

# ОСОБЕННОСТИ НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ПАЦИЕНТОВ С ИБС ПО ДАННЫМ ВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ И ТЕХНОЛОГИИ VELOCITY VECTOR IMAGING

УДК 616.124-007.61+616.12-005.4-073  
Поступила 11.03.2014 г.



**Е.Б. Петрова**, к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики ФПКВ<sup>1</sup>;  
**М.В. Федорова**, к.м.н., врач-кардиолог отделения хирургического лечения ишемической болезни сердца<sup>2</sup>;  
**Б.Е. Шахов**, д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики ФПКВ, ректор<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

<sup>2</sup>Специализированная кардиохирургическая клиническая больница, Н. Новгород, 603136, ул. Ванеева, 209

**Цель исследования** — оценить возможности диагностики функциональных показателей левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) с помощью традиционного визуализационного метода (эхоКГ) и технологии Velocity Vector Imaging (VVI).

**Материалы и методы.** Обследовано 52 пациента с ИБС. На основании визуальной оценки (эхоКГ) сегментарной сократимости ЛЖ все больные были разделены на две группы: без нарушения сократительной функции ЛЖ (n=26); с нарушением сегментарной сократимости (n=26).

При исследовании функции ЛЖ с помощью системы VVI оценивали продольные, радиальные и циркулярные волокна ЛЖ, анализировали показатели ротации (rotation).

**Результаты и обсуждение.** При использовании системы VVI у всех пациентов обнаружены нарушения систолической деформации и скорости деформации миокарда ЛЖ. Нарушение функции продольных и циркулярных волокон миокарда ЛЖ выявлено в обеих группах. Снижение показателей функции радиальных волокон зарегистрировано в группе пациентов с нарушением сегментарной сократимости.

Анализ ротационной функции был невозможен при визуальной оценке. Использование технологии VVI позволило выявить нарушение вращения базальных и апикальных отделов ЛЖ. Так, у пациентов обеих групп показатели вращения верхушки были снижены, а у 14 из них зарегистрировано нарушение направления вращения верхушки и основания ЛЖ.

**Заключение.** Использование системы VVI позволяет более детально изучить особенности функции ЛЖ у пациентов с ИБС и выявить изменение тех показателей, которые при визуальном контроле оценке не поддаются. Обнаружение нарушений деформационных и ротационных свойств миокарда ЛЖ особенно актуально в группе пациентов с равномерной сократимостью, что позволяет более четко определить тактику лечения у данной категории больных.

**Ключевые слова:** Velocity Vector Imaging; VVI; ишемическая болезнь сердца; нарушения функций левого желудочка.

## English

## Characteristics of Left Ventricular Impaired Functional Indices in Patients with CHD According to Visual Estimation and Velocity Vector Imaging

**E.B. Petrova**, PhD, Associate Professor, the Department of Radiodiagnosis, the Faculty of Doctors' Advanced Training<sup>1</sup>;  
**M.V. Fedorova**, PhD, Cardiologist, Coronary Heart Disease Surgery Department<sup>2</sup>;  
**B.E. Shakhov**, D.Med.Sc., Professor, Head of the Department of Radiodiagnosis, the Faculty of Doctors' Advanced Training, Rector<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy, Minin and Pozharsky Square, 10/1, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005;

<sup>2</sup>Specialized Cardiological Clinical Hospital, Vaneeva St., 209, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603136

**The aim of the investigation** was to estimate the diagnostic capabilities of left ventricular (LV) functional indices in patients with coronary heart disease (CHD) using conventional imaging techniques (echoCG) and VVI technology.

**Для контактов:** Петрова Екатерина Борисовна, e-mail: eshakhova@yandex.ru

**Materials and Methods.** 52 patients with CHD were examined. By visual estimation (echoCG) of LV segmental contractility all patients were divided into two groups: without LV contractile dysfunction (n=26); with segmental contractile dysfunction (n=26).

The investigation of LV function using VVI system included the study of longitudinal, radial and circular LV fibers, and the analysis of rotation indices.

**Results and Discussion.** VVI system helped to reveal in all patients systolic dysfunction and abnormal strain rate of LV myocardium. Patients of both groups were found to have dysfunction of longitudinal and circular fibers of LV myocardium. Decreased indices of radial fiber function were recorded in a group of patients with segmental contractility dysfunction.

Rotation function analysis was impossible in visual estimation. VVI application enabled to find disturbed rotation of basal and apical LV parts. So, the patients of both groups had decreased apical rotation indices, and 14 of them were recorded to have disturbed apical and basal rotational direction of LV.

**Conclusion.** The use of VVI system enables to study in more detail the characteristics of LV function in CHD patients and reveal the alteration of those indices which are not found in visual control. The detection of disturbed strain and rotational properties of LV myocardium is the most urgent problem in patients with regular contractility that makes it possible to define well the management of such patients.

**Key words:** Velocity Vector Imaging; VVI; coronary heart disease; left ventricular dysfunction.

Одной из основных причин развития ишемической болезни сердца (ИБС) является атеросклеротическое поражение коронарных артерий, обусловленное дисфункцией эндотелия, дислипидемией и нарушением реологических свойств крови [1–4].

Нарушение функционального состояния миокарда левого желудочка (ЛЖ) при ИБС преимущественно обусловлено наличием рубцовых изменений и степенью их выраженности, а также ишемическими и пост-ишемическими изменениями его сократимости, степенью поражения коронарных артерий, состоянием диастолической и систолической функций [5–7].

Стандартное эхокардиографическое (эхоКГ) исследование пациентов с ИБС, включающее в себя оценку систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ, достаточно объективно определяет функциональные возможности миокарда ЛЖ. Оценка систолической функции ЛЖ проводится в В-режиме с помощью модифицированного метода Симпсона. Оценка сократительной функции основана на анализе движения сегментов ЛЖ. Согласно рекомендациям Американской ассоциации эхокардиографистов (1989), ЛЖ делится на 16 сегментов: по 6 базальных и средних и 4 апикальных [8]. В разработанной в 2002 г. 17-сегментной модели ЛЖ выделяется дополнительный 17-й сегмент — собственно верхушка сердца [9]. Обе модели сегментарного деления ЛЖ используются в клинической практике. Согласно рекомендациям, 17-сегментную модель следует использовать при исследовании перфузии миокарда и при сравнении различных визуализирующих методов [9].

У ряда пациентов с ИБС и (или) перенесенным инфарктом миокарда при визуальной оценке (эхоКГ) зоны нарушения локальной сократимости в покое могут не выявляться. Однако существуют пациенты, у которых при визуальном контроле объем ишемизированного миокарда может быть завышен в связи с нарушением кинетики прилежащих сегментов за счет феномена подтягивания и за счет изменения условий нагрузки и оглушения миокарда [8, 9].

Более объективную оценку функции ЛЖ у пациентов с ИБС можно получить при использовании технологий тканевого доплеровского исследования, методи-

ки Speckle Tracking и методики Velocity Vector Imaging (VVI). Несмотря на то, что тканевая доплер-эхоКГ обладает высокой чувствительностью в выявлении движения сегментов с малыми скоростями, способствует ранней диагностике минимальных функциональных изменений ЛЖ, которые не удается выявить с помощью показателей, используемых в эхокардиографии, а также позволяет успешно исследовать регионарную функцию ЛЖ, точность результатов измерений при использовании данного метода ограничена зависимостью от угла сканирования и наличием артефактов и ревербераций [10, 11].

В отличие от тканевой доплерографии методика Speckle Tracking основана на определении скорости движения миокарда при помощи отслеживания перемещения так называемых пятнистых структур на стандартном эхокардиографическом изображении в В-режиме, что позволяет получить информацию о скорости, деформации и скорости деформации окружающих участков миокарда без ограничений, связанных с параллельностью движения объекта и ультразвукового луча. Эта методика лишена целого ряда ограничений и недостатков доплеровской визуализации тканей, менее трудоемка и более применима для использования в клинической практике [10, 12]. Полученные данные могут быть представлены в виде цветных диаграмм, напоминающих бычий глаз. По ним можно наглядно оценить деформационные свойства миокарда и вращения ЛЖ [10, 12, 13].

В отечественной и зарубежной литературе клиническому применению Speckle Tracking у пациентов с ИБС посвящено большое количество работ [12, 14–23].

Технология визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) основана не только на принципе отслеживания пятнистых структур (как и Speckle Tracking), но и на технологии согласования глобального движения с периодичностью сердечных циклов [24]. Методика позволяет проводить более сложный анализ, включающий в себя обводку эндокарда, выполненную на основе анализа Фурье, обеспечивающую более высокую точность измерения движения сердца для достоверной и количественной оценки глобальной и регионарной функции миокарда [25]. Это

дает возможность получить информацию о направлении и величине вектора скорости движения миокарда на протяжении всего сердечного цикла. Данная методика позволяет оценить скорость, деформацию, скорость деформации, систолическую и диастолическую функции желудочков сердца по длинной и короткой оси без учета угловых ограничений, а также провести анализ диссинхронии миокарда и проанализировать показатели вращения. Преимуществом методики является возможность оценки функциональных показателей ЛЖ или любой другой полости сердца в любой точке.

В отечественной и зарубежной литературе работ, посвященных клинической значимости методики VVI в диагностике ИБС, существенно меньше [10, 24–26].

**Цель исследования** — оценить возможности диагностики функциональных показателей левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца с помощью традиционного визуализационного метода (эхоКГ) и технологии VVI.

**Материалы и методы.** Обследовано 52 пациента с ИБС, проходивших лечение в Специализированной кардиологической клинической больнице Н. Новгорода, из них женщин — 4, мужчин — 48. Средний возраст обследуемых составил 52±6 лет (от 38 до 57 лет). 38 пациентов имели в анамнезе перенесенный инфаркт миокарда, у 14 человек были зарегистрированы только ишемические изменения.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено Этическим комитетом НижГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

Эхокардиографическое исследование выполнялось на ультразвуковом сканере Acuson X 300 (Siemens, Германия), датчиком 1–5 МГц в В-режиме, в режиме доплеровского исследования кровотока и режиме цветового доплеровского картирования. Анализ деформационных свойств миокарда ЛЖ проводился в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc., США).

При стандартном эхокардиографическом исследовании осуществляли анализ систолической функции ЛЖ согласно модифицированному методу Симпсона. Вычисляли объемы ЛЖ (конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический (КСО)), фракцию выброса ЛЖ (ФВ) и ударный объем (УО) в апикальной четырехкамерной и апикальной двухкамерной позициях. Для более объективного анализа ремоделирования ЛЖ рассчитывали индекс сферичности и индексы объемов ЛЖ. Оценку сегментарной сократимости в покое проводили, согласно рекомендациям Американской ассоциации эхокардиографистов, при делении ЛЖ на 16 сегментов. Рассчитывали индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС).

При исследовании функции ЛЖ с помощью системы VVI оценивали продольные, радиальные и циркулярные волокна ЛЖ. Проводили анализ продольной, радиальной, циркулярной деформации (strain) и скорости деформации (strain rate). В поперечных сечениях ЛЖ

на уровне базальных и апикальных отделов анализировали показатели ротации (rotation).

На основании визуальной оценки (эхоКГ) сегментарной сократимости ЛЖ все пациенты были разделены на две группы: 1-я группа (n=26) — пациенты без нарушения сократительной функции ЛЖ; 2-я группа (n=26) — пациенты с нарушением сегментарной сократимости. ИНЛС в 1-й группе равнялся 1. ИНЛС во 2-й группе составил в среднем 1,64±0,45 (от 1,12 до 2,5).

Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 6.0 с применением критериев Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** При анализе систолической функции ЛЖ выявлено статистически значимое различие между двумя группами при сравнении объемов ЛЖ, индексов объемов ЛЖ и показателей ФВ в 4- и 2-камерных позициях. При сравнении систолического и диастолического индексов сферичности (ИС) и показателя УО в группах статистически значимой разницы не установлено (табл. 1).

Во 2-й группе доминировали пациенты с перенесенным Q-инфарктом миокарда (23 человека). У 9 из них сформировалась постинфарктная аневризма ЛЖ. У 2 пациентов этой группы в анамнезе был перенесенный неQ-инфаркт, у 1-го на ЭКГ зарегистрированы только ишемические изменения. В 1-й группе у 13 пациентов по данным ЭКГ зарегистрированы только ишемические изменения, а среди оставшихся 13 человек Q-инфаркт был выявлен у 7, неQ-инфаркт — у 6 обследованных.

Всем пациентам было выполнено чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ). При анализе пораженных бассейнов коронарного русла (табл. 2) существенной разницы между ними в группах не обнаружено. Количество пациентов с поражением ствола левой ко-

Т а б л и ц а 1

**Эхокардиографические характеристики пациентов обеих групп**

Показатель	1-я группа (n=26)	2-я группа (n=26)	p
4-камерная позиция			
КДО ЛЖ, мл	106,00±26,12	143,84±61,56	0,005
Индекс КДО, мл/м <sup>2</sup>	53,58±11,30	71,51±30,07	0,006
КСО ЛЖ, мл	44,15±14,72	78,69±49,87	0,001
Индекс КСО, мл/м <sup>2</sup>	22,72±6,94	39,36±24,81	0,001
ФВ ЛЖ, %	57,65±7,50	48,00±11,38	0,0007
УО, мл	61,07±15,76	64,00±18,17	0,53
ИС диастолический	0,58±0,09	0,60±0,12	0,59
ИС систолический	0,44±0,09	0,49±0,13	0,10
2-камерная позиция			
КДО ЛЖ, мл	80,76±20,80	122,69±59,77	0,001
Индекс КДО, мл/м <sup>2</sup>	40,65±9,25	61,42±28,90	0,001
КСО ЛЖ, мл	32,34±11,28	66,61±42,84	0,0002
Индекс КСО, мл/м <sup>2</sup>	16,19±5,12	33,69±22,27	0,0002
ФВ ЛЖ, %	60,69±8,04	48,92±12,96	0,0002
УО, мл	49,92±13,49	55,76±22,00	0,25

Таблица 2

**Распределение пациентов по пораженным бассейнам коронарного русла по данным чрескожного коронарного вмешательства**

Бассейн коронарного русла	1-я группа (n=26)	2-я группа (n=26)
ПНА	4	5
ОА	0	0
ПКА	2	0
ПНА+ОА	1	2
ПНА+ПКА	4	5
ОА+ПКА	0	1
ПНА+ОА+ПКА	15	13

Здесь: ПНА — передняя нисходящая артерия, ОА — огибающая артерия, ПКА — правая коронарная артерия.

Таблица 3

**Анализ поражения коронарного русла у пациентов обеих групп**

Вид поражения	Количество поражений	
	1-я группа	2-я группа
Стеноз I степени	14	10
Стеноз II степени	26	21
Стеноз III степени	33	40
Окклюзия	21	23
Всего поражений	94	94

ронарной артерии (ЛКА) во 2-й группе было несколько больше (5 человек), чем в 1-й группе (3 человека).

Анализ поражения коронарного русла также не показал существенного различия между двумя группами (табл. 3).

В 2-й группе выявлено несколько больше стенозов III степени, тогда как количество окклюзий, стенозов I и II степени существенно не отличается. Таким образом, достоверных различий в объеме и характере поражения коронарного русла у пациентов обеих групп не выявлено.

Деформация (стрейн, strain, S) волокон миокарда представляет собой изменение их длины (смещение) во время сокращения и расслабления миокарда, выраженное в процентах. Другими словами, стрейн — это деформация объекта относительно его первоначальной длины [27]. Укорочение представляют отрицательными значениями, удлинение — положительными [13]. Следовательно, в фазу систолы укорочение продольных и циркулярных волокон выражается отрицательными значениями, удлинение радиальных волокон — положительными. Продольное сокращение отражает фактически насосную работу ЛЖ в продольной оси. В норме систолический стрейн миокардиального волокна составляет в среднем около 20%. Снижение этого показателя является маркером нарушения деформации. Таким образом, систолический стрейн, или деформация, отражает изменение толщины или длины сегмента стенки.

Скорость, с которой происходит это изменение, или так называемый градиент деформации, отражает пока-

затель стрейн рейт (strain rate), или скорость деформации (SR, с<sup>-1</sup>) [27, 28]. По данным авторов [13, 29, 30], скорость деформации представляет собой скорость взаимного смещения двух точек, находящихся на фиксированном расстоянии. Важно отметить, что графическое изображение стрейн рейта имеет систолическую и диастолическую составляющие. Так, в норме в систолу происходит укорочение продольных волокон миокарда (негативный стрейн рейт), в диастолу — удлинение (позитивный стрейн рейт) [31, 32]. Радиальная и циркулярная скорости деформации исследуются в коротких парастернальных срезах. Радиальный стрейн рейт — это скорость утолщения сегментов миокарда в систолу (позитивный стрейн рейт) и уменьшение толщины в диастолу (негативный стрейн рейт). Циркулярный стрейн рейт отражает укорочение волокон миокарда в систолу (негативный стрейн рейт) и удлинение в диастолу (позитивный стрейн рейт) [27].

В нашем исследовании (по данным VVI) у всех пациентов наблюдалось снижение показателей продольного и циркулярного систолического стрейна (табл. 4).

Таблица 4

**Средние показатели систолического стрейна (S) и стрейн рейта (SR) левого желудочка у пациентов обеих групп**

Показатель	1-я группа (n=26)	2-я группа (n=26)	p
Продольные показатели			
4-камерная позиция:			
S, %	-16,44±3,58	-11,93±4,00	0,0001
SR, с <sup>-1</sup>	-1,10±0,32	-0,78±0,26	0,0003
2-камерная позиция:			
S, %	-15,92±3,62	-11,58±4,67	0,0004
SR, с <sup>-1</sup>	-0,99±0,28	-0,81±0,34	0,05
5-камерная позиция:			
S, %	-16,12±3,98	-11,40±4,37	0,0001
SR, с <sup>-1</sup>	-1,13±0,33	-0,78±0,33	0,0005
Циркулярные показатели			
Базальные сегменты ЛЖ:			
S, %	-14,08±7,91	-12,17±4,40	0,29
SR, с <sup>-1</sup>	-0,76±1,60	-0,88±0,31	0,71
Средние сегменты ЛЖ:			
S, %	-14,33±6,07	-10,97±4,04	0,025
SR, с <sup>-1</sup>	-1,10±0,39	-0,90±0,37	0,060
Апикальные сегменты ЛЖ:			
S, %	-16,24±4,93	-5,87±23,89	0,035
SR, с <sup>-1</sup>	-1,02±0,69	-0,93±0,58	0,606
Радиальные показатели			
Базальные сегменты ЛЖ:			
S, %	+27,73±11,96	+22,49±8,92	0,08
SR, с <sup>-1</sup>	+1,46±0,54	+1,53±0,79	0,712
Средние сегменты ЛЖ:			
S, %	+26,13±10,26	+18,72±7,44	0,004
SR, с <sup>-1</sup>	+1,78±0,79	+1,46±0,49	0,098
Апикальные сегменты ЛЖ:			
S, %	+26,66±14,94	+16,64±16,06	0,026
SR, с <sup>-1</sup>	+1,85±0,74	+1,55±1,42	0,349

Показатели продольного систолического стрейна были статистически значимо ниже в группе пациентов с визуально выявленным нарушением сократимости. Статистически значимое снижение показателей циркулярного стрейна у пациентов 2-й группы обнаружено в средних и апикальных сегментах ЛЖ. Аналогично показателям деформации в обеих группах установлено снижение показателей продольной и циркулярной систолической скорости деформации. Существенное статистически значимое снижение продольного SR в 2-й группе получено в апикальных 4- и 2-камерных позициях. Различия в показателях продольного SR в апикальной 5-камерной позиции и циркулярного SR в поперечных позициях ЛЖ не выявлено.

Показатели радиальной деформации находились в пределах нормальных значений в 1-й группе. Статистически значимое их снижение отмечено во 2-й группе в средних и апикальных сегментах. Статистически значимых различий показателя SR в двух группах не установлено. Показатель скорости деформации радиальных волокон ЛЖ находился у всех пациентов в пределах нормальных значений. Такую разницу между показателями SR и показателем S радиальных волокон связываем с особенностями данных показателей. Так, стрейн отражает не более чем изменение толщины стенки (или сегмента), тогда как стрейн-рейт — скорость этого изменения, т.е. является скоростным градиентом деформации сегмента миокарда [27]. По мнению J. D'hooge и A. Heimdal с соавт. [33, 34], два объекта могут иметь одинаковую деформацию, но разную ее скорость.

Таким образом, при установленном различии в двух группах значений визуальной оценки сократительной функции ЛЖ использование технологии VVI показало снижение деформационных свойств миокарда ЛЖ как в группе с равномерной сократимостью (1-я группа), так и в группе с нарушением сегментарной сократимости (2-я группа). Причем в обеих группах выявлено нарушение функции продольных и циркулярных волокон миокарда ЛЖ. Снижение функции радиальных волокон отмечено в группе пациентов с визуально нарушенной сократимостью (2-я группа). Снижение показателей деформации всех волокон миокарда ЛЖ зависит, на наш взгляд, от тяжести перенесенного инфаркта миокарда. Действительно, во 2-й группе большинство пациентов (23 человека) имели в анамнезе Q-инфаркт. Наши предположения находят подтверждение в литературе. В работе [12] показано, что при трансмуральном инфаркте миокарда снижаются показатели продольного, радиального и циркулярного стрейнов.

Наряду с показателями деформации и скорости деформации отдельных сегментов миокарда технология VVI позволяет оценить механику ЛЖ и всего сердца. В норме ЛЖ совершает вращательные движения, которые приводят к уменьшению продольной и радиальной длины полости ЛЖ. По мнению авторов [23, 35–37], именно спиральная ориентация миофибрилл ЛЖ является структурной основой его вращательного движения, при котором верхушка сердца идет против часовой стрелки, а основание — по часовой. При анализе

графических характеристик вращения положительные значения имеет направление вращения ЛЖ против часовой стрелки, отрицательные — по часовой стрелке, если смотреть со стороны верхушки.

При анализе показателей ротации в базальных и апикальных отделах у пациентов обеих групп не обнаружено статистически значимой разницы (табл. 5).

В обеих группах показатели апикальной ротации были снижены. При детальном анализе у 14 пациентов отмечены нарушения механики вращения. Причем у 7 из них вращение верхушки осуществлялось по часовой стрелке (отрицательные значения), а у 7 — вращение основания против часовой стрелки (положительные значения).

По имеющимся в литературе данным, показатели ротации в верхушечных сегментах выше, чем в базальных сегментах ЛЖ. Так, в исследовании Sh. Carasso с соавт. [38] базальная эндокардиальная ротация была направлена по часовой стрелке и средний показатель ротации составил  $-3,4 \pm 2,0^\circ$ , тогда как показатель апикальной ротации был направлен против часовой стрелки и соответствовал  $7,1 \pm 3,3^\circ$ . Отсутствие разницы между показателями базальной и апикальной ротации описывает в своей работе и Е.Н. Павлюкова с соавт. [23] при анализе пациентов с ИБС и ФВ ЛЖ более 45%.

По экспериментальным данным S.T. Toumanidis с соавт. [22], апикальная ротация  $2,92^\circ$  является ранним маркером систолической дисфункции ЛЖ при остром переднем инфаркте миокарда с чувствительностью 80% и специфичностью 71%, а также может быть предиктором ФВ менее 40%.

В нашем исследовании пациенты обеих групп имели выраженное поражение коронарного русла и по данным VVI — снижение показателей систолической деформации и скорости деформации. Этим, на наш взгляд, и объясняется снижение показателей апикальной ротации ЛЖ. Нарушение механики вращения выявлено как в 1-й группе (7 человек), так и во 2-й группе (7 человек). Анализ показал, что это преимущественно пациенты с трехсосудистым поражением коронарного русла. При сравнении показателей деформации было обнаружено нарушение направления движения радиальных и циркулярных волокон преимущественно в бассейне передней нисходящей артерии.

О ротации верхушки против часовой стрелки (положительные значения) упоминают с своей работе Е.Н. Павлюкова [23], S.D. Solomon с соавт. [39], W. Han с соавт. [40], анализируя пациентов с острой фазой переднего инфаркта миокарда с ФВ менее 40%. В нашем

Т а б л и ц а 5

**Показатели ротации у пациентов обеих групп в базальных и апикальных отделах левого желудочка**

Ротация, град.	1-я группа (n=26)	2-я группа (n=26)	p
Базальные сегменты	$-3,66 \pm 3,29$	$-2,85 \pm 3,36$	0,38
Апикальные сегменты	$+3,55 \pm 4,29$	$+2,95 \pm 3,30$	0,58

случае у пациентов с ротацией верхушки против часовой стрелки ( $n=7$ ) выявлены низкие показатели радиального стрейна в базальных отделах, а у двух из них отмечена постинфарктная аневризма ЛЖ. Среди пациентов с ротацией основания против часовой стрелки (положительные значения) ( $n=7$ ) установлены положительные значения циркулярного стрейна в ряде базальных сегментов ЛЖ.

Таким образом, при визуальной оценке сократительной функции ЛЖ у пациентов с ИБС выделены 2 группы: с равномерной сократимостью и с нарушением сегментарной сократимости.

При использовании системы VVI у всех пациентов обнаружены нарушения систолической деформации и скорости деформации миокарда ЛЖ. Нарушение функции продольных и циркулярных волокон миокарда ЛЖ выявлено в обеих группах. Снижение показателей функции радиальных волокон зарегистрировано в группе пациентов с нарушением сегментарной сократимости.

Анализ ротационной функции невозможен при визуальной оценке. Использование технологии VVI позволяет выявить нарушение вращения базальных и апикальных отделов ЛЖ. Так, у пациентов обеих групп показатели вращения верхушки были снижены, а у 14 из них зарегистрировано нарушение направления вращения верхушки и основания ЛЖ.

**Заключение.** Использование системы VVI позволяет более детально изучить особенности функции левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца и выявить изменение тех показателей, которые при визуальном контроле оценке не поддаются. Обнаружение нарушений деформационных и ротационных свойств миокарда левого желудочка особенно актуально в группе пациентов с равномерной сократимостью, что позволяет более четко определить тактику лечения у данной категории больных.

**Финансирование исследования.** Исследование выполнено на личные средства авторов.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература

1. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Эпидемию сердечно-сосудистых заболеваний можно остановить усилием профилактики. Профилактическая медицина 2009; 12(6): 3–7.
2. Оганов Р.Г. Кардиоваскулярная профилактика. Национальные рекомендации. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2011; Прил. 2; 10(6).
3. Quinon J. Relation between extent of dysfunctional yet viable myocardium and improvement in function after revascularization. J Cardiovasc Surg 1998; 48: 124–128.
4. Седов В.М., Мирчук К.К., Седлицкий Ю.И. и др. Дислипидопропротеидемия и прогноз течения ишемической болезни сердца после коронарного шунтирования. Вестник хирургии 2001; 4: 13–17.
5. Бокерия Л.А., Работников В.С., Бузиашвили Ю.И., Чиналиев С.К., Асымбекова Э.У., Мацкеллишвили С.Т. Ишемическая болезнь сердца у больных с низкой сократительной способностью миокарда левого желудочка

(диагностика, тактика лечения). М: Изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2001.

6. Liebermann A.N., Weiss J.L., Jugdutt B.I., et al. Relationship of regional wall motion and thickening to the extent of myocardial infarction in the dog. Circulation 1981; 63: 739–746.

7. Meza M.F., Kates M.A., Barbee R.W., et al. Combination of dobutamine and myocardial contrast echocardiography to differentiate postischemic from infarcted myocardium. J Am Coll Cardiol 1997; 29(5): 274–984, [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00016-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00016-8).

8. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am Soc Echocardiography 2005; 18(12): 1440–1463, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2005.10.005>.

9. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца. Под ред. Ю.А. Васюка. Российский кардиологический журнал 2012; 3(95): 1–28.

10. Васюк Ю.А. Функциональная диагностика в кардиологии: клиническая интерпретация. М: Практическая медицина; 2009; 312 с.

11. Никитин Н.П., Клиланд Д.Д. Применение тканевой миокардиальной доплер-эхокардиографии в кардиологии. Кардиология 2002; 3: 66–79.

12. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М: Видар-М; 2012.

13. Резник Е.В., Гендлин Г.Е., Сторожаков Г.И. Эхокардиография в практике кардиолога. М: Практика; 2013; 212 с.

14. Chan J., Hanekom L., Wong C., et al. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function. J Am Coll Cardiol 2006; 48(10): 2026–2033, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2006.07.050>.

15. Takeuchi M., Borden W.B., Nakai H., et al. Reduced and delayed untwisting of the left ventricle in patients with hypertension and left ventricular hypertrophy: a study using two-dimensional speckle tracking imaging. Eur Heart J 2007; 28(22): 2756–2762, <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehm440>.

16. Gjesdal O., Hopp E., Vartdal T., et al. Global longitudinal strain measured by two-dimension speckle tracking echocardiography is closely related to myocardial infarct size in chronic ischaemic heart disease. Clin Sci (Lond) 2007; 113(6): 287–296, <http://dx.doi.org/10.1042/CS20070066>.

17. Roes S.D., Mollema S.A., Lamb H.J., et al. Validation of echocardiographic two-dimension speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. Am J Cardiol 2009; 104(3): 312–317, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.03.040>.

18. Becker M., Hoffmann R., Kuhl H.P., et al. Analysis of myocardial deformation based on ultrasonic pixel tracking to determine transmural infarction in chronic myocardial infarction. Eur Heart J 2006; 27(21): 2560–2566, <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehl288>.

19. Choi J.O., Cho S.W., Song Y.B., et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three ves-

sel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10(5): 695–701, <http://dx.doi.org/10.1093/ejehocardiogr/jep041>.

20. Park Y.H., Kang S.J., Song J.K., et al. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior-wall acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21(3): 262–267, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2007.08.026>.

21. Abate E., Georgette E., Hoogslag M. Value of three-dimension speckle tracking longitudinal strain for predicting improvement of left ventricular function after acute myocardial infarction. *J Am Cardiol* 2012; 110(7): 961–967, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.05.023>.

22. Toumanidis S.T., Kaladaridou A., Bramos D., et al. Apical rotation as an early indicator of left ventricular systolic dysfunction in acute anterior myocardial infarction: experimental study. *Hellenic J Cardiol* 2013; 54(4): 264–272.

23. Павлюкова Е.Н., Карпов Р.С. Деформация, ротация и поворот оси левого желудочка у больных ишемической болезнью сердца с тяжелой левожелудочковой дисфункцией. *Терапевтический архив* 2012; 9: 11–16.

24. Jurcut R., Pappas C.J., Masci P.G., et al. Detection of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction using velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21(8): 879–886, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2008.02.002>.

25. Kim H.-D., Kim H.-K., Kim M.-K., et al. Velocity vector imaging in the measurement of left ventricular twist mechanics: head-to-head one way comparison between speckle tracking echocardiography and velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22(12): 1344–1352, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2009.09.002>.

26. Blutz T., Lang C.N., van Bracht M., et al. Segment-orientated analysis of two-dimensional strain and strain rate as assessed by velocity vector imaging in patients with acute myocardial infarction. *Int J Med Sci* 2011; 8(2): 106–113, <http://dx.doi.org/10.7150/ijms.8.106>.

27. Ткаченко С.Б., Берестень Н.Ф. Тканевое доплеровское исследование миокарда. М: Реал Тайм; 2006; 176 с.

28. Urheim S., Edvardsen T., Torp H., et al. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000; 102(10): 1158–1164, <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.102.10.1158>.

29. Connolly H.M., Oh J.K. Echocardiography. In: Libby P., Bonow R.O., Mann D.L., Zipes D.P. (eds.). *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. Chapter 14; Saunders; 2008; p. 227–314.

30. Васюк Ю.А., Алехин М.Н., Хадзегова А.Б. и др. Тканевая доплер-эхокардиография и векторный анализ скорости движения миокарда в оценке функционального состояния сердца. М: Анахарсис; 2007.

31. Алехин М.Н. Тканевой доплер в клинической эхокардиографии. М; 2005; 112 с.

32. Pislaru C., Abraham T.P., Belohalavek M. Strain and strain rate echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 2002; 17(5): 443–454.

33. D'hooge J., Heimdal A., Jamal F., et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000; 1(3): 154–170, <http://dx.doi.org/10.1053/euje.2000.0031>.

34. Heimdal A., D'hooge J., Bijnens B., et al. In vitro validation of in-plane strain rate imaging. A new ultrasound

technique for evaluating regional myocardial deformation based on tissue Doppler imaging. *Echocardiography* 1998; 15(8-II): 40.

35. Henson R.E., Song S.K., Pastorek J.S., et al. Left ventricular torsion is equal in mice and humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 278(4): H1117–H1123.

36. Opdahl A., Helle-Valle T., Remme E.W., et al. Apical rotation by speckle tracking echocardiography: a simplified bedside index of left ventricular twist. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 1121–1128, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2008.06.012>.

37. Torrent-Guasp F., Buckberg G.D., Clemente C., et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart. *Semin Thor Cardiovasc Surg* 2001; 13(4): 301–319.

38. Carasso Sh., Biaggi P., et al. Velocity vector imaging: standart tissue — tracking results acquired in normals — the VVI-STRAIN study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25(5): 543–552, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.005>.

39. Solomon S.D., Anavekar N., Skali H., et al. Influence of ejection fraction on cardiovascular outcomes in a broad spectrum of heart failure patients. *Circulation* 2005; 112(24): 3738–3744, <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.561423>.

40. Han W., Xei M.X., Wang X.F., et al. Assessment of left ventricular torsion in patients with anterior wall myocardial infarction and after revascularization using speckle tracking imaging. *Chin Med J (Engl)* 2008; 212(16): 1543–1548.

## References

1. Oganov R.G., Maslennikova G.Ya. Cardiovascular epidemic can be contained by prevention effort. *Profilakticheskaya meditsina* 2009; 12(6): 3–7.

2. Oganov R.G. Cardiovascular prevention. National recommendations. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* 2011; Suppl. 2; 10(6).

3. Quinon J. Relation between extent of dysfunctional yet viable myocardium and improvement in function after revascularization. *J Cardiovasc Surg* 1998; 48: 124–128.

4. Sedov V.M., Mirchuk K.K., Sedlitskiy Yu.I., et al. Dyslipidoproteidemia and prognosis of coronary heart disease after bypass surgery. *Vestnik hirurgii* 2001; 4: 13–17.

5. Bokeriya L.A., Rabortnikov V.S., Buziashvili Yu.I., Chinaliev S.K., Asymbekova E.U., Matskellishvili S.T. *Ishemicheskaya bolezn' serdtsa u bol'nykh s nizkoy sokratitel'noy sposobnost'yu miokarda levogo zheludochka (diagnostika, taktika lecheniya)* [Coronary heart disease in patients with low left ventricular myocardial contractility (diagnostics, management)]. Moscow: Izd-vo NTSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN; 2001.

6. Liebermann A.N., Weiss J.L., Jugdutt B.I., et al. Relationship of regional wall motion and thickening to the extent of myocardial infarction in the dog. *Circulation* 1981; 63: 739–746.

7. Meza M.F., Kates M.A., Barbee R.W., et al. Combination of dobutamine and myocardial contrast echocardiography to differentiate postischemic from infarcted myocardium. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29(5): 274–284, [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00016-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00016-8).

8. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and

Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiography* 2005; 18(12): 1440–1463, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2005.10.005>.

9. Guidelines for quantitative assessment of heart chamber structure and function. Yu.A. Vasyuk (editor). *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* 2012; 3(95): 1–28.

10. Vasyuk Yu.A. *Funktsional'naya diagnostika v kardiologii: klinicheskaya interpretatsiya* [Functional diagnostics in cardiology: clinical interpretation]. Moscow: Prakticheskaya meditsina; 2009; 312 p.

11. Nikitin N.P., Kliland D.D. Application of tissue myocardial Doppler echocardiography in cardiology. *Kardiologia* 2002; 3: 66–79.

12. Alekhin M.N. *Ul'trazvukovye metody otsenki deformatsii miokarda i ikh klinicheskoe znachenie* [Ultrasound estimation techniques and their clinical significance]. Moscow: Vidar-M; 2012.

13. Reznik E.V., Gendlin G.E., Storozhakov G.I. *Ekhokardiografiya v praktike kardiologa* [Echocardiography in cardiologist's practice]. Moscow: Praktika; 2013; 212 p.

14. Chan J., Hanekom L., Wong C., et al. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48(10): 2026–2033, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2006.07.050>.

15. Takeuchi M., Borden W.B., Nakai H., et al. Reduced and delayed untwisting of the left ventricle in patients with hypertension and left ventricular hypertrophy: a study using two-dimensional speckle tracking imaging. *Eur Heart J* 2007; 28(22): 2756–2762, <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehm440>.

16. Gjesdal O., Hopp E., Vartdal T., et al. Global longitudinal strain measured by two-dimension speckle tracking echocardiography is closely related to myocardial infarct size in chronic ischaemic heart disease. *Clin Sci (Lond)* 2007; 113(6): 287–296, <http://dx.doi.org/10.1042/CS20070066>.

17. Roes S.D., Mollema S.A., Lamb H.J., et al. Validation of echocardiographic two-dimension speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 2009; 104(3): 312–317, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.03.040>.

18. Becker M., Hoffmann R., Kuhl H.P., et al. Analysis of myocardial deformation based on ultrasonic pixel tracking to determine transmural in chronic myocardial infarction. *Eur Heart J* 2006; 27(21): 2560–2566, <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehl288>.

19. Choi J.O., Cho S.W., Song Y.B., et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10(5): 695–701, <http://dx.doi.org/10.1093/ejehocard/jep041>.

20. Park Y.H., Kang S.J., Song J.K., et al. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior-wall acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21(3): 262–267, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2007.08.026>.

21. Abate E., Georgette E., Hoogslag M. Value of three-dimension speckle tracking longitudinal strain for predicting improvement of left ventricular function after acute myocardial

infarction. *J Am Cardiol* 2012; 110(7): 961–967, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.05.023>.

22. Tomanidis S.T., Kaladaridou A., Bramos D., et al. Apical rotation as an early indicator of left ventricular systolic dysfunction in acute anterior myocardial infarction: experimental study. *Hellenic J Cardiol* 2013; 54(4): 264–272.

23. Pavlyukova E.N., Karpov R.S. Left ventricular deformity, rotation and axis rotation in coronary heart disease patients with severe left ventricular dysfunction. *Terapevticheskiy arhiv* 2012; 9: 11–16.

24. Jurcut R., Pappas C.J., Masci P.G., et al. Detection of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction using velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21(8): 879–886, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2008.02.002>.

25. Kim H.-D., Kim H.-K., Kim M.-K., et al. Velocity vector imaging in the measurement of left ventricular twist mechanics: head-to-head one way comparison between speckle tracking echocardiography and velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22(12): 1344–1352, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2009.09.002>.

26. Blutz T., Lang C.N., van Bracht M., et al. Segment-orientated analysis of two-dimensional strain and strain rate as assessed by velocity vector imaging in patients with acute myocardial infarction. *Int J Med Sci* 2011; 8(2):106–113, <http://dx.doi.org/10.7150/ijms.8.106>.

27. Tkachenko S.B., Beresten' N.F. *Tkanevoe doplerovskoe issledovanie miokarda* [Tissue Doppler myocardial imaging]. Moscow: Real Taym; 2006; 176 p.

28. Urheim S., Edvardsen T., Torp H., et al. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000; 102(10): 1158–1164, <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.102.10.1158>.

29. Connolly H.M., Oh J.K. Echocardiography. In: Libby P., Bonow R.O., Mann D.L., Zipes D.P. (eds.). *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. Chapter 14; Saunders; 2008; p. 227–314.

30. Vasyuk Yu.A., Alekhin M.N., Khadzegova A.B., et al. *Tkanevaya doppler-ekhhokardiografiya i vektorny analiz skorosti dvizheniya miokarda v otsenke funktsional'nogo sostoyaniya serdtsa* [Tissue Doppler echocardiography and vector analysis of myocardial movement rate in heart functional state assessment]. Moscow: Anakharsis; 2007.

31. Alekhin M.N. *Tkanevoy doppler v klinicheskoy ekhhokardiografii* [Tissue Doppler in clinical echocardiography]. Moscow: 2005; 112 p.

32. Pislaru C., Abraham T.P., Belohalavek M. Strain and strain rate echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 2002; 17(5): 443–454.

33. D'hooge J., Heimdal A., Jamal F., et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000; 1(3): 154–170, <http://dx.doi.org/10.1053/euje.2000.0031>.

34. Heimdal A., D'hooge J., Bijmens B., et al. In vitro validation of in-plane strain rate imaging. A new ultrasound technique for evaluating regional myocardial deformation based on tissue Doppler imaging. *Echocardiography* 1998; 15(8-II): 40.

35. Henson R.E., Song S.K., Pastorek J.S., et al. Left ventricular torsion is equal in mice and humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 278(4): H1117–H1123.

36. Opdahl A., Helle-Valle T., Remme E.W., et al.



Apical rotation by speckle tracking echocardiography: a simplified bedside index of left ventricular twist. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 1121–1128, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2008.06.012>.

**37.** Torrent-Guasp F., Buckberg G.D., Clemente C., et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart. *Semin Thor Cardiovasc Surg* 2001; 13(4): 301–319.

**38.** Carasso Sh., Biaggi P., et al. Velocity vector imaging: standard tissue — tracking results acquired in normals — the

VVI-STRAIN study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25(5): 543–552, <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.005>.

**39.** Solomon S.D., Anavekar N., Skali H., et al. Influence of ejection fraction on cardiovascular outcomes in a broad spectrum of heart failure patients. *Circulation* 2005; 112(24): 3738–3744, <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.561423>.

**40.** Han W., Xei M.X., Wang X.F., et al. Assessment of left ventricular torsion in patients with anterior wall myocardial infarction and after revascularization using speckle tracking imaging. *Chin Med J (Engl)* 2008; 212(16): 1543–1548.