

Влияние хирургической и интервенционной реваскуляризации на миокард левого желудочка 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 Impact of Surgical and Interventional Revascularization on the Myocardium of the Left Ventricle Using Velocity Vector Imaging

Petrova E.B.

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Цель исследования: оценить влияние хирургической и интервенционной 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 216 и 234 сегментах ЛЖ до и после хирургической и интервенционной реваскуляризации.

Результаты. Влияние ишемической болезни сердца на сегменты ЛЖ у всех пациентов выражается в сочетании снижении или компенсаторном увеличении S и SR и вариантами, связанными с изменением преимущественно S или SR. Также отмечается изменение направления движения волокон ЛЖ. Хирургическая реваскуляризация имеет негативное влияние в ранние сроки на циркулярные волокна, так как в большинстве (167 (77%)) сегментов отмечено снижение показателей S и SR. Влияние интервенционной реваскуляризации в ранние сроки показало положительную динамику деформационных свойств всех волокон миокарда ЛЖ. Выраженная положительная динамика SR наблюдается в продольных

(171 (73%)) и циркулярных (124 (52,9%)) волокнах. Нормализация S при увеличении SR отмечена в радиальных волокнах (187 (80%)). 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 of surgical and interventional revascularization on parameters of deformation (S) and strain rate (SR) longitudinal, circular and radial fibers of the LV myocardium.

Materials and methods. The analysis of the S and SR of longitudinal, circular and radial fibers 216 and 234 in the LV segments before and after surgical and interventional revascularization.

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.

Contact: Petrova Ekaterina Borisovna – Minin sq., 10/1, 603950, Nizhny Novgorod, Russia. Nizhny Novgorod State Medical Academy. Phone: 8-831-433-75-78. 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.



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. Surgical revascularization has a negative impact in the early stages on a circular fiber, since in most (167 (77%)) segments noted a decrease S and SR. The impact of interventional revascularization in the early period showed the positive dynamics of the deformation properties of all LV myocardial fibers. Positive dynamics is observed in longitudinal SR (171 (73%)) and circular (124 (52.9%)) fibers. Normal S and increased SR observed in radial fibers (187 (80%)). All segments with the change of direction its motion regained its function.

Conclusion. Technology Velocity Vector Imaging to conduct a detailed analysis of L_v 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

Реваскуляризация миокарда осуществляется при помощи чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) и аортокоронарного шунтирования (АКШ) [1]. Эхокардиографическое (ЭхоКГ) исследование пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) является важным диагностическим методом, позволяющим проводить наблюдение за пациентом до и после реваскуляризации. Сократительная функция левого желудочка (ЛЖ) – сложный процесс, связанный с взаимодействием продольных, радиальных и циркулярных волокон. Во время систолы происходит укорочение продольных и циркулярных волокон, а также поперечное утолщение радиальных волокон [2]. Детальный анализ сократимости миокарда ЛЖ можно получить при использовании технологии Velocity Vector Imaging (VVI) [3–5]. В отечественной литературе данная технология определяется термином “визуализация вектора скорости движения миокарда” [6]. Показателями, отражающими функцию волокон ЛЖ, являются деформация (S) и скорость деформации (SR) [3]. Согласно данным литературы, при ИБС в первую очередь изменяются деформационные показатели продольных волокон, так как кровоснабжение субэндокардиальных слоев страдает в большей степени [7]. При трансмуральном поражении нарушается функция продольных, радиальных и циркулярных волокон. 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 [2, 8, 9].

В отечественной и зарубежной литературе имеются работы, дающие информацию о функции волокон ЛЖ при ИБС и после реваскуляризации, однако основное внимание при динамическом наблюдении уделяется продольным волокнам [10, 11]. Не было найдено работ, посвященных влиянию хирургической и интервенционной реваскуляризации на показатели деформации и скорости деформации всех волокон ЛЖ при использовании технологии VVI.

Цель исследования

Оценить влияние хирургической и интервенционной реваскуляризации на показатели деформации и скорости деформации продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ.

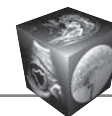
Материал и методы

Проведен анализ 216 сегментов ЛЖ у 12 человек с ИБС до и на 12-е сутки после операции АКШ (группа хирургической реваскуляризации) и 234 сегментов у 13 человек до и на 4-е сутки после стентирования коронарных артерий (группа интервенционной реваскуляризации). Перенесенный инфаркт миокарда (ИМ) в группе хирургической реваскуляризации имели в анамнезе 9 (75%) человек, у 3 (25%) обследованных зарегистрированы только ишемические изменения. У пациентов группы интервенционной реваскуляризации перенесенный ИМ выявлен у 8 (61%), только ишемические изменения – у 5 (39%) обследованных.

По данным ЧКВ в группе хирургической реваскуляризации 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. В группе интервенционной реваскуляризации у 3 пациентов наблюдалось однососудистое поражение (ПНА), двухсосудистое у 4 (ПНА и ОА, ПНА и ПКА), трехсосудистое поражение – у 6 обследованных (ПНА+ОА+ПКА).

ЭхоКГ-исследование выполняли на ультразвуковом сканере Acuson X 300 (Siemens) датчиком 1–5 МГц в В-режиме, в режиме дуплексного сканирования (цветовое доплеровское картирование и импульсная доплерография). Оценка деформационных свойств миокарда ЛЖ проводилась 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 [5]. Так, функцию продольных волокон исследова-

**Таблица 1.** Динамика ЭхоКГ-показателей функции ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации

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

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

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

Показатель	До реваскуляризации	После реваскуляризации	p
Индекс КДО, мл/м ²	53,7 ± 9,7	52,6 ± 8,5	0,46
Индекс КСО, мл/м ²	21,9 ± 6,5	21,2 ± 4,6	0,45
ФВ	58,5 ± 5,9	59,0 ± 3,9	0,75
ИНЛС	1,04 ± 0,08	1,03 ± 0,05	0,16

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

ли 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 [12]. Исследование функции продольных, циркулярных и радиальных волокон до и после реваскуляризации проводили на основании изменения величины систолической деформации (S) и скорости деформации (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 модифицированному 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 [13]. 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)) [14] 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

Стандартное ЭхоКГ-исследование у пациентов группы хирургической реваскуляризации

При проведении стандартной ЭхоКГ в покое не было выявлено динамики показателей систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ (табл. 1).

При оценке сократительной функции ЛЖ ИНЛС находился в пределах от 1 до 2,25. Нарушение сократимости ЛЖ было выявлено у 6 (50%) пациентов. 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, 28 (75%) – акинезию, 1 (4%) – дискинезию. 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.

Стандартное ЭхоКГ-исследование у пациентов группы интервенционной реваскуляризации

При проведении стандартной ЭхоКГ в покое не было выявлено динамики показателей систоличе-



ской, диастолической и сократительной функции ЛЖ (табл. 2).

При оценке сократительной функции ЛЖ ИНЛС находился в пределах от 1 до 1,25. Нарушение сократимости ЛЖ было выявлено у 4 (30%) пациентов. При визуальной оценке проанализирован 221 сегмент. До хирургической реваскуляризации по данным стандартной ЭхоКГ выявлено только 7 (3%) сегментов ЛЖ с сократительной дисфункцией. При детальном анализе сократимости 5 (71%) сегментов имели дисфункцию в виде гипокинезии, 2 (29%) – акинезию. После интервенционной реваскуляризации количество сегментов с сократительной дисфункцией не изменилось.

Использование технологии VVI при исследовании влияния хирургической реваскуляризации на функцию волокон ЛЖ

Анализ функции продольных волокон выполнен в 216 сегментах ЛЖ до и после реваскуляризации (рис. 1).

Нормальные показатели S ($-19,7 \pm 1,13\%$) 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 ($S -18,03 \pm 6,5\%$ ($p = 0,54$); $SR -1,39 \pm 0,5$ ($p = 0,12$)). В группе 2 ($n = 113$ (53%)) низкие показатели S ($-10,01 \pm 4,4\%$) и SR ($-0,56 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$) увеличились ($S -12,7 \pm 6,06$ ($p = 0,0001$); $SR -0,88 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)), но не достигли нормы. При детальном анализе данной группы в 53 (47%) сегментах показатели S не превышали 10,2% ($-6,03 \pm 2,8\%$), показатели SR также были значительно снижены ($-0,42 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$). После реваскуляризации наблюдалась положительная динамика S ($-9,05 \pm 5,4\%$ ($p = 0,0004$) и SR ($-0,63 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,0004$)) в этих сегментах, однако показатели остались очень низкими. Достоверное улучшение деформационных свойств миокарда отмечено среди сегментов со значением S более 10,2% ($n = 61$ (53%)). Так, динамическое наблюдение показало увеличение S с $-13,4 \pm 1,8\%$ до $-16,0 \pm 4,5\%$ ($p = 0,0001$), SR с $-0,68 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$ до $-1,10 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$). Следует отметить, что S осталась низкой, а показатель SR в среднем достиг нормы. Таким образом, более выраженное восстановление деформационных свойств происходит в сегментах с исходным значением S более 10,2% (S $p = 0,000001$; SR $p = 0,00001$), что соответствует литературным данным [2].

Высокие S ($-27,0 \pm 4,3\%$) и SR ($-1,85 \pm 0,9 \text{ с}^{-1}$) в группе 3 ($n = 22$ (10%)) нормализовались ($S -17,60 \pm 4,2$ ($p = 0,00001$); $SR -1,1 \pm 0,4$ ($p = 0,005$)). В группах 4 ($n = 5$ (2%)) и 5 ($n = 18$ (8%)) нормальные показатели S ($-19,7 \pm 1,60\%$ и

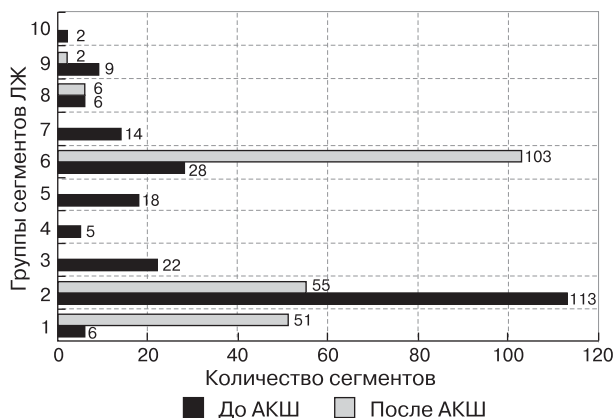


Рис. 1. Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации ($n = 216$).

$-19,1 \pm 1,2\%$) сочетались со снижением ($-0,71 \pm 0,20 \text{ с}^{-1}$) и с увеличением ($-1,49 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$) SR . После реваскуляризации произошла нормализация SR ($-1,11 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,005$) и $-1,04 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,005$)) соответственно). В группах 6 ($n = 28$ (13%)) и 7 ($n = 14$ (6%)) при низкой S ($-13,8 \pm 3,02\%$ и $-14,5 \pm 1,5\%$) 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 ($-17,2 \pm 5,4$ ($p = 0,14$)) и SR ($-1,04 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,95$)) не произошло. В группе 7 выявлена нормализация SR ($-1,14 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,01$)) при низкой S ($-15,3 \pm 4,3\%$ ($p = 0,53$)). Значения S в группах 8 ($n = 6$ (3%)) и 9 ($n = 2$ (1%)) были увеличены ($-23,5 \pm 1,5\%$ и $-23,07 \pm 0,7\%$ соответственно), при этом SR 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 наблюдали изменение направления направления движения продольных волокон (S $2,0 \pm 0,0\%$ и SR $0,02 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$). При динамическом наблюдении нормальное движение восстановилось, однако величины S и SR были низкими ($S -3,8 \pm 0,0\%$; $SR -0,26 \pm 0,06 \text{ с}^{-1}$).

Таким образом, в ранние сроки после реваскуляризации осталось 5 групп сегментов: группа 1 – нормальные показатели S и SR ($n = 51$ (24%)), группа 2 – S и SR снижены ($n = 55$ (25%)), группа 6 – S снижена, SR норма ($n = 103$ (47%)), группа 8 – S увеличена, SR норма ($n = 6$ (3%)), группа 9 – S увеличена, SR снижена ($n = 2$ (1%)).

При исследовании циркулярных волокон в 216 сегментах ЛЖ к группам 3, 8 и 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 2). В группе 1

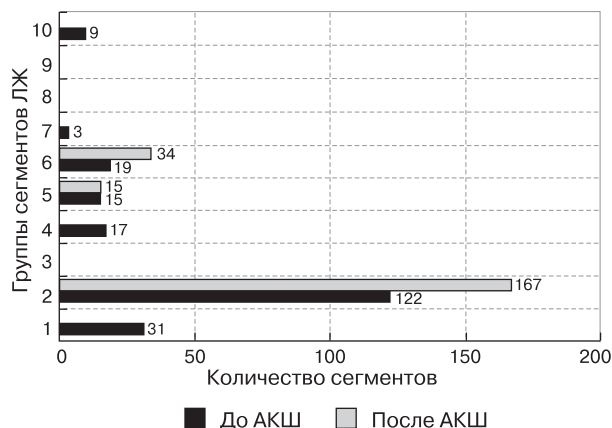
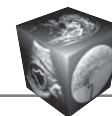


Рис. 2. Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 216).

(n = 31 (15%)) с нормальными показателями S ($-24,4 \pm 3,9\%$) и SR ($-1,66 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$) после реваскуляризации отмечается снижение S ($-19,7 \pm 4,7\%$ ($p = 0,000004$)) при нормальной SR ($-1,49 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,12$)). В группе 2 (n = 122 (57%)) (S $-10,9 \pm 4,8\%$; SR $-0,76 \pm 0,3 \text{ c}^{-1}$) наблюдали положительную динамику в виде увеличения S ($-12,8 \pm 7,8\%$ ($p = 0,02$)) и SR ($-0,98 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,00002$)), однако значения оставались низкими. В группе 4 (n = 17 (7%)) (S $-22,4 \pm 1,4\%$; SR $-1,22 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$) после реваскуляризации снизилась S ($-17,50 \pm 5,9\%$ ($p = 0,002$)), а SR осталась без изменения ($-1,17 \pm 0,3 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,64$)). В группе 5 (n = 15 (6,9%)) (S $-27,00 \pm 4,4\%$; SR $-2,02 \pm 1,1 \text{ c}^{-1}$) S снизилась, однако осталась в пределах нормы (S $-20,5 \pm 6,05\%$ ($p = 0,002$)), тогда как SR осталась без изменения ($-1,44 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,08$)). В группе 6 (n = 19 (8,7%)) S осталась без динамики (ниже нормы) (S $-14,6 \pm 3,7\%$ ($p = 0,46$)), SR достоверно снизилась с $-1,54 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$ до $-1,26 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,01$). В группе 7 (n = 3 (1,4%)) произошла нормализация показателя SR с $-2,34 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ до $-1,40 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,03$), тогда как увеличения S выявлено не было (S $-15,9 \pm 2,2\%$ ($p = 0,06$)). В группе 10 (n = 9 (4%)) (S $12,9 \pm 5,30\%$, SR $1,00 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон, хотя деформационные свойства сегментов остаются низкими (S $-5,1 \pm 13,8\%$ ($p = 0,002$), SR $-0,41 \pm 0,7 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,0002$)).

Таким образом, после хирургической реваскуляризации осталось 3 группы сегментов: группа 2 – S и SR снижены (n = 167 (77%)), группа 5 – S норма, SR увеличена (n = 15 (7%)), группа 6 – S снижена, SR норма (n = 34 (16%)).

При анализе радиальных волокон до реваскуляризации было определено 10 групп (рис. 3). До (S $27,8 \pm 4,3\%$; SR $1,36 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$) и после опера-

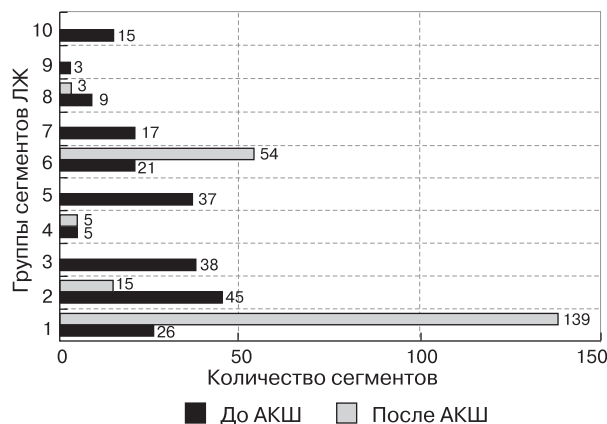
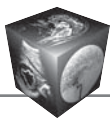


Рис. 3. Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после хирургической реваскуляризации (n = 216).

тивного лечения в группе 1 (n = 26 (13%)) показатели S ($22,7 \pm 9,7\%$ ($p = 0,01$)) и SR ($1,29 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,48$)) оставались в пределах нормы. Показатели S ($13,3 \pm 4,9\%$) и SR ($0,71 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$) в группе 2 (n = 45 (21,4%)) претерпели положительную динамику, однако S осталась сниженной ($18,7 \pm 12,1\%$ ($p = 0,007$)), а SR увеличилась до нормы ($1,16 \pm 0,5 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,00002$)). При детальном анализе данной группы были выделены сегменты со значением S более 17,2% (S $18,9 \pm 1,3\%$, SR $0,80 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$) (n = 12 (26%)) и менее 17,2% (S $11,3 \pm 4,2\%$, SR $0,68 \pm 0,2 \text{ c}^{-1}$) (n = 33 (74%)). Следует отметить, что после реваскуляризации выявлена нормализация показателей S ($25,1 \pm 8,4\%$ ($p = 0,001$)) и SR ($1,49 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,0002$)) в сегментах со значением S более 17,2%. Достоверная положительная динамика S ($16,4 \pm 12,5\%$ ($p = 0,03$)) и SR ($1,05 \pm 0,50 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,0005$)) получена среди сегментов с деформацией менее 17,2%, при этом S осталась сниженной, тогда как SR достигла нижней границы нормы, что соответствует данным литературы [2]. Увеличенные S и SR (S $48,7 \pm 15,4\%$, SR $2,71 \pm 0,8 \text{ c}^{-1}$) в группе 3 (n = 38 (17,5%)) после реваскуляризации нормализовались (S $22,5 \pm 10,9$ ($p = 0,000001$), SR $1,30 \pm 0,4 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,000001$)). В группе 4 (n = 5 (2%)) до (S $26,6 \pm 2,3\%$, SR $0,84 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$) и после реваскуляризации отмечалось нормальное значение S ($22,7 \pm 6,75 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,24$)) и снижение SR ($1,46 \pm 0,8 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,17$)). В группе 5 (n = 37 (17,1%)) S находилась в пределах нормы до (S $29,5 \pm 4,6\%$) и после реваскуляризации (S $24,04 \pm 16,4\%$ ($p = 0,05$)), показатель SR снизился до нормы с $2,30 \pm 0,6 \text{ c}^{-1}$ до $1,44 \pm 0,9 \text{ c}^{-1}$ ($p = 0,00002$). Отсутствие динамики S ($17,8 \pm 3,4\%$) и SR ($1,29 \pm 0,1 \text{ c}^{-1}$) наблюдали в группе 6 (n = 21 (9,7%)). Так, сниженная S не изменилась ($22,6 \pm 12,1\%$ ($p = 0,09$)), а SR осталась в пределах нор-



мы ($1,46 \pm 0,9 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,43$)). В группе 7 ($n = 17$ (7%)) ($S 15,4 \pm 5,6\%$, $SR 2,29 \pm 0,7 \text{ с}^{-1}$) произошла нормализация S ($23,6 \pm 10,5\%$ ($p = 0,008$)) и SR ($1,52 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,0005$)). Увеличенная S ($S 41,9 \pm 4,6\%$) снизилась в группе 8 ($n = 9$ (4%)) до нормы ($S 22,2 \pm 9,5\%$ ($p = 0,00004$)). Показатель SR 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 ($40,9 \pm 2,0\%$) после операции не изменилось ($S 30,8 \pm 15,5$ ($p = 0,32$)) в группе 9 ($n = 3$ (1,4%)), тогда как низкое значение SR ($0,66 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$) после операции увеличилось до нормы ($SR 1,63 \pm 0,4$ ($p = 0,03$)). В группе 10 ($n = 15$ (6,9%)) ($S -19,9 \pm 11,2\%$, $SR -1,37 \pm 0,7 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон, хотя показатели деформации остались низкими ($S 12,21 \pm 9,97\%$ ($p = 0,000001$), $SR 1,02 \pm 0,90 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)).

Таким образом, после хирургической реваскуляризации осталось 5 групп сегментов: группа 1 – S и SR в норме ($n = 139$ (64%)), группа 2 – S и SR снижены ($n = 15$ (7%)), группа 4 – S норма, SR снижена ($n = 5$ (3%)), группа 6 – S снижена, SR норма ($n = 54$ (25%)), группа 8 – S увеличена, SR норма ($n = 3$ (1%)).

Использование технологии VVI при исследовании влияния интервенционной реваскуляризации на функцию волокон ЛЖ

Анализ функции продольных волокон выполнен в 234 сегментах ЛЖ до и после реваскуляризации (рис. 4).

В группу 9 и 10 исходно не было отнесено ни одного сегмента.

Нормальные показатели S ($-19,7 \pm 1,3\%$) и SR ($-1,02 \pm 0,06 \text{ с}^{-1}$) были выявлены в 12 (5,1%) сегментах ЛЖ (группа 1) и остались без изменения после реваскуляризации ($S -19,3 \pm 4,9\%$ ($p = 0,73$); $SR -1,19 \pm 0,6$ ($p = 0,37$)). В группе 2 ($n = 119$ (50,8%)) низкие показатели S ($-10,6 \pm 3,9\%$) и SR ($-0,6 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$) ЛЖ увеличились ($S -14,5 \pm 4,9$ ($p = 0,0001$); $SR -0,97 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)), причем SR достигла нормы. При детальном анализе данной группы в 47 (39%) сегментах S не превышала 10,2% ($-6,1 \pm 2,2\%$), SR также была значительно снижена ($-0,47 \pm 0,21 \text{ с}^{-1}$). После реваскуляризации наблюдалась положительная динамика S ($-11,7 \pm 4,8\%$ ($p = 0,000001$)) и SR ($-0,85 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)) в этих сегментах, однако показатели остались низкими. Достоверное улучшение деформационных свойств миокарда отмечено среди сегментов со значением S бо-

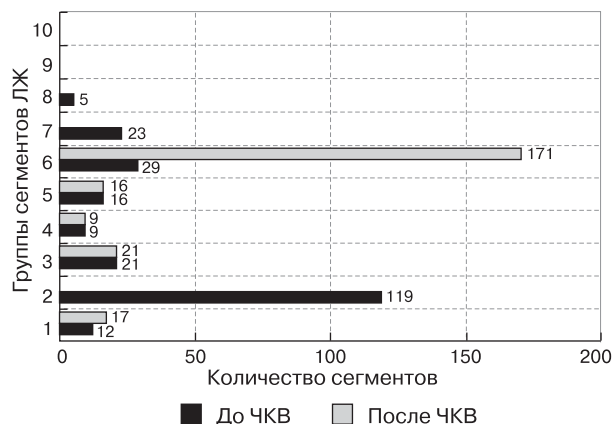


Рис. 4. Деформационные свойства сегментов продольных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после интервенционной реваскуляризации ($n = 234$).

лее 10,2% ($n = 72$ (61%)). Динамическое наблюдение показало увеличение S с $-13,4 \pm 1,8\%$ до $-16,2 \pm 4,2\%$ ($p = 0,000001$), SR с $-0,68 \pm 0,13 \text{ с}^{-1}$ до $-1,05 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$). Следует отметить, что S осталась низкой, а показатель SR в среднем достиг нормы. Таким образом, более выраженное восстановление деформационных свойств ЛЖ происходит в сегментах с исходным значением S более 10,2% ($S p = 0,000001$; $SR p = 0,000001$), что соответствует литературным данным [2]. Высокие S ($-26,6 \pm 4,7\%$) и SR ($-1,85 \pm 0,7 \text{ с}^{-1}$) в группе 3 ($n = 21$ (8,9%)) остались без изменения ($S -21,2 \pm 14,9$ ($p = 0,09$); $SR -1,66 \pm 0,6$ ($p = 0,32$)). В группах 4 ($n = 9$ (3,8%)) и 5 ($n = 16$ (6,8%)) нормальные показатели S ($-19,1 \pm 1,1\%$ и $-19,9 \pm 1,9\%$) сочетались со снижением ($-0,79 \pm 0,08 \text{ с}^{-1}$) и с увеличением ($-1,38 \pm 0,14 \text{ с}^{-1}$) SR . После реваскуляризации показатели деформационных свойств миокарда в этих группах остались без изменения ($p = 0,8$; $0,12$ и $p = 0,21$; $0,16$ соответственно). В группах 6 ($n = 29$ (12,3%)) и 7 ($n = 23$ (9,8%)) при низких значениях S ($-13,5 \pm 2,8\%$ и $-14,1 \pm 2,6\%$) наблюдали нормальные ($-1,01 \pm 0,07 \text{ с}^{-1}$) и увеличенные ($-1,42 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$) значения SR . После интервенционного вмешательства в группе 6 получена положительная динамика S ($-16,7 \pm 4,8$ ($p = 0,001$)) и отсутствие изменений SR ($-1,08 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,95$)). В группе 7 произошла нормализация показателя SR ($-0,94 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)) при низкой S ($-15,7 \pm 3,2\%$ ($p = 0,08$)). Значение S в группе 8 ($n = 5$ (2,5%)) было увеличено ($-23,4 \pm 0,9\%$), при этом SR находилась в пределах нормы ($-1,05 \pm 0,05 \text{ с}^{-1}$). После реваскуляризации была отмечена нормализация показателей S и SR ($S -19,7 \pm 1,9\%$, $SR -1,14 \pm 0,11 \text{ с}^{-1}$).

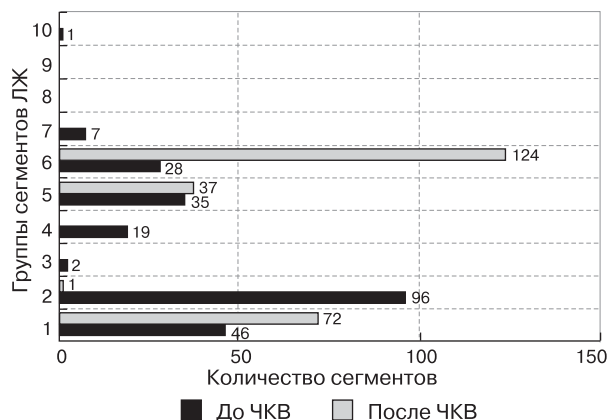
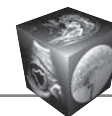


Рис. 5. Деформационные свойства сегментов циркулярных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после интервенционной реваскуляризации (n = 234).

После интервенционной реваскуляризации осталось 5 групп сегментов: группа 1 – нормальные показатели S и SR (n = 17 (7,5%)), группа 3 – S и SR увеличены (n = 21 (8,9%)), группа 4 – S норма, SR снижена (n = 9 (3,8%)), группа 5 – S норма, SR увеличена (n = 16 (6,8%)), группа 6 – S снижена, SR норма (n = 171 (73%)).

При исследовании циркулярных волокон в 234 сегментах ЛЖ к группам 8 и 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 5). В группе 1 (n = 46 (19,6%)) показатели S ($-25,6 \pm 3,7\%$) и SR ($-1,63 \pm 0,19 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации остаются в пределах нормы, несмотря на снижение S ($S -22,5 \pm 6,0\%$ ($p = 0,001$); SR ($-1,53 \pm 0,53 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,29$)). В группе 2 (n = 96 (41%)) (S $-12,6 \pm 4,2\%$; SR $-0,83 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$) наблюдали достоверную положительную динамику в виде увеличения S ($-18,4 \pm 6,7\%$ ($p = 0,000001$)) и нормализации SR ($-1,42 \pm 0,7 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,000001$)). Высокое значение S ($-39,5 \pm 0,47\%$) в группе 3 (n = 2 (0,8%)) нормализовалось ($-22,3 \pm 0,25\%$ ($p = 0,005$)), однако высокая SR ($-2,42 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$) осталась без изменения ($p = 0,18$). В группе 4 (n = 19 (8,1%)) (S $-23,03 \pm 2,1\%$; SR $-1,04 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации произошла нормализация SR ($-1,52 \pm 0,5 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,001$)), тогда как S не изменилась ($-21,9 \pm 6,1\%$ ($p = 0,44$)). В группе 5 (n = 35 (14,9%)) (S $-29,1 \pm 4,9\%$; SR $-2,5 \pm 0,42 \text{ с}^{-1}$) наблюдалась достоверная динамика S ($-26,0 \pm 7,47\%$ ($p = 0,01$)) и SR ($-2,03 \pm 0,71 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,0002$)), однако S осталась в пределах нормы, а SR – увеличенной. В группе 6 (n = 28 (11,9%)) низкая S ($-16,7 \pm 2,7\%$) достоверно увеличилась ($-19,8 \pm 5,08\%$ ($p = 0,009$)), но не достигла нормы, а SR осталась без изменения ($-1,52 \pm 0,15 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,54$)). В группе 7 (n = 7 (2,9%))

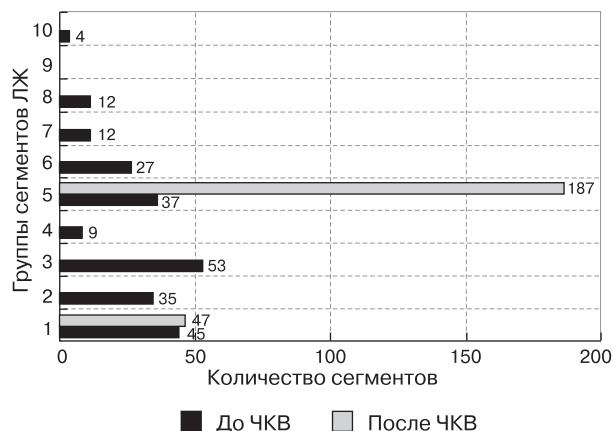
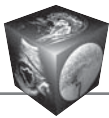


Рис. 6. Деформационные свойства сегментов радиальных волокон ЛЖ в исследуемых группах до и после интервенционной реваскуляризации (n = 234).

произошла нормализация показателя S с $-16,3 \pm 2,6\%$ до $-20,5 \pm 5,1\%$ ($p = 0,04$) и SR с $-2,4 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ до $-1,62 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,001$). В группе 10 (n = 1 (0,8%)) (S $21,7\%$, SR $0,46 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон, хотя показатели деформационных свойств остаются низкими (S $-12,09\%$, SR $-1,0 \text{ с}^{-1}$).

Таким образом, после интервенционной реваскуляризации осталось 4 группы сегментов: группа 1 – S и SR норма (n = 72 (30,7%)), группа 2 – S и SR снижены (n = 1 (0,8%)), группа 5 – S норма, SR увеличена (n = 37 (15,6%)), группа 6 – S снижена, SR норма (n = 124 (52,9%)).

При анализе радиальных волокон до реваскуляризации в группу 9 не было отнесено ни одного сегмента (рис. 6). В группе 1 (n = 45 (19,2%)) нормальные показатели S ($28,3 \pm 4,4\%$) и SR ($1,29 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации увеличились, причем S приблизилась к верхней границе нормы ($37,0 \pm 17,3\%$ ($p = 0,001$)), а SR превысила норму ($1,71 \pm 0,77 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,0006$)). Показатели S ($12,04 \pm 5,6\%$) и SR ($0,71 \pm 0,2 \text{ с}^{-1}$) в группе 2 (n = 35 (14,9%)) нормализовались (S $27,2 \pm 16,4\%$ ($p = 0,000003$); SR $1,44 \pm 0,7 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,00005$)). При детальном анализе данной группы были выделены сегменты со значением S более $17,2\%$ (S $19,3 \pm 1,5\%$, SR $0,84 \pm 0,1 \text{ с}^{-1}$) (n = 7 (20%)) и менее $17,2\%$ (S $10,2 \pm 4,7\%$, SR $0,67 \pm 0,26 \text{ с}^{-1}$) (n = 28 (80%)). Следует отметить, что после реваскуляризации показатели S ($37,1 \pm 17,3\%$ ($p = 0,03$)) в среднем достигли верхней границы нормы, а SR ($1,84 \pm 0,93 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,03$)) значительно превысила норму в сегментах со значением S более $17,2\%$. Нормализация S ($24,8 \pm 15,6\%$ ($p = 0,000006$)) и SR ($1,34 \pm 0,73 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,00008$)) получена среди



сегментов с деформацией менее 17,2%, что противоречит литературным данным [2]. Восстановление функции сегментов произошло при значении S менее 17,2%.

Увеличенные S и SR ($S 59,6 \pm 17,7\%$, $SR 2,06 \pm 0,65 \text{ с}^{-1}$) в группе 3 ($n = 53$ (22,6%)) достоверно снизились ($S 36,3 \pm 18,1$ ($p = 0,00001$), $SR 1,87 \pm 0,65 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,00001$)), однако SR превышает норму. В группе 4 ($n = 9$ (3,8%)) S не изменилась ($S 25,8 \pm 2,8\%$ ($p = 0,1$)), а низкая SR ($0,91 \pm 0,13 \text{ с}^{-1}$) резко увеличилась ($1,9 \pm 0,59 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,001$)). В группе 5 ($n = 37$ (15,6%)) S ($29,6 \pm 4,6\%$ ($p = 0,56$)) и SR ($2,1 \pm 0,3 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,26$)) остались без изменений. Нормализация низкой S ($15,8 \pm 4,9\%$) произошла в группе 6 ($n = 27$ (11,5%)) ($S 33,6 \pm 19,3\%$ ($p = 0,00005$)). Показатель SR ($1,21 \pm 0,15 \text{ с}^{-1}$) при этом превысил нормальные значения ($1,83 \pm 0,73 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,0004$)). В группе 7 ($n = 12$ (5,35%)) ($S 16,2 \pm 4,0\%$, $SR 2,18 \pm 0,4 \text{ с}^{-1}$) произошло увеличение S до нормы ($36,8 \pm 10,5\%$ ($p = 0,03$)) и отсутствие динамики со стороны SR ($1,24 \pm 1,2 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,86$)). Увеличенная S ($S 48,2 \pm 9,4\%$) снизилась в группе 8 ($n = 12$ (5,35%)) до нормальных значений ($29,1 \pm 18,6\%$ ($p = 0,01$)), показатель SR оставался в пределах нормы ($SR 1,3 \pm 0,8 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,26$)). В группе 10 ($n = 4$ (1,7%)) ($S -13,8 \pm 1,54\%$, $SR -1,8 \pm 0,73 \text{ с}^{-1}$) после реваскуляризации отмечается правильный характер движения волокон. При этом показатель S достиг нормальных значений ($30,7 \pm 10\%$ ($p = 0,01$)), а SR превысил норму ($1,93 \pm 0,42 \text{ с}^{-1}$ ($p = 0,002$)).

Таким образом, после интервенционной реваскуляризации осталось 2 группы сегментов: группа 1 – S и SR в норме ($n = 47$ (20%)), группа 5 – S норма, SR увеличена ($n = 187$ (80%)).

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. Влияние хирургической реваскуляризации осуществляется в виде нормализации S и SR только продольных и радиальных волокон 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, циркулярных и радиальных волокон зарегистрированы в 55 (25%), 167 (77%) и 15 (7%) сегментах ЛЖ.

3. Влияние интервенционной реваскуляризации осуществляется в виде нормализации S и SR продольных, циркулярных и радиальных волокон в 17 (7,5%), 72 (30,7%) и 47 (20%) сегментах соответственно. Низкие показатели S и SR зарегистрированы только в 1 (0,8%) сегменте циркулярных волокон ЛЖ. Высокие показатели S и SR выявлены в 21 (8,9%) сегменте продольных волокон.

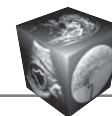
4. Низкий показатель S при нормализации SR продольных, циркулярных и радиальных волокон выявлен в 103 (47%), 34 (16%) и 54 (25%) сегментах ЛЖ у пациентов с хирургической реваскуляризацией. Нормализация показателя S при наличии увеличенной ее скорости получена только при анализе циркулярных волокон в 15 (7%) сегментах. Увеличение S при нормальном SR продольных и радиальных волокон наблюдалось в 6 (3%) и 3 (1%) сегментах. Снижение SR при увеличенной и нормальной S получено соответственно в продольных (2 (1%) сегмента) и радиальных (5 (3%) сегментах) волокнах ЛЖ.

5. После интервенционной реваскуляризации большинство сегментов продольных и циркулярных волокон имело низкое значение S и нормальное значение SR (171 (73%) и 124 (52,9%) соответственно). Нормальное значение S и увеличенная SR наблюдались в большинстве сегментов радиальных волокон (187 (80%)), а также в 16 (6,8%) продольных и 37 (15,6%) циркулярных. Нормализация S при низкой SR получена только при анализе продольных волокон (9 (3,8%)).

6. Все сегменты с изменением направления движения после хирургической и интервенционной реваскуляризации восстановили свою функцию, однако показатели деформации остались низкими.

7. Влияние хирургической реваскуляризации имеет негативное влияние в ранние сроки на циркулярные волокна, так как в большинстве (167 (77%)) сегментах отмечено снижение показателей S и SR. Только в 34 (16%) сегментах произошла нормализация SR при низкой S и в 15 (7%) были выявлены нормальные показатели S при высокой SR.

8. Влияние интервенционной реваскуляризации в ранние сроки показало положительную динамику деформационных свойств всех волокон миокарда ЛЖ. Более выраженная положительная динамика со стороны SR наблюдается при анализе продольных (171 (73%)) и циркулярных (124 (52,9%)) волокон. Нормализация S при компенсаторном увеличении SR отмечена преимущественно при исследовании радиальных волокон (187 (80%)).



Список литературы

1. Алякин Б.Г., Бузиашвили Ю.И., Голухова Е.З. и др. Непосредственные результаты ЧКВ у пациентов старше 80 лет с хронической ишемической болезнью сердца. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2014; 6: 12–16.
2. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар-М, 2012. 88 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Функциональная диагностика в кардиологии: клиническая интерпретация: Учебное пособие; Под ред. Васюка Ю.А. М.: Практическая медицина, 2009. 312 с.
7. Резник Е.В., Гендлин Г.Е., Сторожаков Г.И. Эхокардиография в практике кардиолога. М.: Практика, 2013. 212 с.
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. Гиляров 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. 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.
13. 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 European association of cardiovascular imaging. 2015; 16: 233–271.
14. 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. (дата обращения: 25.05.2015 г.)

References

1. Alekhan B.G., Buziashvili Yu.I., Golukhova Ye.Z. et al. Direct results of percutaneous coronary interventions in patients with chronic ischemic heart disease older than 80 years. *Thoracic and cardiovascular surgery.* 2014; 6: 12–16. (In Russian)
2. Alekhin M.N. Ultrasound estimation techniques and their clinical significance. M.: Vidar-M, 2012. 88 p. (In Russian)
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Functional diagnostics in cardiology: clinical interpretation. Ed. By Vasyuk Yu.A. M.: Prakticheskaya meditsina, 2009. 312 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. *Ultrasound and functional diagnostics.* 2014; 1: 73–83. (In Russian)
12. 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)
13. 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 European association of cardiovascular imaging. 2015; 16: 233–271.
14. 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. (date of the address: 25.05.2015 г.). (In Russian)