

**ПОСЕГМЕНТЫЙ АНАЛИЗ ПРОДОЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА
ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ЛИЦ БЕЗ МАНИФЕСТНОЙ
КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ**

Е.П. Галова, А.Н. Кучмин, Д.А. Галактионов, М.Ю. Ярославцев, К.Б. Евсюков,
Н.В. Афендииков

*ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ,
г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.*

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

Резюме. В статье рассматриваются актуальные вопросы оценки, а также практического применения показателей продольной деформации миокарда левого желудочка в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний.

Проведено исследование с оценкой посегментных референсных значений для продольной деформации миокарда левого желудочка у лиц среднего возраста без манифестной кардиоваскулярной патологии с помощью методики спекл-трекинг эхокардиографии.

Суть метода заключается в отслеживании закодированных участков миокарда (спеклов) с последующей автоматической обработкой данных специальным программным обеспечением. Данный метод имеет преимущества перед методом тканевой доплерографии, поскольку является более объективным, чувствительным и требующим меньшее количество времени для обработки и анализа данных.

В работе проведено определение пороговых значений показателей продольной деформации для различных сегментов миокарда левого желудочка и более широкого применения методики спекл-трекинг эхокардиографии в клинической практике.

Кроме того, в настоящей работе выявлены корреляционные связи между структурно-функциональным состоянием миокарда и показателями продольной деформации сегментов левого желудочка. Данные результаты позволили раскрыть отдельные физиологические процессы, происходящие в сердце как в норме, так и при патологии.

Ключевые слова: эхокардиография, кардиоваскулярная патология, функциональная диагностика, продольная деформация миокарда, эхокардиографические системы.

**THE SEGMENT ANALYSIS OF LONGITUDINAL DEFORMATION OF THE
LEFT VENTRICLE MYOCARDIUM IN INDIVIDUALS WITHOUT MANIFEST
CARDIOVASCULAR PATHOLOGY**

E.P. Galova, A.N. Kuchmin, D.A. Galaktionov, M.Y. Yaroslavtsev, K.B. Evsjucov,
N.V. Afendikov

S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Summary. The article deals with topical issues of evaluation, as well as practical application of longitudinal deformities of left ventricular myocardium in the diagnosis of cardiovascular diseases. A study was conducted with an estimate 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 method is to track coded areas of the myocardium (speckles) with subsequent automatic processing of data by special software. This method has advantages over the method of tissue dopplerography, because it is more objective, sensitive and requires less time for data processing and analysis.

The purpose of this article is to determine the threshold values of the longitudinal strain parameters for various segments of the left ventricular myocardium and the wider application of the technique of speckle tracking echocardiography in clinical practice.

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 allowed us to disclose individual physiological processes occurring in the heart, both in the norm and in pathology.

Key words: echocardiography, cardiovascular disease, functional diagnostics, longitudinal deformation of the myocardium, echocardiographic systems.

Введение. Эхокардиографическое исследование (Эхо-КГ) является одним из наиболее комплексных и монументальных в кардиологической практике, позволяющее оценить, как структурное, так и функциональное состояние сердца, а также, проследить динамику происходящих процессов в любой момент времени.

Эхо-КГ помогает врачу определить патогенез заболевания, провести коррекцию терапии, определить показания к установке и настройки внутрисердечных имплантируемых устройств и многое другое. 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 преимущества 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 конце XX века в клиническую практику введена тканевая доплерография [1], позволившая оценивать степень изменения толщины или длины определенного участка миокарда в процентах, известную как деформация или strain (англ. – напрягать, натягивать). Производной этой величины является скорость деформации, отражающая скорость укорочения или утолщения миокардиального волокна в заданный период времени [2]. Следует отметить, что данный метод имеет ряд ограничений, к которым относятся следующие: адекватная оценка возможна лишь для волокон, направленных параллельно ультразвуковому лучу, невозможность отслеживания конкретного участка миокарда в связи со сложным физиологическим движением сердца.

В начале XXI века представлена новая методика «speckle-tracking» для оценки деформации и скорости деформации, которая позволила решить вышеописанные проблемы [3,4]. Основа метода заключается в отслеживании закодированных участков миокарда (спеклов) в серошкальном изображении с последующей автоматической обработкой данных специальным программным обеспечением [5]. Полученные данные представляются в виде графиков и полярных диаграмм. Данный метод 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 - «золотого стандарта» в оценке деформации миокарда. При этом «speckle-tracking» показывает схожие результаты. Данная методика имеет низкую внутри- и межисследовательскую вариабельность, а также требует меньшее количество времени для обработки и анализа, что имеет решающее значение при urgentных состояниях [6, 7].

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. Учитывая пространственное расположение волокон миокарда логично утверждать, что продольные волокна, расположенные субэндокардиально, наиболее уязвимы и первыми страдают при развитии ишемического процесса. Ряд работ подтверждает эти данные. Например, в исследовании J. Choi и соавт. доказано, что у

пациентов с нарушенной продольной деформацией с сохраненной фракцией выброса и без нарушений сократимости в покое имеются значимые стенозы, выявление при помощи коронарографии [8]. Также рядом исследований 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 и заключается различия между визуальной оценкой сократимости и оценкой деформации [9, 10, 11, 12].

Как и все методы спекл-трекинг имеет ряд ограничений. Во-первых, для оценки деформации требуется 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.

Цель исследования. Определение референсных значений показателей продольной деформации миокарда с применением спекл-трекинг ЭХО КГ у лиц без манифестной сердечно-сосудистой патологии и использование данных показателей в работе врачей кардиологов и специалистов функциональной диагностики.

Материалы и методы. Исследование проводилось среди пациентов клиники пропедевтики внутренних болезней Военно-медицинской академии имени С.М.Кирова у которых в ходе обследования не было выявлено манифестной патологии сердечно-сосудистой системы.

Было обследовано 56 пациентов, 48 мужчин и 8 женщин. Средний возраст составил $33,6 \pm 9,3$ года.

Всем пациентам выполнялось эхокардиографическое исследование на аппарате GE«VividE95», (США) в соответствии с рекомендациями Европейской эхокардиографической ассоциации и Американского эхокардиографического общества [13].

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 такие показатели, как масса миокарда (ММ) ЛЖ, относительная толщина миокарда (ОТМ), индекс ММЛЖ, конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ, конечный систолический объем (КСО) ЛЖ, ударный объем (УО), ЛЖ фракция выброса (по биплановому методу Симпсона), фракция укорочения.

Определяли толщину свободной стенки правого желудочка (ПЖ), размеры ПЖ

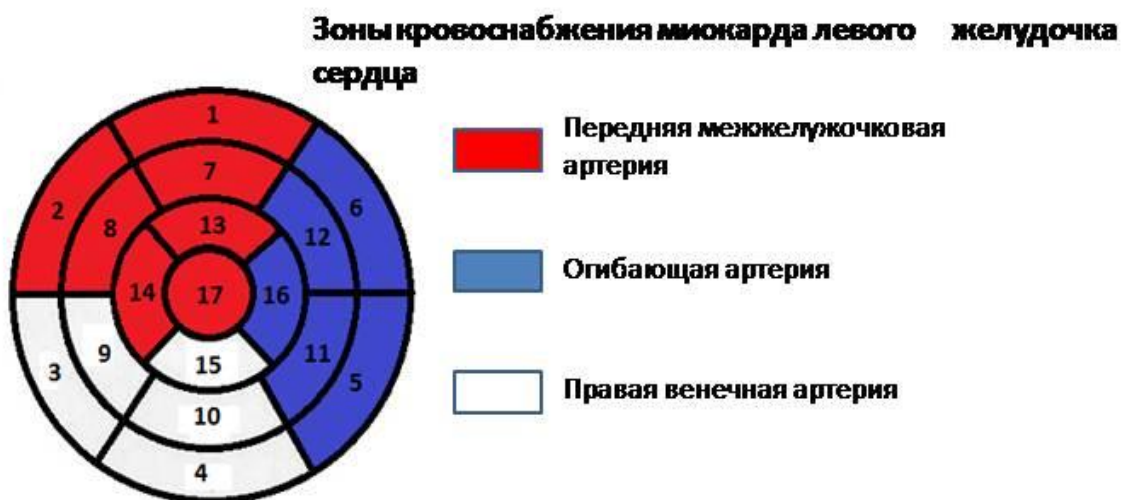
(диаметр основания ПЖ, диаметр ПЖ на уровне средней трети, а также размер ПЖ по длинной оси), диаметр легочной артерии (ЛА).

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 выполнялся анализ продольной деформаций миокарда, который определялся процентом укорочения волокон в каждом сегменте левого желудочка, и визуализировался на приборе с помощью методики «бычий глаз» [14].

Статистический анализ. Статистический анализ и описание результатов работы осуществлялись с учетом существующих требований к анализу медико-биологических исследований [15]. Для анализа показателей была создана матрица данных с использованием пакета прикладных программ «Statistica 5.5 for Windows».

Различие считалось статистически достоверным при уровне значимости – $p \leq 0,05$.



17-сегментная модель (система координат «бычий глаз»).

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.

Рисунок. Схематическое изображение полярной диаграммы «бычий глаз».

Результаты и их обсуждение. На сегодняшний день ультразвуковая диагностика занимают важнейшее место в первичной диагностике различных терапевтических состояний. При этом, эхокардиография, как один из методов ультразвуковой диагностики, является «золотым стандартом» в оценке морфофункционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Данные эхокардиографических структур и функции левых отделов сердца у обследуемых пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Отдельные эхокардиографические показатели сердца у лиц без манифестной кардиоваскулярной патологии

Показатели	Обследуемая группа ($m \pm \sigma$), $n=56$
КДР ЛЖ, см	$4,9 \pm 0,29$
КСР ЛЖ, см	$3,2 \pm 0,25$
ТМЖП, см	$1,02 \pm 0,14$
Т ЗС, см	$0,95 \pm 0,1$
ММ ЛЖ, г	$203,2 \pm 41,19$
ИММ ЛЖ, г/м ²	$102,7 \pm 17,46$
ФВ ЛЖ по Симпсону, %	$64,07 \pm 4,77$
ПЗР ЛП, см	$3,4 \pm 0,39$
ПР ЛП, см	$3,7 \pm 0,26$
ВР ЛП, см	$4,7 \pm 0,51$
ПЗР ПЖ, см	$2,8 \pm 0,25$
ТПС ПЖ, см	$0,45 \pm 0,05$
ПР ПП, см	$3,8 \pm 0,26$
ВР ПП, см	$4,6 \pm 0,32$

Согласно данным, представленным в таблице 1, у пациентов средней возрастной группы, не имеющих в анамнезе манифестной сердечно-сосудистой патологии, конечные систолический (КСР ЛЖ) и диастолический размеры (КДР ЛЖ) составили: $3,2 \pm 0,25/4,9 \pm 0,29$ см, соответственно.

Толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП) составила – $1,02 \pm 0,14$ см, толщина задней стенки (Т ЗС) – $0,95 \pm 0,10$ см;

Индекс массы миокарда ЛЖ (ИММ ЛЖ) составил – $102,0 \pm 17,46$ г/м², при средней

массе миокарда – $203,2 \pm 41,19$ г.

Средние значения для ФВ ЛЖ (по Симпсону) составили – $64,07 \pm 4,77\%$.

Размеры левого предсердия составили: передне-задний (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: поперечный (ПР ПП) – $3,8 \pm 0,26$ см, вертикальный (ВР ПП) – $4,6 \pm 0,32$ см.

Среднее значение переднезаднего размера правого желудочка составило (ПЗР ПЖ) – $2,8 \pm 0,25$ см, а толщины его передней стенки (ТПС ПЖ) – $0,45 \pm 0,05$ см.

Далее нами проводилась оценка деформации миокарда, а также рассчитывались референсные значения, согласно статистике, по формуле $m \pm 2\sigma$, где m – среднее значение показателя, а σ – стандартное отклонение, которые рассчитаны при определении показателя у здоровых лиц [15].

Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Процент продольной сегментарной деформации левого желудочка

Сегменты ЛЖ	Деформация (%), $m \pm \sigma$	Рассчитанные референсные значения, $m \pm 2\sigma$
1	$17,1 \pm 2,9$	11,3-22,9
2	$16,9 \pm 2,1$	12,7-21,1
3	$15,2 \pm 1,8$	11,6-18,8
4	$16,9 \pm 2,0$	12,9-20,9
5	$16,3 \pm 2,6$	11,1-21,5
6	$15,3 \pm 2,2$	10,9-19,7
7	$19,7 \pm 2,3$	15,1-24,3
8	$20,3 \pm 2,2$	15,9-24,7
9	$19,7 \pm 2,1$	15,5-23,9
10	$19,8 \pm 2,1$	15,6-24,0
11	$17,6 \pm 2,8$	12,0-23,2
12	$16,9 \pm 2,1$	12,7-21,1
13	$24,2 \pm 3,4$	17,4-31,0
14	$25,2 \pm 2,3$	20,6-29,8
15	$24,3 \pm 3,3$	17,7-30,9
16	$22,3 \pm 3,2$	15,9-28,7
17	$23,9 \pm 2,7$	18,5-29,3

Как видно из таблицы 2, у обследованных лиц, наибольшей деформации подвергаются сегменты 8, 9, 10 – являющиеся срединными передне-перегородочным, ниже-перегородочным и нижним, соответственно. А также все верхушечные сегменты: 13-17.

Также нами был проведен корреляционный анализ, согласно которому наибольшее количество связей между структурами миокарда было получено в отношении ниже-перегородочных (3, 9) и верхушечно-перегородочном (14) сегментов. Величина продольной деформации в сегментах 3 и 9 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 передне-задним 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 передне-задним размером ПЖ ($r = -0,42$, $p < 0,05$).

Отрицательная корреляционная связь была выявлена между величинами продольной деформации в сегментах 2-5, 9, 10 и фракцией выброса левого желудочка.

Также коррелировали между собой показатели, отражающие диастолическую функцию (E' , E/E') левого желудочка с величинами продольной деформации в сегментах 2, 3, 4, 9, 10. При этом, если для показателя E' корреляция была положительной ($r = 0,56$, $p < 0,05$), то для E/E' – связь была отрицательной ($r = -0,52$, $p < 0,05$).

Интересно заметить, что почти все сегменты (кроме 2), составляют участок сердца, кровоснабжающийся из системы правой венечной артерии.

Выводы. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что не все сегменты миокарда левого желудочка оказывают одинаковое влияние на насосную функцию сердца. По нашим данным наименьшее значение у лиц без манифестной сердечно-сосудистой патологии имеют сегменты ниже-перегородочных отделов левого желудочка, находящиеся в системе кровоснабжения правой коронарной артерии. Это объясняет факт, что при развитии тромбозов правой коронарной артерии, развитии инфаркта миокарда и, как следствие, выпадении данных участков из целостной работы левого желудочка не приводит к таким катастрофическим снижениям ударного объема левого желудочка как в случае нарушения сократительной способности сегментов передне-боковой стенок ЛЖ, развивающихся при поражении передне-нисходящей 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 признан достоверным, воспроизводимым и высокоинформативным методом в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний не только среди Европейских кардиологов, но и Американского эхокардиографического общества и рекомендован к применению в повседневной клинической практике.

Однако, ограничивающим фактором для широкого использования методики, является отсутствие признанных посегментных норм продольной деформации миокарда левого желудочка.

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 в настоящей работе результаты, могут быть использованы как референсные значения при проведении сравнительной оценки изменений продольной деформации при различной кардиоваскулярной патологии на аппаратах GE«VividE95».

Также результаты нашей работы позволяют раскрыть отдельные физиологические процессы, происходящие в сердце как в норме, так и при патологии.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Thavendiranathan, P. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review / P. Thavendiranathan // Journal of the American College of Cardiology. – 2014. – Vol. 63. – P. 2751–2768.
5. Никифоров, В.С. Эхокардиографическая оценка деформации миокарда в клинической практике / В.С. Никифоров, О.А. Марсальская, В.И. Новиков. – СПб.: КультИнформПресс, 2015. – 28 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Buss, S.J. Longitudinal left ventricular function for prediction of survival in systemic light-chain amyloidosis: incremental value compared with clinical and biochemical markers / S.J. Buss [et al.] // Journal of the American College of Cardiology. – 2012. – Vol. 60. – P. 1067–1076.
10. Grabskaya, E. Impact of transcatheter aortic valve implantation on myocardial deformation / E. Grabskaya [et al.] // Echocardiography. – 2011. – Vol. 28. – P. 397–401.
11. Dahlslett, T. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome / T. Dahlslett [et al.] // Journal of the American Society of Echocardiography. – 2014. – Vol. 27. – P. 512–519.

12. Delgado, M. Early improvement of the regional and global ventricle function estimated by two-dimensional speckle tracking echocardiography after percutaneous aortic valve implantation speckle tracking after Core Valve implantation / M. Delgado [et al.] // Echocardiography. – 2013. – Vol. 30. – P. 37–44.

13. 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.

14. Anwar AM. Accuracy of two-dimensional speckle tracking echocardiography for the detection of significant coronary stenosis. J Cardiovasc. Ultrasound. 2013;21(4):177-82.

15. 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.