

# Деформационные свойства миокарда левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца до и после реваскуляризации при использовании технологии Velocity Vector Imaging

Петрова Е.Б.

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

## Deformation of the Left Ventricular Myocardium in Patients with Ischemic Heart Disease Before and after Revascularization when Using Velocity Vector Imaging

Petrova E.B.

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia

**Цель исследования:** оценить влияние ишемической болезни сердца (ИБС) и хирургической реваскуляризации на показатели деформации (S) и скорости деформации (SR) продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда левого желудочка (ЛЖ).

**Материал и методы.** Проведен анализ S и SR продольных, циркулярных и радиальных волокон в 450 сегментах ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации у пациентов с ИБС без инфаркта миокарда.

**Результаты.** Изучение средних показателей S и SR показало низкие значения S продольных волокон, снижение S и SR циркулярных волокон, нормальный показатель S и высокий SR радиальных волокон, а также отсутствие изменений деформационных свойств после реваскуляризации. Детальный анализ сегментов выявил снижение показателей S и SR у пациентов в ответ на ИБС в 211 (46,8%) продольных сегментах, в 232 (51,5%) циркулярных и в 116 (25,7%) радиальных волокнах ЛЖ. При этом 239 (53,2%) продольных сегментов, 218 (48,5%) циркулярных и 328 (72,8%) сегментов радиальных волокон имели нормальные и повышенные значения S и SR, а также разные варианты изменений S либо SR. После реваскуляризации деформационные свойства продольных и циркулярных волокон ЛЖ в группе с низкими значениями S и SR улучшились, а также увеличилось количество сегментов с высоким или нормальным значением SR. Нормальные значения S и SR радиальных волокон отмечаются в большинстве сегментов (254 (56,7%)).

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

**Выводы.** Технология Velocity Vector Imaging позволяет провести детальный анализ ЛЖ и оценить динамику деформационных свойств продольных, циркулярных и радиальных волокон после реваскуляризации.

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

\*\*\*

**The aim:** to assess the impact CHD and surgical revascularization on parameters of strain (S) and strain rate (SR) longitudinal, circular and radial fibers of the LV.

**Materials and methods.** In 450 segments LV deformation (S and SR) longitudinal, circular and radial fibers was analyzed before and after surgical revascularization.

**Results.** The study of averages S and SR showed the low S longitudinal fibers, low S and SR circular fibers and normal S and high SR radial fibers, no changes in these parameters after revascularization. A detail analysis the segments showed a decrease S and SR in 211 (46.8%) segments of longitudinal, 232 (51.5%) circular and 116 (25.7%) of the radial fibers of the LV. The same 239 (53.2%) segments of longitudinal, 218 (48.5%) and circular 328 (72.8%) segments of the radial fibers had normal and increased values of S and SR as well as with different options to change S or SR. After revascularization improved deformation properties of longitudinal and circular fibers of the left ventricle in the group with low values of S and SR. The increased number of segments with high or normal value of SR. Normal values of S and SR radial fibers observed in most segments (254 (56.7%)).



**Conclusion.** Technology Velocity Vector Imaging to conduct a detailed analysis of LV segments and to estimate the dynamics of the deformation properties of longitudinal, circular and radial fibers after revascularization.

**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, позволяющим проводить наблюдение за пациентом до и после реваскуляризации. ИБС может проявляться в виде приступов стенокардии, различающихся по продолжительности и тяжести. Следует отметить, что при стенокардии напряжения при стандартном ЭхоКГ-исследовании может не наблюдаться изменений сократительной функции левого желудочка (ЛЖ), тогда как при нестабильной стенокардии возможно выявление зон гипопериметрии [1]. Изучение влияния ИБС на миокард ЛЖ и функцию его волокон можно провести при использовании технологии Velocity Vector Imaging (VVI) [2–4]. В отечественной литературе данная технология определяется термином “визуализация вектора скорости движения миокарда” [5]. Сократительная функция ЛЖ является результатом взаимодействия продольных, радиальных и циркулярных волокон. Во время систолы происходит укорочение продольных и циркулярных волокон, а также поперечное утолщение радиальных волокон [6]. Показателями, отражающими функцию волокон ЛЖ, являются деформация (S) и скорость деформации (SR) [2]. Известно, что при ИБС в первую очередь изменяются деформационные показатели продольных волокон, так как кровоснабжение субэндокардиальных слоев страдает в большей степени [7]. Нарушение функции радиальных и циркулярных волокон отмечается преимущественно при трансмуральном поражении [6, 8, 9].

В отечественной и зарубежной литературе имеются работы, дающие информацию о функции ЛЖ при ИБС до и после реваскуляризации при использовании технологии Speckle Tracking и VVI, однако основной акцент при динамическом на-

блюдении делается на функции продольных волокон. Во всех работах уделяется преимущественное внимание средним показателям деформации [10–12]. Не было найдено работ, посвященных влиянию хирургической реваскуляризации на показатели S и SR циркулярных и радиальных волокон у пациентов с ИБС без инфаркта миокарда (ИМ) в анамнезе при использовании технологии VVI.

## Цель исследования

Оценить влияние ИБС и хирургической реваскуляризации на показатели S и SR продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ.

## Материал и методы

Проведен анализ 450 сегментов ЛЖ у 25 человек с ИБС без перенесенного ИМ с коронарным анамнезом  $5,7 \pm 4,4$  года до и на 12-е сутки после операции коронарного шунтирования (КШ). Средний возраст составил  $60,0 \pm 8,12$  года (от 46 до 75 лет).

По данным ЧКВ доминировало трехсосудистое поражение коронарного русла – 19 (76%), двухсосудистое поражение отмечено у 6 (24%) обследованных. Поражение ствола левой коронарной артерии выявлено у 7 (28%) пациентов.

При анализе характера поражения коронарного русла у всех обследованных отмечали преобладание стенозов от 71 до 99% (табл. 1).

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). Оценку деформационных свойств миокарда ЛЖ проводили в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI, Siemens Medical Solutions USA Inc.

**Таблица 1.** Характер поражения коронарного русла

| Степень стенозов | Число поражений, n (%) |
|------------------|------------------------|
| До 50%           | 6 (5,1)                |
| 51–70%           | 37 (32,0)              |
| 71–99%           | 47 (40,5)              |
| Окклюзии         | 26 (22,4)              |
| Всего            | 116 (100)              |

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

**Петрова Екатерина Борисовна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФПКВ Нижегородская государственная медицинская академия МЗ РФ, Нижний Новгород.

**Contact:** Petrova Ekaterina Borisovna – Minin sq., 5-66, 603950, Nizhny Novgorod, Russia. Nizhny Novgorod State Medical Academy. Phone: +7-831-433-75-78. E-mail: eshakhova@yandex.ru

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



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 [13]. Исследование функции продольных, циркулярных и радиальных волокон до и после реваскуляризации проводили на основании изменения величины систолической S и SR.

До оперативного лечения сформировано 10 групп сегментов для всех волокон по величине S и SR. Группу 1 составили нормальные показатели S и SR; группу 2 – низкие показатели S и SR; группу 3 – увеличение показателей S и SR; группу 4 – нормальная S и низкая SR; группу 5 – нормальная S и высокая SR; группу 6 – низкая S и нормальная SR; группу 7 – низкая S и высокая SR; группу 8 – высокая S и нормальная SR; группу 9 – высокая S и низкая SR; группу 10 – парадоксальное сокращение волокон.

При стандартной ЭхоКГ проводили анализ систолической функции ЛЖ согласно модифициро-

ванному методу Симпсона. Для более объективной оценки вычисляли индексы объемов ЛЖ (конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический (КСО)) и фракцию выброса (ФВ) ЛЖ в апикальной 4-камерной позиции [14]. Оценку сегментарной сократимости в покое проводили согласно рекомендациям Американской ассоциации эхокардиографистов при делении ЛЖ на 17 сегментов. Рассчитывался индекс нарушения локальной сократимости (ИНЛС) [7].

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия) [15]) и одобрено этическим комитетом НижГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 6.0. Для сравнения показателей использовался критерий Манна–Уитни.

## Результаты и их обсуждение

При стандартной ЭхоКГ в покое не было выявлено динамики систолической и сократительной функции ЛЖ (табл. 2).

Исследование функции волокон миокарда ЛЖ при использовании технологии VVI началось с анализа средних показателей S и SR продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ. Полученные данные показали снижение S и нормальную SR при исследовании продольных волокон

**Таблица 2.** Динамика ЭхоКГ-показателей функции ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации

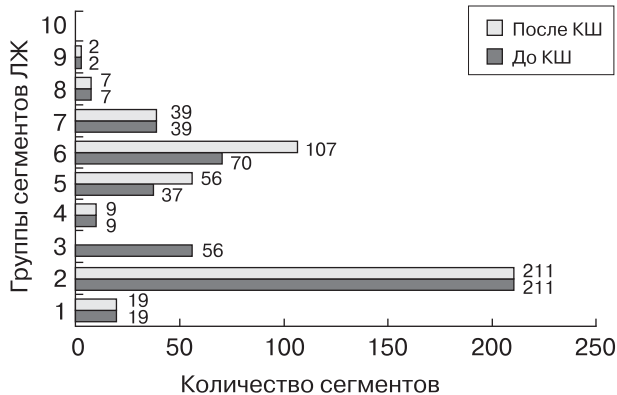
| Показатель                    | До КШ       | После КШ     | p    |
|-------------------------------|-------------|--------------|------|
| Индекс КДО, мл/м <sup>2</sup> | 59,1 ± 13,6 | 57,04 ± 12,7 | 0,25 |
| Индекс КСО, мл/м <sup>2</sup> | 26,5 ± 9,8  | 25,5 ± 9,09  | 0,49 |
| ФВ                            | 55,4 ± 7,9  | 54,6 ± 6,9   | 0,62 |
| ИНЛС                          | 1,05 ± 0,15 | 1,04 ± 0,15  | 0,32 |

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

**Таблица 3.** Деформационные свойства волокон миокарда ЛЖ до и в ранние сроки после хирургической реваскуляризации

| Показатель                    | До КШ        | После КШ     | p         |
|-------------------------------|--------------|--------------|-----------|
| Продольные волокна (n = 450)  |              |              |           |
| S, %                          | -14,4 ± 6,8  | -14,2 ± 6,2  | 0,67      |
| SR, с <sup>-1</sup>           | -0,98 ± 0,58 | -1,04 ± 0,59 | 0,09      |
| Циркулярные волокна (n = 450) |              |              |           |
| S, %                          | -13,8 ± 2,4  | -14,5 ± 6,6  | 0,56      |
| SR, с <sup>-1</sup>           | -1,22 ± 0,8  | -1,15 ± 0,59 | 0,10      |
| Радиальные волокна (n = 450)  |              |              |           |
| S, %                          | 31,3 ± 21,6  | 24,3 ± 23,6  | 0,0000004 |
| SR, с <sup>-1</sup>           | 1,79 ± 1,12  | 1,75 ± 4,8   | 0,84      |

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



**Рис. 1.** Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 450).

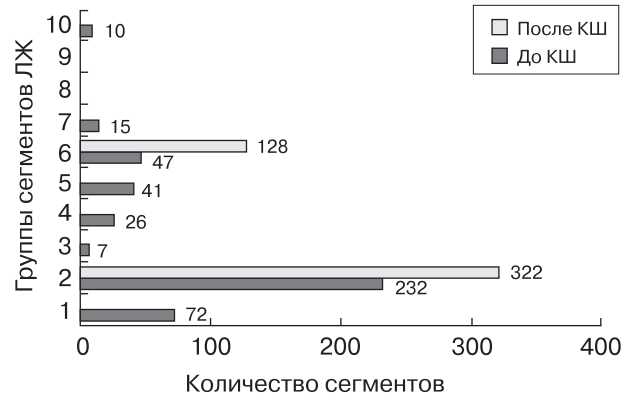
без достоверного изменения их после реваскуляризации. Снижение S и SR выявлено при анализе циркулярных волокон до и после КШ. Нормальные значения S и увеличение SR радиальных волокон отмечалось до и после операции.

Таким образом, обобщение полученных данных анализа деформационных свойств волокон ЛЖ показало отсутствие влияния хирургической реваскуляризации в ранние сроки на функцию всех волокон миокарда ЛЖ (табл. 3).

Более объективную картину влияния ИБС на сегменты миокарда ЛЖ, а также динамику их восстановления дает детальный анализ сегментов с учетом значений S и SR и их сочетанного изменения или преимущественной динамики одного из этих показателей.

Анализ функции продольных волокон выполнен в 450 сегментах ЛЖ до и после реваскуляризации (рис. 1).

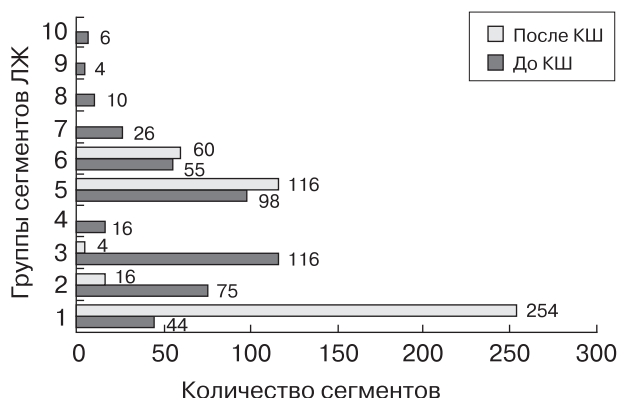
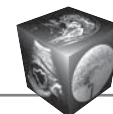
Нормальные показатели S ( $-19,3 \pm 1,19\%$ ) и SR ( $-1,01 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$ ) были выявлены в 19 (4,2%) сегментах ЛЖ (группа 1) и остались без достоверного изменения после реваскуляризации ( $S -16,25 \pm 6,4\%$  ( $p = 0,09$ );  $SR -1,08 \pm 0,5$  ( $p = 0,56$ )). В группе 2 (n = 211 (46,8%)) низкие показатели S ( $-9,7 \pm 4,0\%$ ) и SR ( $-0,59 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$ ) увеличились ( $S -12,4 \pm 5,6$  ( $p = 0,000001$ );  $SR -0,89 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,000001$ )), но не достигли нормы. Высокие S ( $-25,4 \pm 4,03\%$ ) и SR ( $-1,91 \pm 0,8 \text{ с}^{-1}$ ) в группе 3 (n = 56 (12,4%)) снизились таким образом, что S достигла нормы ( $S -17,6 \pm 6,6$  ( $p = 0,000001$ )), а SR осталась высокой ( $-1,31 \pm 0,7$  ( $p = 0,0001$ )). В группах 4 (n = 9 (2%)) и 5 (n = 37 (8,2%)) нормальные показатели S ( $-20,6 \pm 3,0\%$  и  $-19,5 \pm 1,1\%$ ) сочетались со снижением ( $-0,81 \pm 0,05 \text{ с}^{-1}$ ) и увеличением ( $-1,44 \pm 0,25 \text{ с}^{-1}$ ) SR. После реваскуляризации в группе 4 достоверных изменений не



**Рис. 2.** Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 450).

выявлено ( $S -17,3 \pm 8,0\%$  ( $p = 0,28$ );  $SR -1,22 \pm 0,58 \text{ с}^{-1}$ ), а в группе 5 отмечены снижение S ( $-15,8 \pm 5,37$  ( $p = 0,0002$ )) и нормализация SR ( $-1,14 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,0006$ )). В группах 6 (n = 70 (15,5%)) и 7 (n = 39 (8,6%)) при низкой S ( $-12,8 \pm 3,2\%$  и  $-14,3 \pm 3,1\%$ ) наблюдали нормальные ( $-0,97 \pm 0,25 \text{ с}^{-1}$ ) и увеличенные ( $-1,42 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$ ) значения SR. После оперативного лечения в группе 6 достоверно увеличилась S ( $-14,5 \pm 5,4$  ( $p = 0,03$ )), но не достигла нормы, при этом динамики SR ( $-1,03 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,4$ )) не отмечено. В группе 7 показатели остались без достоверного изменения (S  $-15,2 \pm 6,9\%$  ( $p = 0,37$ ); SR  $-1,2 \pm 0,8 \text{ с}^{-1}$  ( $p = 0,14$ )). Показатель S в группах 8 (n = 7 (1,5%)) и 9 (n = 2 (0,8%)) был увеличен ( $-23,3 \pm 1,3\%$  и  $-22,1 \pm 0,04\%$  соответственно), при этом SR в группе 8 находилась в пределах нормы ( $-1,97 \pm 0,06 \text{ с}^{-1}$ ), а в группе 9 была снижена ( $-0,82 \pm 0,04 \text{ с}^{-1}$ ). После реваскуляризации не было отмечено изменения показателей S и SR в группах 8 (S  $-17,21 \pm 8,8\%$ ,  $p = 0,12$ ; SR  $-1,24 \pm 0,6 \text{ с}^{-1}$ ,  $p = 0,27$ ) и 9 (S  $-14,18 \pm 9,07\%$ ,  $p = 0,43$ ; SR  $-0,89 \pm 0,63 \text{ с}^{-1}$ ,  $p = 0,89$ ). Сегментов с изменением направления движения (группа 10) при анализе продольных волокон выявлено не было.

Таким образом, при ИБС 211 (46,8%) сегментов имеют низкие деформационные свойства, тогда как 239 (53,2%) включают в себя сегменты с нормальными и повышенными значениями S и SR (19 (4,2%) и 56 (12,4%) соответственно), а также с разными вариантами изменений либо S, либо SR (164 (36%)). После КШ отмечается достоверная положительная динамика деформационных свойств сегментов в группе с низкими S и SR, возрастает количество сегментов с нормальным значением S и высокой SR (56 (12,4%)), а также с низкой S и нормальной SR (107 (23,7%)).



**Рис. 3.** Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 540).

При исследовании циркулярных волокон в 450 сегментах ЛЖ к группам 8 и 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 2). В группе 1 (n = 72 (16%)) с нормальными показателями S ( $-24,8 \pm 3,3\%$ ) и SR ( $-1,59 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации отмечается снижение S ( $-17,4 \pm 6,4\%$  (p = 0,000001)) при нормальной SR ( $-1,43 \pm 0,7 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,12)). В группе 2 (n = 232 (51,5%)) (S  $-11,9 \pm 4,4\%$ ; SR  $-0,81 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$ ) наблюдали положительную динамику в виде увеличения S ( $-13,04 \pm 6,5\%$  (p = 0,01)) и SR ( $-1,00 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000001)), однако значения оставались низкими. Высокие значения S ( $-43,5 \pm 6,3\%$ ) и SR ( $-3,13 \pm 0,62 \text{ c}^{-1}$ ) снизились после КШ (S  $-13,07 \pm 5,19\%$  (p = 0,01); SR  $-1,27 \pm 0,46 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,01)) в группе 3 (7 (1,5%)). В группе 4 (n = 26 (5,7%)) (S  $-22,4 \pm 1,9\%$ ; SR  $-1,11 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации снизилась S ( $-17,1 \pm 6,6\%$  (p = 0,0002)), а SR осталась без изменения ( $-1,18 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,55)). В группе 5 (n = 41 (9,1%)) (S  $-29,6 \pm 4,5\%$ ; SR  $-2,5 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$ ) S снизилась (S  $-16,2 \pm 5,3\%$  (p = 0,000001)), а SR достигла нормы ( $-1,36 \pm 0,58 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000001)). В группе 6 (n = 47 (10,4%)) S осталась без динамики (ниже нормы) (S  $-13,8 \pm 6,8\%$  (p = 0,15)), SR достоверно снизилась с  $-1,54 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$  до  $-1,20 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,0002). В группе 7 (n = 15 (3,3%)) произошла нормализация показателя SR с  $-2,34 \pm 0,3 \text{ c}^{-1}$  до  $-1,33 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000006), тогда как увеличения S выявлено не было (S  $-14,9 \pm 5,9\%$  (p = 0,86)). В группе 10 (n = 10 (2,5%)) (S  $18,5 \pm 9,2\%$ ; SR  $1,18 \pm 7,02 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон, хотя деформационные свойства сегментов остаются низкими (S  $-16,9 \pm 7,8\%$  (p = 0,000001); SR  $-1,21 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000002)).

Таким образом, при ИБС большинство сегментов (232 (51,5%)) циркулярных волокон ЛЖ имеют

низкие деформационные свойства. Тем не менее 218 (48,5%) включают в себя сегменты с нормальными и повышенными значениями S и SR (72 (16,0%) и 7 (1,5%) соответственно), а также с разными вариантами изменений либо S, либо SR (139 (30,8%)). После КШ отмечается увеличение количества сегментов с низкими значениями S и SR, что может свидетельствовать о негативном влиянии хирургического лечения на циркулярные волокна. Тем не менее в группе 2 (низкие S и SR) отмечается достоверная положительная динамика деформационных свойств. Возрастает количество сегментов с нормальным значением SR (128 (28,5%)), восстанавливается нормальное направление движения волокон.

При анализе радиальных волокон до реваскуляризации было определено 10 групп (рис. 3). До (S  $28,0 \pm 4,08\%$ ; SR  $1,36 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$ ) и после оперативного лечения в группе 1 (n = 44 (9,7%)) SR оставалась без достоверного изменения ( $1,46 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,24)), тогда как S снизилась ( $19,6 \pm 13,6\%$  (p = 0,0001)). Показатели S ( $12,5 \pm 5,1\%$ ) и SR ( $0,63 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 2 (n = 75 (16,6%)) нормализовались (S  $26,3 \pm 22,6\%$  (p = 0,000002); SR  $1,59 \pm 1,18 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000001)). Увеличенные S и SR (S  $58,6 \pm 21,5\%$ ; SR  $2,8 \pm 1,03 \text{ c}^{-1}$ ) в группе 3 (n = 116 (25,7%)) после реваскуляризации снизились (S  $26,9 \pm 23,4\%$  (p = 0,000001); SR  $1,67 \pm 1,4 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000001)) однако значение SR несколько превышает норму. В группе 4 (n = 16 (3,5%)) отмечена отрицательная динамика S (S  $26,3 \pm 2,3\%$  до КШ и  $16,2 \pm 8,7\%$  после КШ (p = 0,0003)) и отсутствие изменений SR ( $0,83 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$  до КШ и  $1,21 \pm 0,7 \text{ c}^{-1}$  после КШ (p = 0,07)). В группе 5 (n = 98 (21,7%)) S находилась в пределах нормы до (S  $29,9 \pm 4,7\%$ ) и после операции (S  $24,04 \pm 17,5\%$  (p = 0,002)), а показатель SR достиг нормы с  $2,26 \pm 0,6 \text{ c}^{-1}$  до  $1,58 \pm 1,2 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,000002). Нормализация S ( $15,7 \pm 4,2\%$  до КШ и  $22,2 \pm 20,8\%$  после КШ (p = 0,02)) и нормальные значения SR до ( $1,3 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$ ) и после реваскуляризации ( $1,3 \pm 0,8 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,99)) наблюдали в группе 6 (n = 55 (12,2%)). В группе 7 (n = 26 (5,7%)) (S  $16,9 \pm 4,5\%$ ; SR  $2,29 \pm 0,7 \text{ c}^{-1}$ ) произошла нормализация S ( $29,5 \pm 15,5\%$  (p = 0,05)) и SR ( $1,45 \pm 0,9 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,004)). Увеличенный показатель S (S  $41,7 \pm 2,8\%$ ) снизился ( $16,1 \pm 8,2\%$  (p = 0,000002)) в группе 8 (n = 10 (2,5%)), а показатель SR оставался в пределах нормы до (SR  $1,41 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$ ) и после КШ (SR  $1,14 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,08)). Высокое значение S ( $41,2 \pm 1,7\%$ ) после операции не изменилось (S  $30,6 \pm 12,3\%$  (p = 0,15)) в группе 9 (n = 4 (1,1%)), тогда как низкое значение SR ( $0,78 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$ ) превысило норму ( $1,84 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$  (p = 0,02)). В группе 10 (n = 6 (1,3%)) (S  $-20,0 \pm$



$\pm 11,06\%$ ;  $SR - 1,85 \pm 1,05 \text{ c}^{-1}$ ) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон. При этом показатель  $S$  остался низким ( $S 13,1 \pm 20,8\%$  ( $p = 0,03$ )), а  $SR$  достиг пределов нормальных значений  $1,1 \pm 0,83 \text{ c}^{-1}$  ( $p = 0,006$ ).

Таким образом, при ИБС 116 (25,7%) сегментов радиальных волокон ЛЖ имеют низкие деформационные свойства, тогда как 328 (72,8%) включают в себя сегменты с нормальными и повышенными значениями  $S$  и  $SR$  (44 (9,7%) и 116 (25,7%) соответственно), а также с разными вариантами изменений либо  $S$ , либо  $SR$  (168 (37,3%)). После КШ доминирует количество сегментов с нормальными деформационными свойствами (254 (56,7%)), а также преобладают сегменты с нормальным значением  $S$  и высоким  $SR$  (25,7%), восстанавливается нормальное направление движения волокон.

Наше исследование показало, что анализ только средних показателей деформационных свойств волокон миокарда ЛЖ не дает детальной информации о влиянии ИБС и КШ на функцию сегментов ЛЖ. Так, обобщенные данные показали снижение  $S$  при нормальной  $SR$  продольных волокон, снижение  $S$  и  $SR$  циркулярных волокон, а также нормальное значение  $S$  и увеличение  $SR$  радиальных волокон до реваскуляризации. Аналогичный анализ функции волокон после КШ показал отсутствие динамики деформационных свойств ЛЖ. Таким образом, хирургическая реваскуляризация не оказывает влияния на функцию волокон ЛЖ. В противовес литературным данным [10–12] был принят более детальный анализ функции  $S$  и  $SR$  каждого сегмента. Это привело к тому, что помимо сегментов со снижением деформационных свойств при ИБС отмечается значительное количество сегментов с разными вариантами изменений показателей  $S$  или  $SR$ , что может, на наш взгляд, свидетельствовать о компенсаторно-приспособительной функции волокон миокарда ЛЖ. При подробном исследовании сегментов после операции отмечается достоверная положительная динамика функции сегментов с низкими значениями  $S$  и  $SR$  всех волокон ЛЖ, а также увеличение количества сегментов с нормальным или повышенным значением  $SR$ . Таким образом, подробный анализ сегментов показывает положительное влияние реваскуляризации на функцию волокон ЛЖ в ранние сроки.

## Выводы

1. Влияние ИБС на сегменты ЛЖ выражается не только в сочетанном снижении или компенсаторном увеличении  $S$  и  $SR$  (группы 2, 3), но и характеризуется разнообразными вариантами, связанны-

ми с изменением преимущественно показателя  $S$  или  $SR$  (группы 4–9). Наряду с этим отмечается изменение направления движения волокон миокарда ЛЖ (группа 10).

2. Снижение деформационных показателей ( $S$  и  $SR$ ) у пациентов в ответ на ИБС отмечено в 211 (46,8%) продольных сегментах, в 232 (51,5%) циркулярных и в 116 (25,7%) радиальных волокнах ЛЖ, тогда как 239 (53,2%) сегментов продольных, 218 (48,5%) циркулярных и 328 (72,8%) сегментов радиальных волокон представлены нормальными и повышенными значениями  $S$  и  $SR$ , а также разными вариантами изменений  $S$  либо  $SR$ .

3. Влияние хирургической реваскуляризации осуществляется в виде достоверной положительной динамики деформационных свойств продольных и циркулярных волокон ЛЖ в группе с низкими значениями  $S$  и  $SR$  (группа 2), а также увеличением количества сегментов с высоким или нормальным значением  $SR$ .

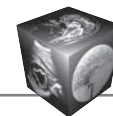
4. Преобладание сегментов с нормальными значениями  $S$  и  $SR$  (254 (56,7%)) отмечается в ответ на хирургическую реваскуляризацию при анализе радиальных волокон.

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

6. Изучение влияния ИБС и хирургической реваскуляризации целесообразно проводить при детальном изучении функции каждого сегмента.

## Список литературы

1. Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. Эхокардиография от М.К. Рыбаковой. М.: Видар-М, 2016. 600 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. Echocardiogr.* 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. Echocardiogr.* 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. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар-М, 2012. 88 с.
7. Резник Е.В., Гендлин Г.Е., Сторожаков Г.И. Эхокардиография в практике кардиолога. М.: Практика, 2013. 212 с.
8. 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.
9. Rostamzadeh A., Shojaeifard M., Rezaei Y. et al. Diagnostic accuracy of myocardial deformation indices for detecting high risk coronary artery disease in patient without regional wall motion abnormality. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015; 8 (6): 9412–9420.
  10. Valocik G., Valocikova I., Mitro P. et al. Diagnostic accuracy of global myocardial deformation indexes in coronary artery disease: a velocity vector imaging study. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 28 (8): 1931–1942.
  11. Гляров М.Ю., Мурашова Н.К., Новикова Н.А. и др. Использование спекл-трекинг эхокардиографии для предсказания жизнеспособности миокарда у больных с постинфарктным кардиосклерозом. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014; 1: 73–83.
  12. Smiseth O.A., Trop H., Opdahl A. et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur. Heart J.* 2016; 37: 1196–1207.
  13. 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.
  14. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendation for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American society of echocardiography and the Eur. Assoc. Cardiovasc. Imaging. 2015; 16: 233–271.
  15. Хельсинкская 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: 25.05.2016)
- ## References
1. Rybakova M.K., Mitkov V.V., Baldin D.G. Echocardiography from M.K. Rybakova. M.: Vidar-M, 2016. 600 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. Echocardiogr.* 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. Echocardiogr.* 2012; 25 (5): 543–552.
  5. Functional diagnostics in cardiology: clinical interpretation. Ed. Vasyuk Yu.A. M.: Prakticheskaya meditsina, 2009. 312 p. (In Russian)
  6. Alekhin M.N. Ultrasound estimation techniques and their clinical significance. M.: Vidar-M, 2012. 88 p. (In Russian)
  7. Reznik E.V., Gendlin G.E., Storozhakov G.I. Echocardiography in cardiologist's practice. M.: Praktika, 2013. 212 p. (In Russian)
  8. 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: 264–272.
  9. Rostamzadeh A., Shojaeifard M., Rezaei Y. et al. Diagnostic accuracy of myocardial deformation indices for detecting high risk coronary artery disease in patient without regional wall motion abnormality. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015; 8 (6): 9412–9420.
  10. Valocik G., Valocikova I., Mitro P. et al. Diagnostic accuracy of global myocardial deformation indexes in coronary artery disease: a velocity vector imaging study. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 28 (8): 1931–1942.
  11. Gilyarov M.Y., Murashova N.K., Novikova N.A. et al. Speckle Tracking echocardiography for myocardial viability predicting in patients with previous myocardial infarction. *Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika.* 2014; 1: 73–83. (In Russian)
  12. Smiseth O.A., Trop H., Opdahl A. et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur. Heart J.* 2016; 37: 1196–1207.
  13. 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)
  14. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendation for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American society of echocardiography and the Eur. Assoc. Cardiovasc. Imaging. 2015; 16: 233–271.
  15. 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: 25.05.2016). (In Russian)