

# Оценка продольной систолической деформации левого желудочка во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на тредмиле

А.И. Степанова<sup>1</sup>, Н.Ф. Радова<sup>1,2</sup>, М.Н. Алехин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УД Президента РФ, Москва,

<sup>2</sup>ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» УД Президента РФ, Москва

## Evaluation of the longitudinal systolic deformation of the left ventricle during stress echocardiography with physical exercise on the treadmill

A.I. Stepanova<sup>1</sup>, N.F. Radova<sup>1,2</sup>, M.N. Alekhin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia,

<sup>2</sup>CCH with Outpatient health center», Moscow, Russia

### Аннотация

Целью настоящего исследования являлась оценка выполнимости расчета продольной систолической деформации (ПСД) миокарда левого желудочка во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на тредмиле.

В исследование было включено 90 пациентов (в возрасте от 30 до 81 года, 58 мужчин и 32 женщины), которым по различным показаниям была назначена стресс-эхокардиография. В покое и после нагрузки больным проводилось измерение значений ПСД с использованием спекл-трекинг эхокардиографии по алгоритму AFI (Automated functional imaging).

Во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на тредмиле нам удалось получить значения ПСД левого желудочка в большинстве случаев (глобальной продольной систолической деформации - в 91,1% случаев; локальной продольной систолической деформации - в 86,7% случаев). Вследствие ограничения по частоте сердечных сокращений значения глобальной продольной систолической деформации не удалось получить у 2 пациентов (2,2%). Значения локальной продольной систолической деформации в отдельных сегментах не удалось определить у 12 пациентов (13,3%). Из-за неоптимальной визуализации после выполнения нагрузки значения глобальной продольной систолической деформации не удалось определить у 3 пациентов (3,3%).

Таким образом, оценка глобальной и локальной продольной систолической деформации левого желудочка во время стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на тредмиле возможна у большинства обследованных

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, продольная систолическая деформация, стресс-эхокардиография, тредмил.

### Abstract

The aim of our study was to estimate the frequency of adequate calculation of the longitudinal systolic deformation (LSD) of the left ventricular myocardium during stress echocardiography with physical exercise on the treadmill.

The study included 90 patients (30 to 81 years, 58 men and 32 women). All patients received stress echocardiography for various indications. At rest and after treadmill-test, the patients were measured LSD values using the speckle-tracking method according to the AFI algorithm (Automated functional imaging).

We succeeded in obtaining the values of LV LSD during stress echocardiography with the physical load on the treadmill in most cases (global longitudinal systolic deformation (GLSD) in 91.1% of cases, local longitudinal systolic deformation (LLSD) in 86.7% of cases). In 2 patients (2.2%) after treadmill-test, the GLSD values could not be obtained, because of the heart rate limitation. In 12 patients (13.3%) after treadmill-test, it was not possible to determine the LLSD values in several segments. Due to non-optimal visualization, the LSD value could not be obtained in 3 patients (3.3%) after treadmill-test.

**Key words:** ischemic heart disease; longitudinal systolic deformation, stress echocardiography, treadmill.

Своевременная диагностика ишемической болезни сердца (ИБС) является важной задачей современной кардиологии. Одним из методов неинвазивной диагностики ИБС является стресс-эхокардиография [1]. Однако визуальная оценка нарушений локальной сократимости, свидетельствующих о преходящей ишемии миокарда, при стресс-эхокардиографии носит субъективный характер и в значительной мере зависит от опыта врача [2]. В связи с этим регулярно

появляются новые количественные методы интерпретации стресс-эхокардиографии.

В последние годы появились эхокардиографические (ЭхоКГ) способы оценки деформации миокарда, из которых наиболее перспективным является спекл-трекинг ЭхоКГ (speckle-tracking). Оценка деформации миокарда позволяет получить объективные количественные показатели глобальной функции левого желудочка и анализировать его региональную функцию в различ-

ных направлениях: продольном, циркулярном и радиальном [3].

До недавнего времени двухмерная оценка глобальной продольной деформации (ГПД) левого желудочка была возможна при соблюдении ряда условий, среди которых наряду с адекватной визуализацией и определенной частотой кадров необходимой являлась одинаковая частота сердечных сокращений [4-6]. В связи с этим оценка ГПД миокарда левого желудочка проводилась в основном во время фармакологической стресс-эхокардиографии. Однако стресс-эхокардиография с фармакологическими препаратами не является методом выбора у пациентов, способных выполнять физическую нагрузку.

Важнейшей составляющей систолической функции левого желудочка является продольная функция, так как именно субэндокардиально расположенные волокна миокарда в основном обеспечивают эту составляющую и находятся в наиболее неблагоприятных условиях во время ишемии миокарда. Ишемия миокарда при стресс-эхокардиографии проявляется в виде переходящих нарушений локальной сократимости, что может сопровождаться продольной дисфункцией [7,8]. Количественная оценка локальной и глобальной функции миокарда на основе показателей продольной деформации может помочь врачам в диагностике ИБС [9,10].

Целью стоящего исследования явилась оценка выполнимости расчета глобальной продольной систолической деформации миокарда левого желудочка во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на тредмиле.

### Материалы и методы

В исследование было включено 90 пациентов в возрасте от 30 до 81 года, среди которых были 32 женщины и 58 мужчин. Всем было выполнено стресс-эхокардиографическое исследование для диагностики ИБС или оценки выраженности переходящей ишемии миокарда.

Ишемической болезнью сердца (ИБС) страдали 52 пациента (62,2%) гипертонической болезнью сердца - 52 пациента (62,2%), стенокардией напряжения 1-2-го класса - 29 больных (32,2%), постинфарктный кардиосклероз в анамнезе имелся у 12 пациентов (13,3%), хронической сердечной недостаточностью (1-2-й степени) страдали 7 пациентов (7,7%), дилатационная кардиомиопатия имелась у 2 пациентов (2,2%). Хирургические и интервенционные вмешательства: аортокоронарное шунтирование ранее выполнялось 14 пациентам (15,5%), имплантируемый электрокардиостимулятор установлен

у 1 пациента (1,1%), радиочастотная катетерная абляция проведена у 1 пациента (1,1%). Различные нарушения ритма сердца (НРС) выявлялись у 16 пациентов (17,7%), пароксизмальная форма мерцательной аритмии наблюдалась у 7 пациентов (7,7%), синдром слабости синусового узла — у 2 пациентов (2,2%). Среди сопутствующих заболеваний инсульт в анамнезе был у 2 пациентов (2,2%), бронхиальная астма — у 1 пациента (1,1%), хроническая обструктивная болезнь легких — у 1 пациента (1,1%).

Индекс массы тела (ИМТ) у обследуемых составил  $29,03 \pm 4,4$ , у 18 пациентов ИМТ был в пределах нормы, у 36 пациентов имелась избыточная масса тела, у 28 пациентов - ожирение 1-й степени, 8 пациентов страдали ожирением 2-й степени.

Всем пациентам выполнялись инструментальные исследования: электрокардиография (ЭКГ), трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) и стресс-эхокардиография с нагрузкой на тредмиле.

По результатам ЭКГ в 12 отведениях изменения амплитуды и полярности зубца *T* были выявлены у 31 пациента (34%), признаки гипертрофии миокарда левого желудочка — у 20 пациентов (22,2%), блокада правой ножки пучка Гиса имелась у 3 пациентов (3,3%).

Стресс-эхокардиография выполнялась в соответствии с общепризнанными правилами ее проведения на аппарате Vivid E95 (General Electric Medical Systems, Horten Norway) [11]. Нагрузка давалась на тредмиле GE Healthcare Series 2100 с регистрацией ЭКГ и частоты сердечных сокращений в покое и во время нагрузки, артериальное давление измерялось вручную.

Использовали двухэтапный протокол стресс-ЭхоКГ с регистрацией данных в исходном состоянии и сразу после прекращения нагрузки на тредмиле. После прекращения нагрузки использовали длительную регистрацию цифровых данных эхокардиографического исследования с последующим выбором наиболее качественных клипов. При этом регистрировали пять позиций: из верхушечного доступа длинную ось ЛЖ, позиции на 4 и 2 камеры: из парастернального доступа длинную ось левого желудочка и короткую ось на уровне папиллярных мышц ЛЖ. Наряду с визуальной оценкой сократимости левого желудочка при ЭхоКГ исследовании в исходном состоянии и сразу после прекращения нагрузки на тредмиле рассчитывали показатели продольной деформации левого желудочка в исходном состоянии и сразу после прекращения нагрузки. Для этого использовали клипы верхушечных позиций с частотой ка-

дров не менее 50 в секунду. Продольная систолическая деформация оценивалась с помощью программного обеспечения прибора Vivid E95 с применением алгоритма Automated functional imaging (AFI). Измерения ПСД производились в конечно-систолическую фазу, при этом в каждой позиции верхушечного доступа производилась маркировка трех точек в области эндокарда, две из которых ставились в области базальных сегментов левого желудочка по обе стороны митрального кольца, а третья — в области верхушки левого желудочка. После определения зоны интереса, включающей весь миокард левого желудочка, производилась его оценка на протяжении одного сердечного цикла, на основании чего автоматически формировалась 17-сегментарная схема типа “бычий глаз”, отражающая результаты посегментного измерения ПСД миокарда левого желудочка и глобальную ПСД ЛЖ всех 17 сегментов. Регистрировали ЧСС для каждого клипа в верхушечных позициях. Учитывали время регистрации каждого клипа от момента прекращения нагрузки на тредмиле. Рассчитывали общее время регистрации данных как разницу между временем регистрации первого и последнего клипов, использованных в расчете показателей ПСД. Также учитывали вариабельность ЧСС, как разницу ЧСС, соответствующую первому и последнему клипам, которые были использованы для расчета показателей ПСД в исходном состоянии и сразу после прекращения физической нагрузки.

Гипотензивную терапию в день исследования получали 28 пациентов (31,9%), бета-блокаторы принимали 5 (5,4%) пациентов.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета статистических про-

грамм Statistica 6.0 for Windows. Данные представляли в виде средних значений  $\pm$  стандартное отклонение. Достоверность различий долей определяли по критерию  $\chi^2$ . Уровень значимости  $p$  составлял 0,05.

### Результаты и обсуждение

Основные результаты выполнения стресс-эхокардиографии представлены в таблице. Субмаксимальную ЧСС при нагрузке достигли 72 пациента (80,2%). Жалобы на боль в грудной клетке предъявляли 13 пациентов (14,3%), одышка наблюдалась у 32 пациентов (35,2%), нарушения ритма при нагрузке появились у 63 пациентов (69,2%).

У 85 (94,4%) из 90 пациентов удалось получить значения глобальной продольной систолической деформации в покое. Вариабельность ЧСС у этих пациентов составила  $1,3 \pm 1,9$ , а среднее время измерения глобальной продольной систолической деформации —  $50,1 \pm 45,2$  с. У 3 пациентов (3,3%) не удалось определить значения локальной продольной систолической деформации в отдельных сегментах. Такими сегментами были: передневерхушечный у 1 пациента, средний переднеперегородочный у 1 пациента, задневерхушечный у 2 пациентов, верхушечно-боковой у 1 пациента. Однако это не сказалось на возможности расчета глобальной продольной систолической деформации у данных пациентов.

У 4 (4,4%) пациентов расчет значения глобальной продольной систолической деформации ультразвуковым прибором не был выполнен из-за существенных различий в ЧСС при последовательном выведении трех необходимых позиций. Вариабельность ЧСС у этих пациентов со-

Таблица

Результаты стресс-ЭхоКГ у обследованных пациентов (n=90)

Показатели	В покое	В условиях нагрузки
Частота сердечных сокращений, уд/мин	67,34 $\pm$ 12,22	135,73 $\pm$ 17,34
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	128,33 $\pm$ 13,32	182,67 $\pm$ 22,24
Диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.	78 $\pm$ 8,03	80,70 $\pm$ 11,86
Средний уровень нагрузки (METS)	-	7,25 $\pm$ 2,16
Боль в грудной клетке	-	13 (14,3%)
Новые нарушения ритма сердца	-	63 (69,2%)
Из них пробежки желудочковой тахикардии	-	1 (1,1%)
Одышка	-	32 (35,2%)
Глобальная продольная систолическая деформация левого желудочка, %	18,50 $\pm$ 3,79	18,87 $\pm$ 4,35
Продолжительность выведения необходимых позиций, с	50,1 $\pm$ 45,2	20,6 $\pm$ 12,2
Вариабельность частоты сердечных сокращений между сохраненными клипами, уд/мин	1,3 $\pm$ 1,9	6,1 $\pm$ 6,7

ставила  $12,8 \pm 0,8$ . У 1 пациента (1,1%) не удалось определить глобальной продольной систолической деформации в связи с неоптимальной визуализацией.

После прекращения физической нагрузки значения глобальной продольной систолической деформации удалось рассчитать у 82 пациентов (91,1%). Вариабельность ЧСС у этих пациентов составила  $6,1 \pm 6,7$ , а продолжительность расчета глобальной продольной систолической деформации —  $20,6 \pm 12,2$  с. В ряде случаев в покое не удалось определить значения глобальной продольной систолической деформации, но на высоте нагрузки прирост ЧСС позволил определить эти значения.

У 2 (2,2%) пациентов количественных значений глобальной продольной систолической деформации получить не удалось в связи с существенным различием между ЧСС при последовательном выведении трех необходимых позиций. Вариабельность ЧСС у этих пациентов составила  $38,8 \pm 14,1$ .

У 12 пациентов (13,3%) не удалось определить значения локальной ПСД в отдельных сегментах, такими сегментами были: передний базальный у 4 пациентов, базальный переднеперегородочный у 1 пациента, нижнебазальный у 2 пациентов, заднебазальный у 3 пациентов, базально-боковой у 2 пациентов, средний передний у 2 пациентов, средний переднеперегородочный у 1 пациента, средний задний у 1 пациента, средний боковой у 1 пациента, передневерхушечный у 1 пациента, верхушечный переднеперегородочный у 1 пациента, нижневерхушечный у 1 пациента. У 3 пациентов (3,3%) из-за невозможности определения локальной ПСД в нескольких сегментах прибору не удалось вычислить значения глобальной продольной систолической деформации. Вариабельность ЧСС у этих пациентов составила  $5 \pm 2,6$ .

У 3 пациентов (3,3%) значения глобальной продольной систолической деформации не были определены из-за неоптимальной визуализации.

В нашем исследовании оценка глобальной продольной систолической деформации в покое и сразу после выполнения нагрузки была возможна у большинства пациентов. Высокая частота расчета глобальной продольной систолической деформации в покое, в исходном состоянии (94,4%), вполне закономерна, так как мы имели возможность выполнять исследование без ограничений во времени и при относительно неизменной ЧСС. Эти обстоятельства весьма существенны при использовании технологии спекл-трекинг ЭхоКГ для расчета глобальной продольной систолической деформации. При про-

ведении нагрузочных проб регистрация ЭхоКГ-данных происходит в условиях дефицита времени для выведения необходимых позиций, нередко клипы записываются при значительной вариабельности ЧСС, особенно при стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на тредмиле.

Другим возможным ограничением при использовании технологии спекл-трекинг могут быть НРС, которые в нашем исследовании наблюдались в ходе пробы и исчезали в течение нескольких минут после ее прекращения. Число больных с НРС в первые 2 мин после прекращения нагрузки в момент регистрации ЭхоКГ-данных было невелико. С другой стороны, мы использовали постоянную запись ЭхоКГ-данных после прекращения нагрузки, что позволяло выбрать для анализа циклы без НРС.

Несмотря на указанные ограничения при выполнении стресс-ЭхоКГ и высокую частоту НРС на максимуме нагрузки, нам удалось оценить значения глобальной продольной систолической деформации в 91,1% случаев.

Поскольку большинство пациентов (80%) достигли субмаксимальной ЧСС, регистрация ЭхоКГ-данных после прекращения нагрузки выполнялась при достаточно высоких значениях ЧСС с довольно быстрым ее снижением. Это стало основным ограничением количественной оценки ПСД вследствие большого разброса между ЧСС в момент снятия первого клипа и последующих клипов, как в состоянии покоя, так и после выполнения нагрузки. В состоянии покоя это ограничение не позволило нам получить значения глобальной продольной систолической деформации у 4 (4,4%) пациентов, а после выполнения нагрузки — у 2 (2,2%) пациентов. Наше исследование показывает, что, несмотря на ограниченное количество времени для выведения позиций и быстрое снижение ЧСС после прекращения нагрузки, у большинства пациентов возможно определение значений глобальной продольной систолической деформации и оптимальное выведение всех трех необходимых позиций. Таким образом, стресс-эхокардиографию с физической нагрузкой на тредмиле наряду с фармакологическими препаратами можно использовать для расчета глобальной продольной систолической деформации. Также стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой имеет меньшее количество противопоказаний, чем стресс-ЭхоКГ с фармакологическими препаратами, и за счет более быстрого прироста ЧСС при нагрузке на тредмиле вызывает более выраженную ишемию миокарда [8, 12, 13].

При поиске информации об ограничениях метода в других клинических исследовани-

ях, в которых определялись значения глобальной продольной систолической деформации, мы не нашли данных об исключении пациентов в связи с невозможностью оценки значений глобальной продольной систолической деформации, что может свидетельствовать о том, что обычно таких пациентов исключают из выборки. Наше исследование проходило в клинических условиях, и в него включали всех пациентов.

Затрудненная визуализация сердца может ограничивать как оценку глобальной продольной систолической деформации в целом, так и значений локальной продольной систолической деформации. Это ограничение не позволило нам определить значения локальной продольной систолической деформации в различных сегментах у 3 пациентов (3,3%) в покое и у 12 пациентов (13,3%) после выполнения нагрузки. Общеизвестным ограничением методики оценки глобальной продольной систолической деформации является необходимость получения качественного изображения, что не всегда возможно в условиях стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на тредмиле [14].

#### Выводы

1. Расчет глобальной продольной систолической деформации левого желудочка во время стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на тредмиле возможен в 91,1% случаев.
2. Оценка локальной продольной систолической деформации во время стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на тредмиле возможна в 86,7% случаев.
3. Факторами, затрудняющими адекватный расчет ПСД, являются значительная вариабельность ЧСС во время исследования и сниженная акустическая доступность сердца.

#### Литература

1. Sicari R., Cortigiani L. *The clinical use of stress echocardiography in ischemic heart disease. Cardiovasc Ultrasound.* 2017; 15: 7. Published online 2017 Mar 21. doi: 10.1186/s12947-017-0099-2.
2. Skubas N.J. *Two-dimensional, non-Doppler strain imaging during anesthesia and cardiac surgery. Echocardiography.* 2009; 26: 345–353.

3. Duncan A.E. MD; Alfirevic A., Sessler D.I. MD et al. *Perioperative Assessment of Myocardial Deformation; Anesthesia & Analgesia: March 2014; 118 (3): 525–544 doi: 10.1213/ANE.0000000000000088.*

4. Bergquist B.D., Leung J.M., Bellows W.H. *Transesophageal echocardiography in myocardial revascularization: I. Accuracy of intraoperative real-time interpretation. Anesth Analg.* 1996; 82: 1132–1138.

5. Lyseggen E., Skulstad H., Helle-Valle T. et al. *Myocardial strain analysis in acute coronary occlusion: a tool to assess myocardial viability and reperfusion. Circulation.* 2005; 112: 3901–3910.

6. Biering-Sorensen T., Hoffmann S., Mogelvang R. et al. *Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2014; 7: 58–65.

7. Moonen M., Lancellotti P., Zacharakis D., Pierard L. *The Value of 2D Strain Imaging during Stress Testing. Echocardiography.* 2009; 26: 307–314. doi:10.1111/j.1540-8175.2008.00864.x.

8. Greenbaum R.A., Ho S.Y., Gibson D.G. *Left ventricular fibre architecture in man. Br. Heart. J.* 1981; 45: 248–263.

9. Erbsoll M., Valeur N., Mogensen U.M. et al. *Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61: 2365–2373.

10. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A., Haugaa K.H., Urheim S. *Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? Europ. Heart J.* 2016; 37(15): 1196–1207. doi:10.1093/eurheartj/ehv529.

11. Аронов Д.М., Лупанов В.П. *Функциональные пробы в кардиологии. М.: МЕДпресс, 2007г., 240 с. [Aronov D.M., Lupanov V.P. Functional tests in cardiology. M., MEDpress, 2007, 240 p. In Russian].*

12. Rallidis L. MDA, Cokkinos P. MDA, Tousoulis D. MD, PhD, FACCA, Nihoyannopoulos P. MD, FACC, FESCA. *Comparison of Dobutamine and Treadmill Exercise Echocardiography in Inducing Ischemia in Patients With Coronary Artery Disease. J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 30 (7): 1660–1668.

13. Bax J.J., Wijns W., Cornel J.H. *Accuracy of currently available techniques for prediction of functional recovery after revascularization in patients with left ventricular dysfunction due to chronic coronary artery disease: Comparison of pooled data. J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 30: 1451–1460.

14. Argyle R.A., Ray S.G., *Stress and strain: double trouble or useful tool? Europ. J. Echocardiogr.* 2009; 10 (6): 716–722, <https://doi.org/10.1093/ejehocard/jep066>.

Для корреспонденции / Corresponding author  
 Степанова Анна Игоревна/ Stepanova Anna  
 fr.anya.dz@gmail.com

Конфликт интересов отсутствует