

А. В. Молодан¹, Н. Ю. Мирошник², С. Г. Подлужный¹, В. А. Иващук³

¹ ГУ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины»

² Европейский Госпиталь им. Жоржа Помпиду (Париж, Франция)

³ Запорожский медицинский университет

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

Стремительное развитие ультразвуковых технологий значительно расширяет возможности исследования функции левого желудочка (ЛЖ). Обследовано 45 взрослых здоровых лиц, не предъявлявших жалоб со стороны сердца и других органов (средний возраст $33,7 \pm 7,3$ года; 23 мужчин и 22 женщины). Их АД, ЭКГ и параметры классической Допплер-эхокардиографии находились в пределах нормальных значений. Полученные данные подтверждают техническую возможность осуществления векторного анализа у пациентов, встречающихся в повседневной клинической практике (по уровню эхогенности). Овладение методикой оператором, владеющим стандартной Допплер-эхокардиографией, благодаря использованию совершенного программного обеспечения типа системы Myocardial Strain Imaging, не представляет затруднений. Обилие показателей, в автоматическом режиме, предлагаемом системой, открывает широкие возможности для ее применения в научно-исследовательской работе. Степень циркулярной деформации миокарда, а также ротации относительно оси ЛЖ, значительно выше на уровне его верхушки. Для широкого практического применения можно рекомендовать СРЕДНИЙ ПРОДОЛЬНЫЙ СТРЕЙН 4-КАМЕРНОГО СЕЧЕНИЯ, легко доступный исходя из апикального доступа. Его нормальные значения для лиц среднего возраста составляют, по данным нашего исследования $-16,4 \pm 4,0\%$.

Ключевые слова: левый желудочек, деформация, методология, векторный анализ.

Стремительное развитие ультразвуковых технологий значительно расширяет возможности исследования функции левого желудочка (ЛЖ). Ведь стандартный протокол обследования сердца дает возможность оценить лишь незначительную часть работы миокарда. А тканевая доплерография, поначалу подававшая большие надежды при оценке сегментарных нарушений сократимости, оказалась на практике ограниченной в связи с зависимостью от корректной установки угла при обследовании [1, 2, 3, 6, 7].

И вот появился так называемый векторный анализ, наиболее современная методика комплексного анализа функции миокарда – позволяющая избежать погрешностей, свойственных тканевому Допплеру. Не удивительно, что поначалу ее широкому практическому внедрению несколько препятствует недостаточное понимание предлагаемых ею новых показателей – а также отсутствие общепризнанных критериев нормы.

Целью работы было изучение показателей деформации левого желудочка у здоровых лиц.

Материал и методы

Обследовано 45 взрослых здоровых лиц, не предъявлявших жалоб со стороны сердца и других органов (средний возраст $33,7 \pm 7,3$ года; 23 мужчин и 22 женщины). Их АД, ЭКГ и параме-

тры классической Допплер-эхокардиографии находились в пределах нормальных значений.

Векторный анализ функции ЛЖ проводился на ультразвуковом сканнере «IMAGIC Agile» производства «Kontron Medical» (Франция). Исследование основано на анализе динамического серошкального изображения с применением технологии отслеживания акустических маркеров (speckle tracking) (патентованная система Myocardial Strain Imaging).

Её принцип состоит в том, что двухмерное изображение автоматически разделяется на маленькие сегменты (подобно мозаике), характеризующиеся уникальной комбинацией пикселей серой шкалы. Это позволяет отслеживать перемещение выбранных участков структур миокарда (которые нами далее в этой статье будут называться точками) на протяжении сердечного цикла [1, 3, 6, 9].

Система анализирует любые точки и сегменты миокарда, выбранные оператором (на уровне эндокарда, миокарда, эпикарда). Первичная информация представляется в виде векторов на фоне двухмерного эхокардиографического сечения (рис. 1). Направление вектора соответствует направлению перемещения соответствующей точки в определенный момент сердечного цикла, длина вектора отражает скорость этого перемещения [1].

Динамика каждой из точек в течение сердеч-

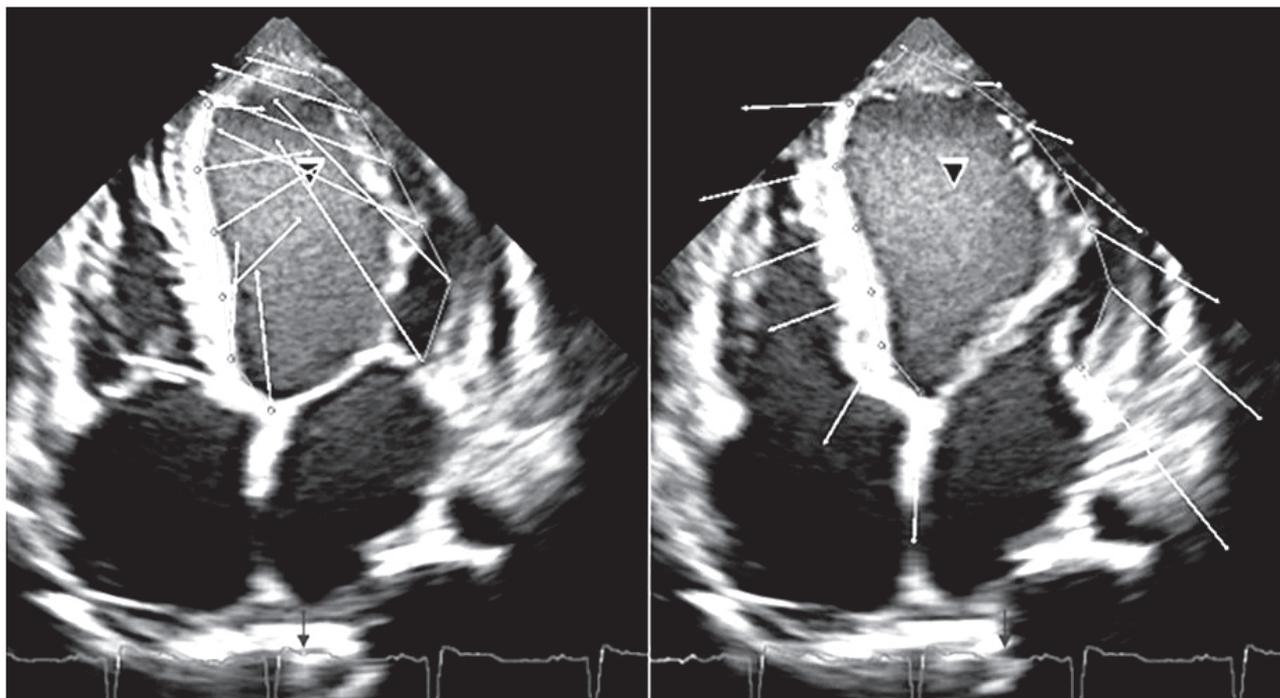


Рис. 1. Нормальная картина ориентации и амплитуды векторов перемещения эндокарда ЛЖ (4-камерное сечение из апикального доступа) в мезосистоле (слева) и в мезодиастоле (справа) [1]

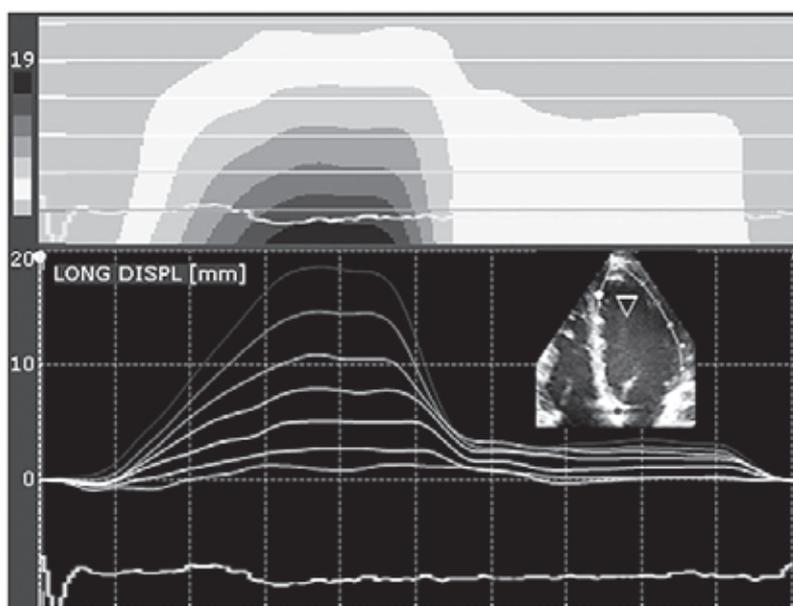


Рис. 2. Нормальный характер распределения циклического перемещения точек, расположенных на взаимно-одинаковом расстоянии вдоль эндокарда межжелудочковой перегородки, между кольцом митрального клапана и верхушкой ЛЖ (4-камерное сечение из апикального доступа) в мезосистоле (слева). Вверху – цветная шкала, внизу – кривые [1]

ного цикла может быть представлена в виде кривых и цветных шкал (рис. 2).

Среди многочисленных параметров, предлагаемых оператору [1, 4, 5, 7, 10], нами были выбраны:

- амплитуда смещения точки (международное наименование – displacement) (далее по тексту «смещение») (см);
- скорость смещения точки (velocity of displacement) (далее – «скорость смещения») (см/с);
- стрейн (strain) (%) – степень деформации

сегмента миокарда в теле-систоле (по сравнению с теледиастолой);

- стрейн рейт (strain rate) (c^{-1}) – скорость деформации сегмента миокарда в мезо-систоле;
- ротация базального и апикального отделов левого желудочка относительно его продольной оси в телесистоле, по сравнению с теледиастолой (rotational displacement) (далее – «ротация») ($^{\circ}$);
- твист – степень скручивания левого желудочка в теле-систоле, по сравнению с теледиасто-

Bussadori et al., что впрочем и неудивительно, учитывая новизну методики.

Dalen et al. [12] не выявили достоверных различий в значениях продольного сегментарного стрейна по мере продвижения от кольца митрального клапана к верхушке (табл. 2).

Циркулярный стрейн определяется исходя из поперечных сечений ЛЖ (4-камерное, 3-камерное и 2-камерное).

Подобно продольному стрейну, для практического применения выделяют три разновидности циркулярного стрейна, в зависимости от обширности анализируемой территории:

- сегментарный;
- средний для сечения (то есть средний для сегментов, представленных на срезе);
- глобальный (средние величины для 3 сечений - базального, среднего и апикального).

Нормальные значения циркулярного стрейна, полученные Bussadori et al. [11] (табл. 3) имеют тенденцию к возрастанию в направлении от кольца митрального клапана к верхушке ЛЖ.

Радиальный стрейн, определяемый на практике исходя из поперечных сечений, остается наименее исследованным.

Ротация базальных отделов и верхушки нормального левого желудочка (по отношению к его оси, проходящей через верхушку и центр кольца митрального клапана) во время его сокращения происходит во взаимно-противоположных направлениях. Если смотреть со стороны вер-

хушки, базальный отдел вращается по часовой стрелке, а верхушка – против. Ротацию принято измерять в градусах.

Скручивание («твист»), происходящее в результате такого разнонаправленного вращения, в норме, по данным литературы, составляет $8,4 \pm 3,7$ градуса на уровне эпикарда и $12,5 \pm 5,7$ градуса на уровне эндокарда (рис. 4) [13].

В нашем исследовании применение методики автоматизированного векторного анализа оказалось технически возможным (по качеству эхографического изображения) у всех включенных 45 лиц. В среднем, для регистрации необходимых для полного обследования 3 продольных и 3 поперечных сечений ЛЖ требовалось 8 минут. Определение всех 3 уровней продольного и циркулярного стрейна занимало в среднем 7 минут для каждого, подсчет твиста – 1,5 минуты. Радиальный стрейн в данном исследовании (пилотном в данном направлении) не измерялся.

Известно, что качество изображения не является одинаковым для 3 стандартных продольных эхографических сечений: наилучшая визуализация стенок ЛЖ достигается, как правило, в 4-камерном [1].

Именно им в случае гомогенной сократимости ЛЖ можно ограничиться (экстраполируя результат на общую систолическую функцию ЛЖ): что и было сделано в нашем исследовании.

Полученные нами результаты обследования здоровых взрослых лиц приведены в таблице 4.

Таблица 1

Показатели сегментарного стрейна ЛЖ у взрослых (4-камерное сечение из апикального доступа) по данным Bussadori et al.

Уровень ЛЖ	Межжелудочковая перегородка	Боковая стенка
Базальный	$-15,8 \pm 3,5\%$	$-17,9 \pm 5,2\%$
Средний	$-17,7 \pm 4,1\%$	$-18,9 \pm 4,9\%$
Верхушечный	$-24,0 \pm 4,8\%$	$-19,9 \pm 4,8\%$

Таблица 2

Показатели сегментарного стрейна ЛЖ у взрослых (усредненные значения 3 стандартных сечений) по данным Dalen et al.

Уровень ЛЖ	Средний стрейн
Базальный	$-16,2 \pm 4,3\%$
Средний	$-17,3 \pm 3,6\%$
Верхушечный	$-16,4 \pm 4,3\%$

Таблица 3

Показатели циркулярного стрейна ЛЖ у взрослых (усредненные значения 3 стандартных уровней) по данным Bussadori et al.

Уровень ЛЖ	Средний стрейн
Базальный	$-21 \pm 6\%$
Средний	$-22 \pm 5\%$
Верхушечный	$-27 \pm 6\%$

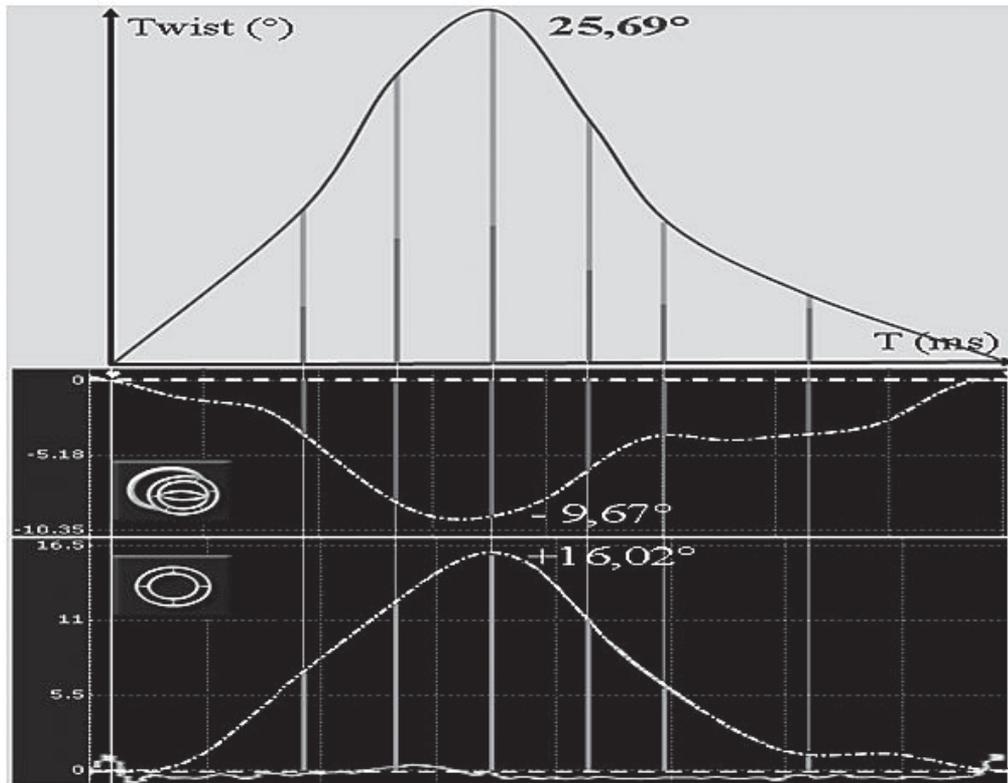


Рис. 4. Принцип определение твиста [1]. Пиковое вращательное смещение (в телесистолу) апикального сегмента ЛЖ – против часовой стрелки (кривая внизу) – составляет $16,02^\circ$, базального сегмента – по часовой стрелке (кривая посредине) – $9,67^\circ$. Сложение этих значений дает твист: $25,69^\circ$ (кривая сверху)

Таблица 4

Показатели продольного, циркулярного стрейнов и ротации в базальных отделах ЛЖ и на верхушке левого желудочка

Показатели	Значения
4-камерное сечение	
Продольный глобальный стрейн (%)	$-16,4 \pm 4,0$
Средний циркулярный стрейн на базальном уровне (%)	$-14,8 \pm 3,2$
Средний циркулярный стрейн на апикальном уровне (%)	$-27,5 \pm 6,0$
Ротация на базальном уровне ($^\circ$)	$-4,2 \pm 1,3$
Ротация на апикальном уровне ($^\circ$)	$7,5 \pm 1,2$
Твист ($^\circ$)	$9,4 \pm 5,7$

Выводы

Полученные данные подтверждают техническую возможность осуществления векторного анализа у пациентов, встречающихся в повседневной клинической практике (по уровню эхогенности):

1. Овладение методикой оператором, владеющим стандартной Допплер-эхокардиографией, благодаря использованию программного обеспечения типа системы Myocardial Strain Imaging, не представляет затруднений.

2. Обилие показателей, в автоматическом ре-

жиме, предлагаемом системой, открывает широкие возможности для ее применения в научно-исследовательской работе.

3. Степень циркулярной деформации миокарда, а также ротации относительно оси ЛЖ, значительно выше на уровне его верхушки.

4. Для широкого практического применения можно рекомендовать **СРЕДНИЙ ПРОДОЛЬНЫЙ СТРЕЙН 4-КАМЕРНОГО СЕЧЕНИЯ**, легко доступный исходя из апикального доступа. Его нормальные значения для лиц среднего возраста составляют, по данным нашего исследования, $-16,4 \pm 4,0\%$.

Список літератури

1. Мирошник М. Векторний аналіз в ехокардіографії: методологія, норма // Image Sante – Науково-практична бібліотека 2011; 91 с (замовляється за телефоном 0472 56 97 33 та через сайт www.santeintegrale.com.ua).
2. Хадзегова А. Б., Школьник Е. А., Копелева М. В., Ющук Е. Н., Лебедев Е. В., Васюк Ю. А. Ударно-волновая терапия – новое направление в лечении ишемической болезни сердца // Кардиология 2007; 11: 90–94.
3. Шиллер Н. Б., Осипов М. А. Клиническая эхокардиография. М: Практика, 2005. – 344 с.
4. Врублевский А. В., Бощенко А. А., Карпов Р. С. Неинвазивная ультразвуковая доплерография коронарных артерий: методические и диагностические аспекты // Визуализация в клинике 2001; 19: 50–60.
5. Новый подход к оценке систолической и диастолической функции левого желудочка у больных с ишемической болезнью сердца / В. А. Сандриков, Т. Ю. Кулагина, А. А. Варданян, А. В. Гаврилов, И. В. Архипов // Ультразвуковая и функциональная диагностика 2007; 1: 44–53.
6. Assessment of coronary flow reserve by adenosine transthoracic echocardiography: Validation with intracoronary Doppler / Hildick-Smith D.J.R., Maryan R., Shapiro L.M. // J Am Soc Echocardiogr 2002; 15: 984–990.
7. Transesophageal versus intracoronary Doppler measurement for calculation of coronary flow reserve / Zehetgruber M., Porenta G., Mundigler G. et al. // Cardiovasc Res 1997; 36: 21–27.
8. Lloyd-Jones D., Adams R. J., Brown T. M. Heart Disease and Stroke Statistics-2010 Update. A Report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Circulation, 121.
9. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? / Marwick TH. // J Am Coll Cardiol. 2006 Apr 7; 47 (7): 1313–27.
10. Currently available technology for echocardiographic assessment of left ventricular function. Olibet M, Sidiropulos M, Innelli P, D'Errico A, de Divitiis O. Galderisi M, Expert Rev Med Devices. 2006 Mar; 3 (2): 207–14.
11. Bussadori C et al. A new 2S-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in normal adult and pediatric population: assessment of reference values. Cardiovascular Ultrasound 2009, 7:8 doi: 10.1186/1476-7120-7-8.
12. Dalen H, Thorstensen A, Aase SA et al. Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the HUNT study in Norway. Eur J Echocardiogr. 2010 Mar; 11 (2): 176–83.
13. Gogginet C., Chenot F., Robert A. and al. Assessment of subendocardial vs. subpericardial left ventricular rotation and twist using twodimensional speckle tracking echocardiography: comparison with tagged cardiac magnetic resonance. European Heart Journal. 2009; 30, 608–617.

Стаття надійшла до редакції: 20.02.2013

О. В. Молодан¹, М. Ю. Мірошник², С. Г. Подлужний¹, В. А. Іващук³

¹ ДЗ «Запорізька медична академія післядипломної освіти»

² Європейський Госпіталь ім. Жоржа Помпіду (Париж, Франція)

³ Запорізький медичний університет

ВЕКТОРНИЙ АНАЛІЗ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА: МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ І ПОКАЗНИКИ ДЕФОРМАЦІЇ У ЗДОРОВИХ ОСІБ

Стрімкий розвиток ультразвукових технологій значно розширює можливості дослідження функції лівого шлуночка (ЛШ). Обстежено 45 дорослих здорових осіб, що не пред'являли скарг з боку серця та інших органів (середній вік 33,7±7,3 років; 23 чоловіки і 22 жінки). Їх АТ, ЕКГ та параметри класичної Допплер-ехокардіографії знаходилися в межах нормальних значень. Отримані дані підтверджують технічну можливість здійснення векторного аналізу у пацієнтів, що зустрічаються в повсякденній клінічній практиці (за рівнем ехогенності). Оволодіння методикою оператором, що володіє стандартною Допплер-ехокардіографією, завдяки використанню досконалого програмного забезпечення типу системи Myocardial Strain Imaging, не становить труднощів. Достаток показників, в автоматичному режимі запропонованому системою, відкриває широкі можливості для її застосування в науково-дослідній роботі. Ступінь циркулярної деформації міокарда, а також ротації щодо осі ЛШ, значно вище на рівні його верхівки. Для широкого практичного застосування можна рекомендувати СЕРЕДНІЙ ПОЗДОВЖНІЙ СТРЕЙН 4-КАМЕРНОГО ПЕРЕТИНУ, легко доступний виходячи з апікального доступу. Його нормальні значення для осіб середнього віку становлять, за даними нашого дослідження, $-16,4 \pm 4,0\%$.

Ключові слова: лівий шлуночок, деформація, методологія, векторний аналіз.

A. V. Molodan¹, M. U. Miroshnik², S. G. Podluzhny¹, V. A. Ivashchuk³

¹ *SI "Zaporizhzhya Medical Academy of Postgraduate Education MOH of Ukraine"*

² *European Hospital. Georges Pompidou (Paris, France)*

³ *Zaporizhzhya State Medical University*

VECTOR ANALYSIS OF THE LEFT VENTRICLE: METHODOLOGICAL FRAMEWORK AND DEFORMATION PARAMETERS IN HEALTHY INDIVIDUALS

The rapid development of ultrasound technology greatly enhances the research function of the left ventricle (LV). A total of 45 healthy adult individuals without complaints from the heart and other organs (mean age $33,7 \pm 7,3$ years, 23 men and 22 women). Their blood pressure, ECG parameters and classical Doppler echocardiography were within normal range. The results confirm the feasibility of the vector analysis in patients encountered in clinical practice (at the level of echogenicity). Mastery of technique by the operator owning the standard Doppler echocardiography, by using improved software system type Myocardial Strain Imaging, is not difficult. Abundance indices, the proposed system automatically opens wide possibilities for its use in scientific research. The degree of circular myocardial deformation and rotation about the axis of the left ventricle, is much higher at its apex. For wide practical application can be recommended

Median longitudinal .

Strain 4-chamber CROSSING, easy access on the basis of apical access. Its normal values for middle-aged people are, according to our research, $-16,4 \pm 4,0\%$.

Keywords: left ventricle, deformation, methodology, vector analysis.