

А.Н. Кучмин, Е.П. Галова, Д.А. Галактионов,
А.А. Казаченко, М.Ю. Ярославцев, К.Б. Евсюков,
А.О. Гергель, А.А. Шевелев

Оценка продольной сократимости миокарда левого желудочка у здоровых лиц

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Рассматриваются актуальные вопросы оценки и практического применения показателей продольной сократимости (деформации) миокарда левого желудочка в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. С помощью методики спекл-трекинг эхокардиографии посегментно оценивались референтные значения продольной деформации миокарда левого желудочка у здоровых лиц среднего возраста. Закодированные участки миокарда (спеклы) отслеживались в серошкальном изображении с последующей автоматической обработкой данных специальным программным обеспечением. Полученные данные представляются в виде графиков и полярных диаграмм. Данная методика имеет преимущества перед тканевой доплерографией, поскольку является более объективной, чувствительной и требующей меньшего количества времени для обработки и анализа данных. В то же время спекл-трекинг имеет ряд ограничений. Для оценки деформации необходима хорошая визуализация изображения, регулярный ритм, а главное – отсутствуют общепринятые нормативы, поскольку каждый производитель эхокардиографического оборудования применяет различные фильтры, противодействующие рассеиванию ультразвукового луча. Влияние этих фильтров на получаемые результаты неизвестно, и, следовательно, невозможно сравнивать данные, полученные на разных аппаратах. Выявлены корреляционные связи между структурно-функциональным состоянием миокарда и показателями продольной деформации сегментов левого желудочка. Данные результаты раскрывают физиологические особенности процессов сократимости миокарда левого желудочка, происходящие в сердце как в норме, так и при патологии.

Ключевые слова: эхокардиография, система кровообращения, спекл-трекинг, продольная деформация миокарда, эхокардиографические системы, сегменты миокарда, функциональная диагностика, сократимость миокарда.

Введение. Эхокардиография (Эхо-КГ) является одним из наиболее комплексных и монументальных исследований в кардиологии, позволяющим оценить как структурные, так и функциональные особенности сердца, а также, что немаловажно, проследить динамику происходящих процессов в любой момент времени. Эхо-КГ может предоставить информацию для определения патогенеза, коррекции терапии, установки и настройки внутрисердечных имплантируемых устройств и многого другого. Однако сама методика оценки сократительной функции миокарда (особенно сегментарной) изначально обладала большой долей субъективизма, что являлось камнем преткновения в исходной оценке и динамике развития заболеваний и преемственности ведения пациентов. Это, в свою очередь, послужило предпосылкой для создания методик количественной оценки сократительной функции миокарда.

По мере развития технического прогресса развивалось и эхокардиографическое оборудование, что позволило не только более детально оценивать функцию миокарда, но и расширить знания в области физиологии сердца.

В начале 90-х годов XX в. в клиническую практику внедрена тканевая доплерография [6], позволившая оценивать степень изменения толщины или длины

определенного участка миокарда в процентах, известную как «деформация», или «стрейн». Производной от этой величины является скорость деформации, отражающая скорость укорочения или утолщения миокардиального волокна в заданный период [8]. Однако данная методика имеет ряд ограничений: возможна адекватная оценка лишь волокон, направленных параллельно ультразвуковому лучу, а конкретный участок миокарда отследить невозможно в связи со сложным физиологическим движением сердца, что в свою очередь ведет к погрешностям в измерениях, поскольку в зону «интереса» попадают смежные участки миокарда.

В 2009 г. представлена новая методика «speckle-tracking» для оценки деформации и её скорости, решающая вышеописанные проблемы [9]. Суть методики заключается в отслеживании закодированных участков миокарда (спеклов) в серошкальном изображении с последующей автоматической обработкой данных специальным программным обеспечением [1]. Полученные данные представляются в виде графиков и полярных диаграмм. Данная методика имеет ряд преимуществ, поскольку не зависит от угла сканирования ультразвукового луча, не требует высокой частоты смены кадров, увеличивая пространственное разрешение; методика более доступна по сравнению

с позитронно-эмиссионной томографией и магнитно-резонансной томографией, которые являются «золотым стандартом» в оценке деформации миокарда, хотя имеют схожие результаты. Эта методика при необходимости может быть выполнена в палате пациента, имеет низкую внутри- и межисследовательскую вариабельность, а также требует меньшего количества времени для обработки и анализа, что имеет решающее значение при urgentных состояниях [3, 5].

На сегодняшний день в эхокардиографической практике для описания продольной сократимости миокарда используется термин «продольная деформация», с которым всё-таки соглашаются не все физиологи. Однако данное понятие широко используется врачами функциональной диагностики и специалистами-кардиологами. Поэтому мы также использовали термин «продольная деформация» миокарда.

В медицинском сообществе широко известно такое понятие, как ишемический каскад. До недавнего времени Эхо-КГ могла диагностировать ишемические процессы лишь с этапа диастолической дисфункции, более ранние этапы были доступны лишь при помощи радионуклидных методов. С учётом пространственного расположения волокон миокарда логично утверждать, что продольные волокна, расположенные субэндокардиально, наиболее уязвимы и первыми страдают при развитии ишемического процесса. Это подтверждается J. Choi et al. [4], которые доказали, что у пациентов с нарушенной продольной деформацией с сохраненной фракцией выброса и без нарушений сократимости в покое имеются значимые стенозы, выявленные при помощи коронарографии. Кроме того, доказано, что циркулярные волокна, расположенные в толще миокарда, как правило, еще длительное время сохраняют свою функцию и этим поддерживают сократительную функцию миокарда в целом. В этом, собственно, и заключаются различия между визуальной оценкой сократимости и оценкой деформации.

Методика спекл-трекинг имеет ряд ограничений. Во-первых, для оценки деформации необходима хорошая визуализация, регулярный ритм, а также общепринятые нормативы, поскольку каждый производитель эхокардиографического оборудования применяет различные фильтры, противодействующие рассеиванию ультразвукового луча. Влияние этих фильтров на получаемые результаты неизвестно, и, следовательно, невозможно сравнивать данные, полученные на разных аппаратах.

Необходимость выполнения эхокардиографии с применением спекл-трекинг-ЭХО КГ обусловлена прежде всего попыткой определить референтные значения уровня деформации миокарда у здоровых лиц средней возрастной группы.

Материалы и методы. Исследование проводилось среди военнослужащих, проходящих действительную военную службу по контракту в Вооруженных силах Российской Федерации, поступивших в клинику

пропедевтики внутренних болезней Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в рамках ежегодного углубленного медицинского обследования.

Обследовано 56 пациентов, из них 48 мужчин и 8 женщин. Средний возраст составил $33,6 \pm 9,3$ года. В исследование включались лица, у которых не было выявлено патологии со стороны системы кровообращения. Всем пациентам выполнялось ЭХО-КГ исследование на аппарате GE «Vivid E95», (Соединенные Штаты Америки) в соответствии с рекомендациями Европейской эхокардиографической ассоциации и Американского эхокардиографического общества [7].

Оценивали конечный диастолический (КДР ЛЖ) и систолический (КСР ЛЖ) размеры левого желудочка, толщину межжелудочковой перегородки (ТМЖП) и задней стенки (ТЗС) левого желудочка в диастолу. Рассчитывали массу миокарда (ММ) ЛЖ, относительную толщину миокарда (ОТМ), индекс ММЛЖ, конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ, конечный систолический объем (КСО) ЛЖ, ударный объем (УО), фракцию выброса ЛЖ (по биплановому методу Симпсона) [7], фракцию укорочения.

Определяли толщину свободной стенки правого желудочка (ПЖ), размеры ПЖ (диаметр основания ПЖ, диаметр ПЖ на уровне средней трети, а также размер ПЖ по длинной оси), диаметр легочной артерии (ЛА). Также оценивали размеры и объемы предсердий. Измеряли переднезадний, поперечный и вертикальный размеры левого предсердия (ЛП), поперечный и вертикальный размеры правого предсердия (ПП), а также площадь в четырехкамерном сечении и объемы каждого из предсердий биплановым методом Симпсона.

Затем анализировали продольную деформацию миокарда, которая определялась процентом укорочения волокон в каждом сегменте ЛЖ и визуализировалась на приборе с помощью методики «бычий глаз» (рис.).

Статистический анализ и описание результатов осуществлялись с учетом существующих требований к анализу медико-биологических исследований [2]. Для анализа показателей была создана матрица данных с использованием пакета прикладных программ «Statistica 5.5 for Windows». Различия считались статистически достоверным при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что у пациентов средней возрастной группы, не имеющих в анамнезе сердечно-сосудистой патологии, КСР и КДР ЛЖ составили $3,2 \pm 0,25$ и $4,9 \pm 0,29$ см соответственно; толщина межжелудочковой перегородки – $1,02 \pm 0,14$ см, толщина задней стенки ЛЖ – $0,95 \pm 0,1$ см; индекс массы миокарда ЛЖ – $102,0 \pm 17,46$ г/м², при средней массе миокарда – $203,2 \pm 41,19$ г; средние значения для фракции выброса ЛЖ (по Симпсону) – $64,07 \pm 4,77\%$.

Размеры левого предсердия составили: переднезадний (ПЗР ЛП) – $3,4 \pm 0,39$ см, поперечный (ПР ЛП) – $3,7 \pm 0,26$ см, вертикальный (ВР ЛП) – $4,7 \pm 0,51$ см. Размеры правого предсердия составили: по-

Зоны кровоснабжения миокарда левого желудочка сердца



Сегменты: 1 – переднебазальный, 2 – базальный переднеперегородочный, 3 – базальный нижнеперегородочный, 4 – нижнебазальный, 5 – базальный нижнелатеральный, 6 – базальный переднелатеральный, 7 – переднемедиальный, 8 – медиальный переднеперегородочный, 9 – медиальный нижнеперегородочный, 10 – нижнемедиальный, 11 – медиальный нижнелатеральный, 12 – медиальный переднелатеральный, 13 – переднеапикальный, 14 – апикальный перегородочный, 15 – нижеапикальный, 16 – апикальный латеральный, 17 – верхушка.

Рис. Схематическое изображение 17-сегментной модели (система координат «бычий глаз»)

перечный (ПР ПП) – 3,8±0,26 см, вертикальный (ВР ПП) – 4,6±0,32 см. Среднее значение переднезаднего размера правого желудочка составило (ПЗР ПЖ) 2,8±0,25 см, а толщины его передней стенки (ТПС ПЖ) – 0,45±0,05 см.

Выявлено, что у здоровых лиц наибольшей деформации подвергаются 8, 9 и 10 сегменты, являющиеся срединными переднеперегородочным, нижнеперегородочным и нижним соответственно, а также все верхушечные сегменты с 13 по 17 (табл.).

Таблица

Процент продольной сегментарной деформации ЛЖ у здоровых лиц, м±

Сегмент ЛЖ	Деформация, %	Рассчитанные референтные значения
1	17,1±2,9	11,3–22,9
2	16,9±2,1	12,7–21,1
3	15,2±1,8	11,6–18,8
4	16,9±2,0	12,9–20,9
5	16,3±2,6	11,1–21,5
6	15,3±2,2	10,9–19,7
7	19,7±2,3	15,1–24,3
8	20,3±2,2	15,9–24,7
9	19,7±2,1	15,5–23,9
10	19,8±2,1	15,6–24,0
11	17,6±2,8	12,0–23,2
12	16,9±2,1	12,7–21,1
13	24,2±3,4	17,4–31,0
14	25,2±2,3	20,6–29,8
15	24,3±3,3	17,7–30,9
16	22,3±3,2	15,9–28,7
17	23,9±2,7	18,5–29,3

Наибольшее количество корреляционных связей выявлено между структурами миокарда и нижнеперегородочными (3-м, 9-м), а также верхушечно-перегородочными (14-м) сегментами. Величина продольной деформации в 3-м и 9-м сегментах отрицательно коррелировала с размерами ТМЖП ($r = -0,46; -0,44$ соответственно, $p < 0,05$), ТЗС ($r = -0,45; p < 0,05$), индексом массы миокарда ($r = -0,41; -0,44$ соответственно, $p < 0,05$), а также переднезадним размером ЛП ($r = -0,4; -0,48$ соответственно, $p < 0,05$). Кроме того, величина продольной деформации в 14 сегменте (верхушечно-перегородочный) в дополнение к указанным связям коррелировала с переднезадним размером ПЖ ($r = -0,42; p < 0,05$).

Отрицательная корреляционная связь была выявлена между величинами продольной деформации во 2–5-м, 9-м и 10-м сегментах и фракцией выброса ЛЖ. Также коррелировали между собой показатели, отражающие диастолическую функцию ($E', E'/E'$) ЛЖ с величинами продольной деформации во 2-м, 3-м, 4-м, 9-м, 10-м сегментах. При этом если для показателя E' корреляция была положительной ($r = +0,56; p < 0,05$), то для E'/E' связь была отрицательной ($r = -0,52; p < 0,05$).

Заметим, что почти все сегменты (кроме 2-го) составляют участок сердца, кровоснабжающийся из системы правой венечной артерии.

Таким образом, не все сегменты миокарда ЛЖ оказывают одинаковое влияние на насосную функцию сердца. Наименьшее значение у здоровых лиц имеют сегменты нижнеперегородочных отделов ЛЖ, кровоснабжаемые правой коронарной артерией. Это объясняет тот факт, что развитие тромбозов правой коронарной артерии, развитие инфаркта миокарда

и, как следствие, выпадение данных участков из целостной работы ЛЖ не приводят к таким катастрофическим снижениям УО ЛЖ, как в случае нарушения сократительной способности сегментов переднебоковой стенки ЛЖ, развивающегося при поражении передненисходящей и огибающей ветви левой коронарной артерии.

Выявленные корреляционные связи между показателем продольной деформации и параметрами диастолической функции сердца еще раз подтверждают взаимосвязь процессов сокращения и расслабления миокарда.

Заключение. Спекл-трекинг и, в частности, оценка продольной деформации на сегодняшний день признаны достоверной, воспроизводимой и высокоинформативной методикой в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний не только среди европейских кардиологов, но и Американского эхокардиографического общества и рекомендованы к применению в повседневной клинической практике. Вместе с тем ограничивающим фактором для широкого использования методики является отсутствие признанных сегментных норм продольной деформации миокарда ЛЖ.

На сегодняшний день существует лишь ориентировочная цифра – 20%, которая является пограничным значением для продольной деформации миокарда в каждом из сегментов. Посегментные нормы существуют лишь для аппаратов «Vivid 7», однако, как указывалось выше, они не могут быть применены к другим аппаратам.

Полученные нами результаты могут быть использованы как референтные значения при проведении сравнительной оценки изменений продольной деформации при различной кардиоваскулярной патологии на аппаратах GE «Vivid E95». Они также позволяют

раскрыть физиологические особенности сократительной способности миокарда левого желудочка, происходящие в сердце как в норме, так и при патологии.

Литература

1. Никифоров, В.С. Эхокардиографическая оценка деформации миокарда в клинической практике / В.С. Никифоров, О.А. Марсальская, В.И. Новиков. – СПб.: КультИнформПресс, 2015. – 28 с.
2. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований, 3-е изд., доп. / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев, М.В. Резванцев. – СПб.: ВМА, 2011. – 318 с.
3. Becker, M. Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function / M. Becker [et al.] // Heart – 2006. – Vol. 92 (8). – P. 1102–1108.
4. Choi, J.O. Longitudinal 2D strain at rest predict the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality / J.O. Choi [et al.] // Eur. J. Echocardiogr – 2009. – Vol. 10 (2). – P. 695–701.
5. Ingul, C.B. Automated strain and strain rate in myocardial imaging: tissue Doppler and speckle tracking / C.B. Ingul // Blackwell Publishing – 2007. – Vol. 56 (2). – P. 278–287.
6. Kadappu, K.K. Tissue Doppler imaging in echocardiography: value and limitations / K.K. Kadappu, L. Thomas // Heart Lung Circ – 2015. – Vol. 24 (3). – P. 224–233.
7. Lang, R.M. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / R.M. Lang [et al.] // Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of American Society of Echocardiography. – 2015. – Vol. 28 (1). – P. 1–39.
8. Mor-Avi, V. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography / V. Mor-Avi [et al.] // Eur. J. Echocardiogr. – 2011. – Vol. 12 (3). – P. 167–205.
9. Roes, S.D. Validation of echocardiographic two-dimensional speckle-tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging / S.D. Roes [et al.] // Am. J. Cardiol. – 2009. – Vol. 104 (3). – P. 312–317.

A.N. Kuchmin, E.P. Galova, D.A. Galaktionov, A.A. Kazachenko, M.Yu. Yaroslavtsev, K.B. Evsyukov, A.O. Gergel, A.A. Shevelev

Longitudinal contractility evaluation of left ventricular myocardium in healthy individuals

Abstract. Topical issues of evaluation, as well as practical application of longitudinal deformities of left ventricular myocardium in the diagnosis of cardiovascular diseases are considered. A study was conducted with an estimation of the segmented reference values for longitudinal deformation of the left ventricular myocardium in healthy middle-aged people using the technique of speckle tracking echocardiography. The essence of the methodic is to track coded areas of the myocardium (speckles) in the gray-scale image with subsequent automatic processing of data by special software. The data obtained are presented in the form of graphs and polar diagrams. This methodic has advantages over the method of tissue dopplerography, because it is more objective, sensitive and requires less time for data processing and analysis. At the same time speckle tracking has a number of limitations. To assess deformation, a good visualization of the image and a regular rhythm are required, and, most importantly, there are no generally accepted standards, since each manufacturer of echocardiographic equipment applies various filters that counteract the scattering of an ultrasonic beam. The effect of these filters on the results is unknown and, therefore, it is impossible to compare the data obtained on different devices. In addition, in the present work, correlation links between the structural and functional state of the myocardium and indices of longitudinal deformation of segments of the left ventricle are revealed. These results reveal the physiological features of the process in myocardial contractility occurring in the heart, both in norm and pathology.

Key words: echocardiography, circulatory system, speckle tracking, longitudinal deformation of the myocardium, echocardiographic systems, the myocardial segments, functional diagnostics, myocardial contractility.

Контактный телефон: 8-981-840-75-34; e-mail: galova.elena@gmail.com