7–11 и 12–17 лет), а также в зависимости от площади поверхности тела ребенка (сравнивались группы детей с площадью поверхности тела $0,65 \text{ м}^2$ – $1,3 \text{ м}^2$ и $1,31 \text{ м}^2$ – $1,73 \text{ м}^2$) достоверных различий в величине сегментарного радиального стрейна выявлено не было.

Продольный стрейн в исследуемой группе не снижался ниже -20% , что сопоставимо с аналогичными показателями во взрослой популяции.

Заключение

Исследование миокардиального стрейна является современным методом функциональной диагностики миокарда. Данный диагностический метод проводится на ультразвуковых аппаратах экспертного класса и позволяет на ранних стадиях установить наличие систолической миокардиальной дисфункции у взрослых и детей. Самыми ранними признаками систолической миокардиальной дисфункции являются снижение показателей продольного стрейна и компенсаторное повышение показателей циркулярного (и радиального) стрейна. Значения нижней границы нормы для детей, не имеющих заболеваний миокарда и хронических соматических заболеваний, составило в исследованной нами группе ($n=37$) для радиального стрейна 20% (что ниже показателей взрослой популяции), для продольного стрейна -20% (что сопоставимо с показателями взрослой популяции). Диастолическая миокардиальная дисфункция является одним из вариантов дисфункции миокарда, однако достоверность ее оценки у детей затруднительна вследствие физиологически высокой частоты сердечных сокращений. Снижение глобальной фракции выброса левого желудочка происходит при истощении компенсаторных процессов в миокарде в стадии декомпенсации систолической миокардиальной дисфункции.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A., Haugaa K.H., Urheim S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J* 2016; 37(15): 1196–1207. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv529
2. Donadio Abduch M. C., Alencar A. M., Mathias W., de Campos Vieira M.L. Cardiac Mechanics Evaluated by Speckle Tracking Echocardiography. *Arq Bras Cardiol* 2014; 102(4): 403–412. pii: S0066-782X2014005000016
3. Piepoli M.F., Hoes A.W., Agewall S., Albus C., Brotons C., Catapano A.L. et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *Eur Heart J* 2016; 37: 2315–2381. DOI: 10.1714/2729.27821.
4. Черных Н.Ю., Грознова О.С., Довгань М.И., Подольский В.А. Изменение деформации миокарда как ранний маркер миокардиальной дисфункции при гипертрофической кардиомиопатии у детей. *Рос вестн перинатол и педиатр* 2016; 61(5): 70–74. DOI: <http://dx.doi.org/10.21508/1027-4065-2016-61-5-70-74> [Chernykh N.Yu., Groznova O.S., Dovgan' M.I., Podolskiy V.A. A change in myocardial deformity as an early marker for myocardial dysfunction in children with hypertrophic cardiomyopathy. *Ros vestn perinatol i pediatri* 2016; 61(5): 70–74. DOI: <http://dx.doi.org/10.21508/1027-4065-2016-61-5-70-74>. (in Russ)]
5. Onishi T., Saha S.K., Delgado-Montero A., Ludwig D.R., Onishi T., Schelbert E.B. et al. Global longitudinal strain and global circumferential strain by speckle-tracking echocardiography and feature-tracking cardiac magnetic resonance imaging: comparison with left ventricular ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28: 587–596. DOI: 10.1016/j.echo.2014.11.018.
6. Kosmala W., Jellis C.L., Marwick T.H. Exercise limitation associated with asymptomatic left ventricular impairment: analogy with stage B heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2015; 65(3): 257–266. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.10.044.
7. Uzieblo-Życzkowska B., Krzesiński P., Gielerak G., Skrobowski A. Speckle tracking echocardiography and tissue Doppler imaging reveal beneficial effect of pharmacotherapy in hypertensives with asymptomatic left ventricular dysfunction. *J Am Soc Hypertens* 2017; 11(6): 334–342. DOI: 10.1016/j.jash.2017.03.009.
8. Kalam K., Otahal P., Marwick T.H. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. *Heart* 2014; 100(21): 1673–1680. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-305538.
9. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F., Dokainish H., Edvardson 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: 277–314. DOI: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
10. Yurdakul S., Doğan A., Aytekin S. Assessment of subclinical left ventricular systolic function using strain imaging in the follow-up of patients with chronic mitral regurgitation. *Türk Kardiyol Dern Ars* 2017; 45(5): 426–433. DOI: 10.5543/tkda.2017.92837.
11. Takigiku K., Takeuchi M., Izumi C., Yuda S., Sakata K., Ohte N., Tanabe K., Nakatani S. Normal Range of Left Ventricular 2-Dimensional Strain. Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle Study. *Circ J* 2012; 76(11): 2623–2632.
12. Sun J.P., Pui-Wai Lee A., Wu C., Lam Y.Y., Hung M.J., Chen L., Hu Z., Fang F., Yang X.S., Merlino J.D., Yu C.M. Quantification of Left Ventricular Regional Myocardial Function Using Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography in Healthy Volunteers- A Multi-Center Study. *Int J Cardiol* 2013; 167(2): 495–501. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.01.071.
13. Kocabay G., Muraru D., Peluso D., Cucchini U., Mihaila S., Padayattil-Jose S., Gentian D., Iliceto S., Vinereanu D., Badano L.P. Normal left ventricular mechanics by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. Reference values in healthy adults. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2014; 67(8): 651–658. DOI: 10.1016/j.rec.2013.12.009.
14. Muraru D., Cucchini U., Mihailă S., Miglioranza M.H., Aruta P., Cavalli G. et al. Left ventricular myocardial strain by three-dimensional speckle-tracking echocardiography in healthy subjects: reference values and analysis of their physiologic and technical determinants. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27(8): 858–871. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.010.

Поступила 18.01.18

Received on 2018.01.18

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, финансовой или какой-либо иной поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the absence conflict of interests, financial or any other support which should be reported.