

# Функция миокарда левого желудочка до и после шунтирования коронарных артерий при использовании технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging)

Петрова Е.Б.

ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

## The Function of the Myocardium of the Left Ventricle Before and after Coronary Artery Bypass using Velocity Vector Imaging

Petrova E.B.

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia

**Цель исследования:** оценка функциональных показателей левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) с помощью технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) до и в ранние сроки после хирургической реваскуляризации.

**Материал и методы.** Проведен анализ деформации (S) и скорости деформации (SR) продольных, циркулярных и радиальных волокон в 216 сегментах ЛЖ до и на 12-е сутки после оперативного лечения.

**Результаты.** Влияние ИБС на сегменты ЛЖ выражается не только в сочетанном снижении или компенсаторном увеличении S и SR, но и разнообразными вариантами, связанными с изменением преимущественно показателя деформации или скорости деформации. Наряду с этим отмечается изменение направления движения волокон миокарда ЛЖ. После реваскуляризации нормализация деформационных свойств продольных и радиальных волокон произошла в 51 (24%) и 139 (64%) сегментах соответственно. Существенного улучшения функции циркулярных волокон в ранние сроки не зарегистрировано. Низкие показатели S и SR продольных, радиальных и циркулярных волокон зарегистрированы в 55 (25%), 15 (7%) и 167 (77%) сегментах ЛЖ.

**Выводы.** Все сегменты с изменением направления движения после реваскуляризации восстановили свою функцию, однако показатели деформации остались низкими.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, Velocity Vector Imaging, функция левого желудочка, деформация, скорость деформации.

\*\*\*

**The aim:** to assess functional parameters of the left ventricle (LV) in patients with coronary heart disease (CHD) using Velocity Vector Imaging before and early after surgical revascularisation.

**Materials and methods.** The analysis of the strain (S) and strain rate (SR) of longitudinal, circular and radial fibers in 216 segments of the left ventricle before and on the 12th day after surgery.

**Results.** The impact of CHD on the LV segments is expressed not only in the reduction or compensatory increase S and SR, but also a variety of options associated with the change mainly the strain or strain rate. Along with this marked change in the direction of motion of the LV myocardial fibers. After revascularization, the normalization of the deformation properties of the longitudinal and radial fibers occurred in 51 (24%) and 139 (64%) segments, respectively. Significant improvement in the function of circular fibers in the early stages is not registered. Low indices S and SR longitudinal, radial and circular fibers registered in 55 (25%), 15 (7%) and 167 (77%) LV segments.

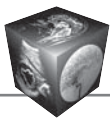
**Conclusion.** All segments with a change of direction of motion after revascularization regained its function, however, the deformation indicators remained low.

**Key words:** coronary heart disease, Velocity Vector Imaging, left ventricular function, strain, strain rate.

\*\*\*

### Введение

Эхокардиографическое (ЭхоКГ) исследование пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) является важным диагностическим методом, по-



звляющим проводить динамическое наблюдение за пациентом до и после реваскуляризации миокарда. Основными показателями в плане эффективности оперативного лечения являются систолическая, диастолическая и сократительная функции миокарда левого желудочка (ЛЖ). Следует отметить, что стандартное ЭхоКГ-исследование позволяет достаточно точно оценить объемы и фракцию выброса ЛЖ, вычислить соотношение пика раннего и позднего диастолического наполнения ЛЖ. Сократительная функция ЛЖ – более сложный процесс, связанный с взаимодействием продольных, радиальных и циркулярных волокон. Известно, что во время систолы происходит укорочение продольных и циркулярных волокон, а также поперечное утолщение радиальных волокон [1]. Объективная оценка функции волокон при визуальном контроле затруднена. Детальный анализ сократимости миокарда ЛЖ можно получить при использовании технологии Velocity Vector Imaging (VVI) [2–4]. В отечественной литературе данная технология определяется не буквальным переводом, а термином “визуализация вектора скорости движения миокарда” [5]. Показателями, отражающими функцию волокон ЛЖ, являются деформация (strain, S) и скорость деформации (strain rate, SR) [2]. Так, согласно данным литературы, при ИБС в первую очередь изменяются деформационные показатели продольных волокон, так как кровоснабжение субэндокардиальных слоев страдает в большей степени [6]. При трансмуральном поражении нарушается функция продольных, радиальных и циркулярных волокон. Следует отметить, что показатели деформации могут иметь прогностическое значение. Так, величина продольного S менее 10,2% позволяет предсказать нежизнеспособный миокард после реваскуляризации, а показатели радиальной деформации более 17,2% свидетельствуют о возможности восстановления функции ЛЖ после реваскуляризации [1].

В отечественной и зарубежной литературе нет работ, посвященных динамике деформации и скорости деформации после хирургической реваскуляризации миокарда при использовании технологии Velocity Vector Imaging.

---

**Для корреспонденции:** Петрова Екатерина Борисовна – 603950 Нижний Новгород, пл. Минина, 10/1, Нижегородская государственная медицинская академия. 8(831) 433-75-78. E-mail: eshakhova@yandex.ru

**Петрова Екатерина Борисовна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФПКВ Нижегородской государственной медицинской академии МЗ РФ.

**Contact:** Petrova Ekaterina Borisovna – Minin sq., 10–1, 603950, Nizhny Novgorod, Russia, Nizhny Novgorod State Medical Academy. Phone:58-831-433-75-78. E-mail: eshakhova@yandex.ru

**Petrova Ekaterina Borisovna** – cand. of med. sci., associate professor, the Radiology Department of the Faculty of Doctors Advanced Training of Nizhny Novgorod State Medical Academy.

## Цель исследования

Оценить показатели деформации и скорости деформации продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации.

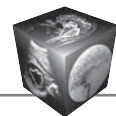
## Материал и методы

Проведен анализ 216 сегментов ЛЖ у 12 человек с ИБС до и на 12-е сутки после операции коронарного шунтирования. Средний возраст обследуемых составил  $57 \pm 8$  лет. Женщин – 4 (34%), мужчин – 8 (66%). Перенесенный инфаркт миокарда (ИМ) имели в анамнезе 9 (75%) человек, у 3 (25%) обследованных зарегистрированы только ишемические изменения.

По данным чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) однососудистое поражение (передняя нисходящая артерия (ПНА)) выявлено у 1 пациента, двухсосудистое – у 3 (ПНА и правая коронарная артерия ((ПКА), ПНА и огибающая артерия (ОА)), трехсосудистое поражение (ПНА+ОА+ПКА) наблюдалось у 8 обследованных.

ЭхоКГ-исследование выполняли на ультразвуковом сканере AcusonX 300 (Siemens) датчиком 1–5 МГц в В-режиме, в режиме дуплексного сканирования (цветовое доплеровское картирование и импульсная доплерография). Анализ деформационных свойств миокарда ЛЖ проводили в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI, Siemens Medical Solutions USA Inc.

Деление ЛЖ на сегменты для анализа с помощью технологии VVI осуществляли согласно рекомендациям American Society of Echocardiography [4]. Так, функцию продольных волокон исследовали в апикальных 4, 2 и 5-камерных позициях. В каждой позиции анализировали по 6 сегментов. Изучение циркулярных и радиальных волокон проводили из парастернального доступа в поперечном сечении ЛЖ на уровне митрального клапана, папиллярных мышц и на уровне верхушки. Следует отметить, что в каждом поперечном сечении ЛЖ оценивались 6 сегментов. Таким образом, при использовании технологии VVI осуществляется деление ЛЖ на 18 сегментов [7]. Исследование функции продольных, циркулярных и радиальных волокон до и после реваскуляризации осуществ-



### Динамика ЭхоКГ-показателей функции ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации

Показатель	До реваскуляризации	После реваскуляризации	p
Индекс КДО, мл/м <sup>2</sup>	65,01 ± 36,4	57,41 ± 16,09	0,51
Индекс КСО, мл/м <sup>2</sup>	32,50 ± 29,10	28,8 ± 14,51	0,70
ФВ	52,90 ± 9,91	51,6 ± 9,61	0,75
Е/А	1,09 ± 0,74	1,29 ± 0,83	0,54
ИНЛС	1,34 ± 0,49	1,3 ± 0,51	0,82

Примечание. При сравнении между группами p < 0,05.

ляли на основании изменения величины систолической деформации (strain, S) и скорости деформации (strain rate, SR). До оперативного лечения сформировано 10 групп сегментов для всех волокон по величине S и SR. Так, группу 1 составили нормальные показатели S и SR; группу 2 – низкие показатели S и SR; группу 3 – увеличение показателей S и SR; группу 4 – нормальный S и низкий SR; группу 5 – нормальный S и высокий SR; группу 6 – низкий S и нормальный SR; группу 7 – низкий S и высокий SR; группу 8 – высокий S и нормальный SR; группу 9 – высокий S и низкий SR; группу 10 – парадоксальное сокращение волокон.

При стандартном ЭхоКГ-исследовании проводили анализ систолической функции ЛЖ согласно модифицированному методу Симпсона. Для более объективной оценки вычисляли индексы объемов ЛЖ (конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический (КСО)), фракцию выброса (ФВ) ЛЖ и ударный объем (УО) в апикальной 4- и 2-камерной позициях. Диастолическую функцию определяли по трансмитральному потоку как соотношение пика раннего диастолического наполнения (Е) и пика позднего диастолического наполнения (А) ЛЖ [8]. Оценку сегментарной сократимости в покое проводили согласно рекомендациям Американской ассоциации эхокардиографистов при делении ЛЖ на 17 сегментов. Рассчитывали индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС) [6].

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) [9] и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено этическим комитетом НижГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

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

### Результаты и их обсуждение

При проведении стандартной ЭхоКГ в покое не было выявлено достоверной динамики показателей систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ (см. таблицу).

При оценке сократительной функции ЛЖ ИНЛС находился в пределах от 1 до 2,25. Нарушение

сократимости ЛЖ было выявлено у 6 (50%) пациентов. Всего согласно использованию рекомендаций Американской ассоциации эхокардиографистов и делению ЛЖ на 17 сегментов при визуальной оценке проанализировано 204 сегмента. До хирургической реваскуляризации по данным стандартной ЭхоКГ было выявлено только 37 (16%) сегментов ЛЖ с сократительной дисфункцией. При детальном анализе сократимости 8 (21%) сегментов имели дисфункцию в виде гипокинезии, акинезию – 28 (75%), дискинезию – 1 (4%) (рис. 1).

После хирургической реваскуляризации нарушение сократимости зарегистрировано в 32 (15%) сегментах (гипокинезия – 6 (19%), акинезия – 26 (81%)).

Таким образом, при стандартном ЭхоКГ-исследовании после проведения реваскуляризации 5 (13%) сегментов ЛЖ улучшили сократительную функцию.

После выполнения стандартного ЭхоКГ-исследования проводили анализ функции волокон миокарда ЛЖ с помощью технологии Vtlocity Vector Imaging. Анализ функции продольных волокон выполнен у всех пациентов в 216 сегментах ЛЖ до и после реваскуляризации (рис. 2).

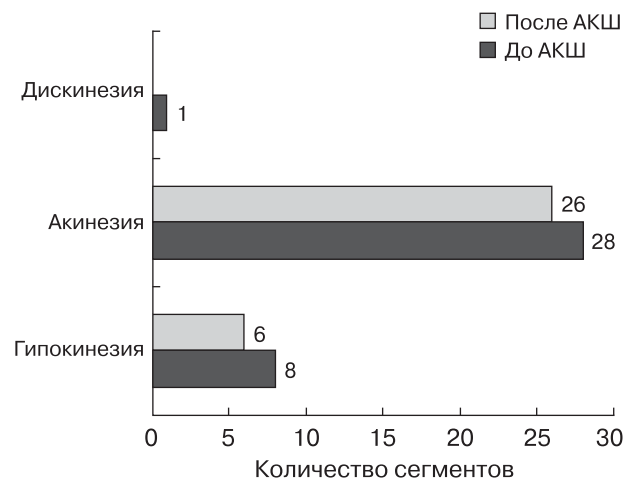
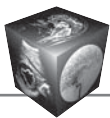


Рис. 1. Характеристика сегментов ЛЖ с сократительной дисфункцией по данным визуального анализа до и после хирургической реваскуляризации.

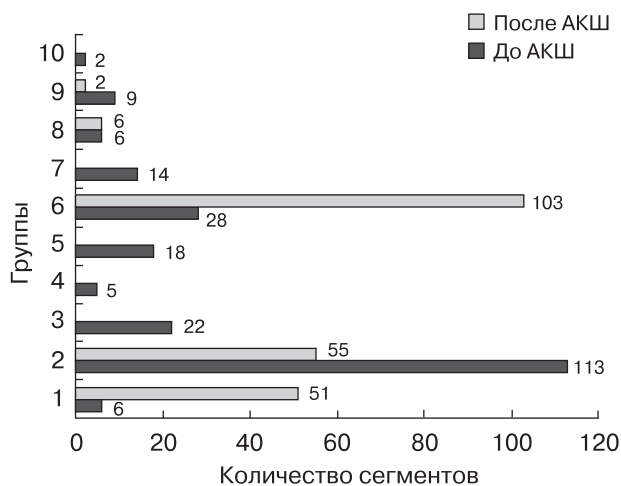


Нормальные показатели  $S$  ( $-19,75 \pm 1,13\%$ ) и  $SR$  ( $-1,02 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$ ) были выявлены только в 6 (3%) сегментах ЛЖ (группа 1) и остались без изменения после реваскуляризации ( $S -18,03 \pm 6,59\%$  ( $p = 0,54$ );  $SR -1,39 \pm 0,53$  ( $p = 0,12$ )). В группе 2 ( $n = 113$ ; 53%) исходно низкие показатели деформации ( $-10,01 \pm 4,41\%$ ) и скорости деформации ( $-0,56 \pm 0,21 \text{ с}^{-1}$ ) ЛЖ достоверно увеличились ( $S -12,71 \pm 6,06$  ( $p = 0,0001$ );  $SR -0,88 \pm 0,43 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ )), но не достигли нормальных значений. При детальном анализе данной группы следует отметить, что в 53 (47%) сегментах показатели деформации не превышали 10,2% ( $-6,03 \pm 2,8\%$ ), показатели скорости деформации также были значительно снижены ( $-0,42 \pm 0,21 \text{ с}^{-1}$ ). После реваскуляризации наблюдали достоверную положительную динамику  $S$  ( $-9,05 \pm 5,41\%$ ;  $p = 0,0004$ ) и  $SR$  ( $-0,63 \pm 0,35 \text{ с}^{-1}$ ;  $p = 0,0004$ ) в этих сегментах, однако показатели остались очень низкими. Достоверное улучшение деформационных свойств миокарда отмечено среди сегментов с исходным значением  $S$  более 10,2% ( $n = 61$ ; 53%). Так, динамическое увеличение показало увеличение деформации с  $-13,47 \pm 1,83\%$  до  $-16,00 \pm 4,58\%$  ( $p = 0,0001$ ), скорости деформации с  $-0,68 \pm 0,13 \text{ с}^{-1}$  до  $-1,10 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ). Следует отметить, что показатель  $S$  остался сниженным, а показатель  $SR$  в среднем достиг нормальных значений. Таким образом, более выраженное восстановление деформационных свойств миокарда ЛЖ происходит в сегментах с исходным значением  $S$  более 10,2% ( $S p = 0,000001$ ;  $SR p = 0,000001$ ), что соответствует литературным данным [1]. Высокие показатели  $S$  ( $-27,01 \pm 4,30\%$ ) и  $SR$  ( $-1,85 \pm 0,94 \text{ с}^{-1}$ ) в группе 3

( $n = 22$ ; 10%) нормализовались после хирургического лечения ( $S -17,60 \pm 4,28$  ( $p = 0,00001$ );  $SR -1,20 \pm 0,42$  ( $p = 0,005$ )). В группах 4 ( $n = 5$ ; 2%) и 5 ( $n = 18$ ; 8%) нормальные показатели деформации ( $-19,79 \pm 1,60\%$  и  $-19,17 \pm 1,29\%$ ) сочетались со снижением ( $-0,71 \pm 0,20 \text{ с}^{-1}$ ) и с увеличением ( $-1,49 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$ ) скорости деформации соответственно. После реваскуляризации произошла нормализация  $SR$  ( $-1,27 \pm 0,27 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,005$ ) и  $-1,04 \pm 0,39 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,005$ ) соответственно). В группах 6 ( $n = 28$ ; 13%) и 7 ( $n = 14$ ; 6%) при низких значениях  $S$  ( $-13,87 \pm 3,02\%$  и  $-14,59 \pm 1,56\%$ ) наблюдали нормальные ( $-1,01 \pm 0,09 \text{ с}^{-1}$ ) и увеличенные ( $-1,63 \pm 0,40 \text{ с}^{-1}$ ) значения  $SR$ . После оперативного лечения в группе 6 достоверной динамики  $S$  ( $-17,21 \pm 5,42$  ( $p = 0,14$ )) и  $SR$  ( $-1,04 \pm 0,39 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,95$ )) не наблюдали. В группе 7 произошла нормализация показателя  $SR$  ( $-1,14 \pm 0,52 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,01$ )) при низком  $S$  ( $-15,34 \pm 4,37\%$  ( $p = 0,53$ )). Величина деформации в группах 8 ( $n = 6$ ; 3%) и 9 ( $n = 2$ ; 1%) была увеличена ( $-23,56 \pm 1,50\%$  и  $-23,07 \pm 0,72\%$  соответственно), при этом скорость деформации в группе 8 находилась в пределах нормы ( $-1,01 \pm 0,06 \text{ с}^{-1}$ ), а в группе 9 была снижена ( $-0,82 \pm 0,03 \text{ с}^{-1}$ ). После реваскуляризации не было отмечено изменения показателей  $S$  и  $SR$  в группах 8 и 9 ( $p = 0,36$ ;  $0,14$  и  $p = 0,19$ ;  $0,72$  соответственно). В группе 10 в 2 сегментах ЛЖ исходно наблюдали изменение направления движения продольных волокон. Так, вместо укорочения волокон было выявлено их утолщение или удлинение, что представлено положительными значениями  $S$  ( $2,0 \pm 0,0\%$ ) и  $SR$  ( $0,02 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$ ). При динамическом наблюдении нормальное движение сегментов восстановилось, однако величины деформации и скорости деформации были низкими ( $S -3,84 \pm 0,0\%$ ;  $SR -0,26 \pm 0,06 \text{ с}^{-1}$ ).

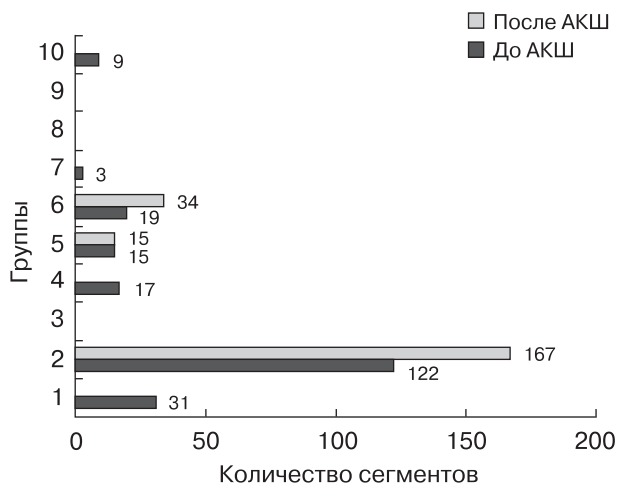
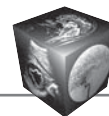
По итогам наблюдения за динамикой функции продольных волокон получены данные, что в ранние сроки после реваскуляризации осталось 5 групп сегментов в зависимости от их показателей деформации и скорости деформации. Группа 1 – нормальные показатели  $S$  и  $SR$  ( $n = 51$ ; 24%), группа 2 –  $S$  и  $SR$  снижены ( $n = 55$ ; 25%), группа 6 –  $S$  снижен,  $SR$  норма ( $n = 103$ ; 47%), группа 8 –  $S$  увеличен,  $SR$  норма ( $n = 6$ ; 3%), группа 9 –  $S$  увеличен,  $SR$  снижен ( $n = 2$ ; 1%). Следует отметить, что преимущественно положительную динамику после реваскуляризации наблюдали со стороны показателя скорости деформации.

При исследовании циркулярных волокон в 216 сегментах ЛЖ к группам 3 ( $S$  и  $SR$  увеличены), 8 ( $S$  увеличен,  $SR$  норма) и 9 ( $S$  увеличен,  $SR$  снижен) не было отнесено ни одного сегмента (рис. 3). В группе 1 ( $n = 31$ ; 15%) с исходно нор-



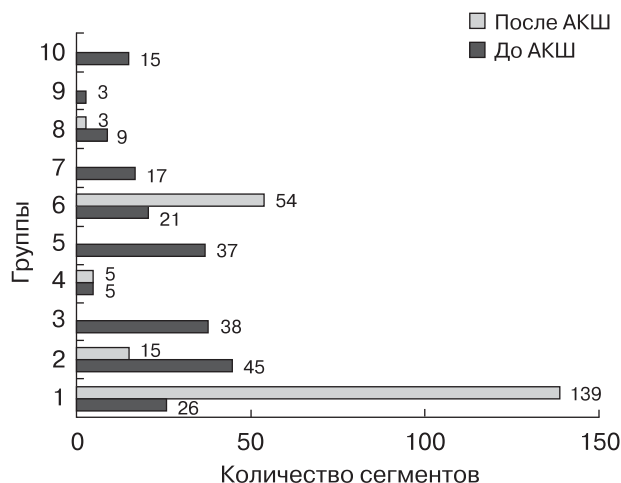
**Рис. 2.** Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации ( $n = 216$ ).





**Рис. 3.** Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 216).

мальными показателями  $S$  ( $-24,45 \pm 3,90\%$ ) и  $SR$  ( $-1,66 \pm 0,23 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации отмечается достоверное снижение  $S$  ( $-19,77 \pm 4,77\%$  ( $p = 0,000004$ )) при нормальном показателе  $SR$  ( $-1,49 \pm 0,53 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,12$ )). В группе 2 (n = 122; 57%) ( $S -10,94 \pm 4,88\%$ ;  $SR -0,76 \pm 0,31 \text{ c}^{-1}$ ) наблюдали достоверную положительную динамику в виде увеличения показателей деформации ( $-12,80 \pm 7,82\%$  ( $p = 0,02$ )) и скорости деформации ( $-0,98 \pm 0,46 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00002$ )), однако значения оставались низкими. В группе 4 (n = 17; 7%) ( $S -22,44 \pm 1,45\%$ ;  $SR -1,22 \pm 0,15 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации достоверно снизился показатель  $S$  ( $-17,50 \pm 5,97\%$  ( $p = 0,002$ )), а  $SR$  остался без изменения ( $-1,17 \pm 0,36 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,64$ )). В группе 5 (n = 15; 6,9%) ( $S -27,00 \pm 4,40\%$ ;  $SR -2,02 \pm 1,18 \text{ c}^{-1}$ ) показатель деформации достоверно снизился, однако остался в пределах нормы ( $S -20,58 \pm 6,05\%$  ( $p = 0,002$ )), тогда как  $SR$  остался без изменения ( $-1,44 \pm 0,45 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,08$ )). В группе 6 (n = 19; 8,7%) значение деформации осталось без динамики (ниже нормы) ( $S -14,66 \pm 3,71\%$  ( $p = 0,46$ )), показатель  $SR$  достоверно снизился с  $-1,54 \pm 0,24$  до  $-1,26 \pm 0,41 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,01$ ). В группе 7 (n = 3; 1,4%) произошла достоверная нормализация показателя  $SR$  с  $-2,34 \pm 0,41$  до  $-1,40 \pm 0,28 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,03$ ), тогда как достоверного увеличения  $S$  выявлено не было ( $S -15,97 \pm 2,26\%$  до операции;  $S -20,51 \pm 2,18\%$  после операции ( $p = 0,06$ )). В группе 10 (n = 9; 4%) после реваскуляризации отмечался правильный характер движения волокон (укорочение), хотя показатели деформационных свойств сегментов остались низкими ( $S 12,95 \pm 5,30\%$ ,  $SR 1,00 \pm 0,54 \text{ c}^{-1}$  до реваскуляризации;

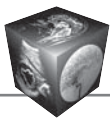


**Рис. 4.** Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 216).

$S -5,16 \pm 13,84\%$  ( $p = 0,002$ ),  $SR -0,41 \pm 0,75 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,0002$ )).

Таким образом, после хирургической реваскуляризации осталось 3 группы сегментов: группа 2 –  $S$  и  $SR$  снижены (n = 167; 77%), группа 5 –  $S$  норма,  $SR$  увеличен (n = 15; 7%), группа 6 –  $S$  снижен,  $SR$  норма (n = 34; 16%). При анализе циркулярных волокон было выявлено отсутствие динамики или отрицательная динамика со стороны показателя деформации сегментов ЛЖ. Скорость деформации в 19 (11%) сегментах имела отрицательную динамику и только в 3 (1%) сегментах положительную в виде нормализации показателя.

При анализе радиальных волокон до реваскуляризации было определено 10 групп (рис. 4). До ( $S 27,87 \pm 4,37\%$ ;  $SR 1,36 \pm 0,15 \text{ c}^{-1}$ ) и после оперативного лечения в группе 1 (n = 26; 13%) показатели  $S$  ( $22,77 \pm 9,73\%$  ( $p = 0,01$ )) и  $SR$  ( $1,29 \pm 0,47 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,48$ )) оставались в пределах нормальных значений. Показатели деформации ( $13,38 \pm 4,98\%$ ) и скорости деформации ( $0,71 \pm 0,25 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 2 (n = 45; 21,4%) претерпели положительную динамику, однако показатель деформации остался сниженным ( $18,74 \pm 12,13\%$  ( $p = 0,007$ )), а показатель скорости деформации увеличился до нормальных значений ( $1,16 \pm 0,53 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,00002$ )). При детальном анализе данной группы были выделены сегменты со значением деформации более 17,2% ( $S 18,95 \pm 1,34\%$ ,  $SR 0,80 \pm 0,24 \text{ c}^{-1}$ ) (n = 12; 26%) и менее 17,2% ( $S 11,35 \pm 4,2\%$ ,  $SR 0,68 \pm 0,25 \text{ c}^{-1}$ ) (n = 33; 74%). Следует отметить, что после реваскуляризации выявлена нормализация показателей  $S$  ( $25,17 \pm 8,4\%$  ( $p = 0,001$ )) и  $SR$  ( $1,49 \pm 0,47 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,0002$ ))

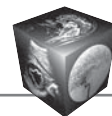


в сегментах со значением деформации более 17,2%, что соответствует литературным данным [1]. Достоверная положительная динамика S ( $16,40 \pm 12,5\%$  ( $p = 0,03$ )) и SR ( $1,04 \pm 0,50 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,0005$ )) получена среди сегментов с деформацией менее 17,2%, при этом показатель деформации остался сниженным, тогда как скорость деформации достигла нижней границы нормы. Увеличенные показатели деформации (S  $48,73 \pm 15,46\%$ , SR  $2,71 \pm 0,82 \text{ с}^{-1}$ ) в группе 3 ( $n = 38$ ; 17,5%) после реваскуляризации нормализовались (S  $22,55 \pm 10,9\%$  ( $p = 0,000001$ ), SR  $1,30 \pm 0,48 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ )). В группе 4 ( $n = 5$ ; 2%) до (S  $26,69 \pm 2,34\%$ , SR  $0,84 \pm 0,14 \text{ с}^{-1}$ ) и после реваскуляризации отмечали нормальное значение S ( $22,72 \pm 6,75 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,24$ )) и снижение SR ( $1,46 \pm 0,89 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,17$ )) без достоверного изменения. В группе 5 ( $n = 37$ ; 17,1%) показатель деформации находился в пределах нормальных значений до (S  $29,59 \pm 4,60\%$ ) и после реваскуляризации (S  $24,04 \pm 16,42\%$  ( $p = 0,05$ )), показатель скорости деформации снизился с  $2,30 \pm 0,62$  до  $1,44 \pm 0,98 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,00002$ ), т.е. достиг нормальных значений. Отсутствие динамики S ( $17,87 \pm 3,41\%$ ) и SR ( $1,29 \pm 0,15 \text{ с}^{-1}$ ) наблюдали в группе 6 ( $n = 21$ ; 9,7%). Так, сниженный показатель деформации достоверно не изменился ( $22,63 \pm 12,15\%$  ( $p = 0,09$ )), а показатель скорости деформации остался в пределах нормальных значений ( $1,46 \pm 0,96 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,43$ )). В группе 7 ( $n = 17$ ; 7%) (S  $15,47 \pm 5,69\%$ , SR  $2,29 \pm 0,70 \text{ с}^{-1}$ ) произошло увеличение S до нормальных значений ( $23,60 \pm 10,56\%$  ( $p = 0,008$ )) и снижение SR до нормы ( $1,52 \pm 0,42 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,0005$ )). Увеличенный показатель деформации (S  $41,92 \pm 4,67\%$ ) снизился в группе 8 ( $n = 9$ ; 4%) до нормальных значений (S  $22,27 \pm 9,52\%$  ( $p = 0,00004$ )). Показатель скорости деформации оставался в пределах нормы до (SR  $1,36 \pm 0,20 \text{ с}^{-1}$ ) и после реваскуляризации (SR  $1,41 \pm 0,40 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,76$ )). Высокое значение S ( $40,97 \pm 2,03\%$ ) после операции достоверно не изменилось (S  $30,85 \pm 15,57$  ( $p = 0,32$ )) в группе 9 ( $n = 3$ ; 1,4%), тогда как низкое значение SR ( $0,66 \pm 0,16 \text{ с}^{-1}$ ) после операции достоверно увеличилось до нормы (SR  $1,63 \pm 0,49$  ( $p = 0,03$ )). Правильный характер движения радиальных волокон (утолщение) наблюдался после хирургической реваскуляризации в группе 10 ( $n = 15$ ; 6,9%), хотя показатели деформации остались низкими (S  $-19,95 \pm 11,27\%$ , SR  $-1,37 \pm 0,79 \text{ с}^{-1}$  до операции; S  $12,21 \pm 9,97\%$  ( $p = 0,000001$ ), SR  $1,02 \pm 0,90 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ) после операции).

Таким образом, после хирургической реваскуляризации осталось 5 групп сегментов в зависимости от их деформационных свойств: группа 1 –

S и SR в норме ( $n = 139$ ; 64%), группа 2 – S и SR снижены ( $n = 15$ ; 7%), группа 4 – S норма, SR снижен ( $n = 5$ ; 3%), группа 6 – S снижен, SR норма ( $n = 54$ ; 25%), группа 8 – S увеличен, SR норма ( $n = 3$ ; 1%). Положительная динамика наблюдалась и со стороны показателя деформации и скорости деформации. Отсутствие динамики деформационных свойств после реваскуляризации выявлено в 26 (12%) сегментах.

Согласно литературным данным, у пациентов с ИБС в первую очередь поражаются продольные волокна, что проявляется снижением показателей деформации ЛЖ [1, 2]. Так, в нашем исследовании снижение показателей S и SR выявлено в 133 (61%) сегментах. Предсказать нежизнеспособность миокарда после реперфузии возможно по величине продольной деформации ( $-10,2\%$ ) [1, 10]. В нашем исследовании в 53 (47%) сегментах показатели деформации не превышали 10,2% ( $-6,03 \pm 2,8\%$ ), показатели скорости деформации также были значительно снижены ( $-0,42 \pm 0,21 \text{ с}^{-1}$ ). После реваскуляризации наблюдали достоверную положительную динамику S ( $-9,05 \pm 5,41\%$  ( $p = 0,0004$ )) и SR ( $-0,63 \pm 0,35 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,0004$ )) в этих сегментах, однако показатели остались очень низкими. Достоверное улучшение деформационных свойств миокарда отмечено среди сегментов с исходным значением S более 10,2% ( $n = 61$ ; 53%). Так, динамическое наблюдение показало увеличение деформации с  $-13,47 \pm 1,83\%$  до  $-16,00 \pm 4,58\%$  ( $p = 0,0001$ ), скорости деформации с  $-0,68 \pm 0,13$  до  $-1,10 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ ). Таким образом, более выраженное восстановление деформационных свойств миокарда ЛЖ происходит в сегментах с исходным значением S более 10,2% (S  $p = 0,000001$ ; SR  $p = 0,00001$ ). Снижение функции циркулярных и радиальных волокон у пациентов с трансмуральным ИМ описывают в своих исследованиях M. Vecker и соавт. (2008) [12], M.H. Alexin (2012) [1], S.T. Toumanidis и соавт. (2013) [11], что согласуется с результатами нашего исследования. Однако большее количество сегментов со снижением деформационных свойств выявлено при анализе циркулярных волокон ЛЖ (122; 56%), тогда как поражение радиальных волокон зарегистрировано в 45 (20%) сегментах. Прогнозирование восстановления функции радиальных волокон после реваскуляризации позволяет значение деформации более 17,2% [1, 11]. Действительно, в сегментах со значением деформации более 17,2% (S  $18,95 \pm 1,34\%$ , SR  $0,80 \pm 0,24 \text{ с}^{-1}$  ( $n = 12$ ; 26%)) выявлена нормализация показателей S ( $25,17 \pm 8,4\%$  ( $p = 0,001$ )) и SR ( $1,49 \pm 0,47 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,0002$ )) уже в ранние сроки после реваскуляризации. Тем не менее сег-



менты с показателем деформации менее 17,2% ( $S 11,35 \pm 4,2\%$ ,  $SR 0,68 \pm 0,25 \text{ c}^{-1}$ ) ( $n = 33$ ; 74%) достоверно улучшили свою функцию ( $S 16,40 \pm 12,5\%$  ( $p = 0,03$ ) и  $SR 1,04 \pm 0,50 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,0005$ )), при этом показатель скорости деформации достиг нижней границы нормы. Однако наряду со снижением деформационных свойств миокарда ЛЖ нами были выявлены сегменты с нормальной и, на наш взгляд, компенсаторно увеличенной функцией. Анализ деформации продольных волокон неинфарцированного миокарда проводили в своем исследовании T. Butz и соавт. (2011) [2]. Информация о возможности компенсаторного ответа на ишемию в виде увеличения показателей деформации также имеется в литературе [1], однако детального анализа функции этих сегментов после хирургической реваскуляризации в доступной литературе не содержится.

Более глубокого анализа сегментов ЛЖ с разными вариантами значений деформации и скорости деформации у пациентов с ИБС при использовании технологии Velocity Vector Imaging в исследовании продольных, радиальных, циркулярных волокон и их динамики после хирургической реваскуляризации в литературе не встретилось.

## Выводы

1. Влияние ИБС на сегменты ЛЖ выражается не только в сочетанном снижении или компенсаторном увеличении  $S$  и  $SR$  (группы 2, 3), но и разнообразными вариантами, связанными с изменением преимущественно показателя деформации или скорости деформации (группы 4–9). Наряду с этим отмечается изменение направления движения волокон миокарда ЛЖ (группа 10).

2. После реваскуляризации нормализация деформационных свойств продольных и радиальных волокон произошла в 51 (24%) и 139 (64%) сегментах соответственно. Сочетания нормальных значений  $S$  и  $SR$  при анализе циркулярных волокон не выявлено. Низкие показатели  $S$  и  $SR$  продольных, радиальных и циркулярных волокон зарегистрированы в 55 (25%), 15 (7%) и 167 (77%) сегментах ЛЖ.

3. Отсутствие восстановления деформации при нормализации скорости деформации продольных, радиальных и циркулярных волокон выявлено в 103 (47%), 54 (25%) и 34 (16%) сегментах ЛЖ. Нормализация показателя деформации при наличии увеличенной ее скорости получена только при анализе циркулярных волокон в 15 (7%) сегментах. Увеличение  $S$  при нормальном  $SR$  продольных и радиальных волокон наблюдалось в 6 (3%) и 3 (1%) сегментах. Снижение скорости деформации при увеличенном и нормальном  $S$

получено соответственно в продольных (2 (1%) сегмента) и радиальных (5 (3%) сегментов) волокнах ЛЖ.

4. Все сегменты с изменением направления движения после реваскуляризации восстановили свою функцию, однако показатели деформации остались низкими.

5. После реваскуляризации в группах с разными вариантами значений деформации и скорости деформации (группы 4–9) положительная динамика наблюдается преимущественно со стороны скорости деформации продольных волокон, деформации и скорости деформации радиальных волокон. Отсутствие или отрицательная динамика показателей  $S$  и  $SR$  зарегистрирована при анализе циркулярных волокон сегментов ЛЖ.

## Список литературы

1. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар-М, 2012. 88 с.
2. Butz 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.
3. Purushottam Bh., Parameswaran A.C., Figueredo V. Dyssynchrony in obese subjects without a history of cardiac disease using velocity vector imaging. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2011; 24: 98–106.
4. Carasso Sh., Biaggi P., Rakowski H. et al. Velocity Vector Imaging: Standart Tissue – Tracking Results Acquired in Normals – The VVI-Strain Study. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2012; 25 (5): 543–552.
5. Функциональная диагностика в кардиологии: клиническая интерпретация: Учебное пособие; Под ред. Васюка Ю.А. М.: Практическая медицина, 2009. 312 с.
6. Резник Е.В., Гендлин Г.Е., Сторожаков Г.И. Эхокардиография в практике кардиолога. М.: Практика, 2013. 212 с.
7. Петрова Е.Б. Возможности методики VVI в оценке показателей систолической функции левого желудочка и всех его сегментов. *Современные технологии в медицине.* 2013; 5 (4): 56–63.
8. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца; Под ред. Васюка Ю.А. *Российский кардиологический журнал.* 2012; 3 (95): 1–28.
9. Хельсинская декларация ВМА: Этические принципы медицинских исследований с привлечением человека, принятая 18-й Генеральной Ассамблеей ВМА (Хельсинки, Финляндия, июнь 1964 г.). – [http://www.psychiatr.ru/lib/helsinki\\_declaration.php](http://www.psychiatr.ru/lib/helsinki_declaration.php). (дата обращения: 25.05.2015 г.).
10. Park Y.H., Kang S.J., Song J.K. et al. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patient with anterior-wall acute myocardial infarction. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2008; 51:262–267.
11. 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: 264–272.



12. Becker M., Lenzen A., Ocklenburg C. et al. Myocardial deformation imaging based on ultrasonic pixel tracking to identify reversible myocardial dysfunction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51: 1473–1481.

## References

1. Alekhin M.N. Ultrasound estimation techniques and their clinical significance. Moscow: Vidar-M, 2012. 88 p. (In Russian).
2. Butz 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.
3. Purushottam Bh., Parameswaran A.C., Figueredo V. Dyssynchrony in obese subjects without a history of cardiac disease using velocity vector imaging. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2011; 24: 98–106.
4. Carasso Sh., Biaggi P., Rakowski H. et al. Velocity Vector Imaging: Standart Tissue – Tracking Results Acquired in Normals – The VVI-Strain Study. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2012; 25 (5): 543–552.
5. Functional diagnostics in cardiology: clinical interpretation. Ed. Vasyuk Yu. A. Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2009. 312 p. (In Russian).
6. Reznik E.V., Gendlin G.E., Storozhakov G.I. Echocardiography in cardiologist's practice. Moscow: Praktika, 2013. 212 p. (In Russian)
7. Petrova E.B. VVI technique possibilities in the assessment of the indices of left ventricular systolic function and all its segments. *Sovremennye tekhnologii v meditsine.* 2013; 5 (4): 56–63. (In Russian)
8. Guidelines for quantitative assessment of heart chamber structure and function. Ed. Vasyuk Yu.A. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal.* 2012; 3 (95): 1–28 (In Russian)
9. Helsinki declaration of VMA: Ethical principles of medical researches with involvement of the person, Accepted by the 18th General Assembly of VMA (Helsinki, Finland, June, 1964). – [http://www.psychiatr.ru/lib/helsinki\\_declaration.php](http://www.psychiatr.ru/lib/helsinki_declaration.php). (date of the address: 25.05.2015 г.).
10. Park Y.H., Kang S.J., Song J.K. et al. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patient with anterior-wall acute myocardial infarction. *J. Am. Soc. Echocardiography.* 2008; 51:262–267.
11. 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: 264–272.
12. Becker M., Lenzen A., Ocklenburg C. et al. Myocardial deformation imaging based on ultrasonic pixel tracking to identify reversible myocardial dysfunction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51: 1473–1481.