

## Результаты стандартной эхокардиографии и использования технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки после хирургической реваскуляризации у пациентов с ишемической болезнью сердца

Васильев А.Ю.<sup>1</sup>, Петрова Е.Б.<sup>2</sup>, Федорова М.В.<sup>3</sup>, Ефимова С.Б.<sup>3</sup>, Кордатов П.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Московский медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова  
Россия, 127473, г. Москва, ул. Делегатская, 20/1

<sup>2</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет  
Россия, 603950, г. Нижний Новгород, пл. Минина, 10/1

<sup>3</sup> Специализированная кардиохирургическая клиническая больница  
Россия, 603136, г. Нижний Новгород, ул. Ванеева, 209

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить влияние хирургической реваскуляризации на функцию левого желудочка (ЛЖ) при использовании стандартного эхокардиографического исследования и технологии Velocity Vector Imaging.

**Материалы и методы.** Обследованы 40 пациентов с ишемической болезнью сердца до, после и спустя 6, 12 и 24 мес после коронарного шунтирования (КШ). Стандартное эхокардиографическое (эхоКГ) исследование выполняли на ультразвуковом сканере Acuson X 300 (Siemens, США) секторным мультчастотным датчиком 5–1 МГц. Для объективной оценки функции миокарда проводился анализ деформационных и ротационных свойств левого желудочка в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc., США) в 720 сегментах ЛЖ.

**Результаты.** Данные стандартного эхоКГ исследования показали стабильный результат систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ на протяжении 2 лет наблюдения. Изучение глобальных значений деформации S и скорости деформации SR показало снижение продольного S спустя 6 мес после КШ в бассейне правой коронарной артерии в группе пациентов с жалобами по сравнению с теми, кто жалоб не имел ( $p = 0,004$ ). Кроме того, в данном бассейне отмечалась тенденция к различию SR между двумя группами ( $p = 0,07$ ). Изучая бассейн правой коронарной артерии, тенденция к снижению S ( $p = 0,06$ ) отмечена в эти же сроки наблюдения. Спустя 1 год после КШ снижение S у пациентов с жалобами ( $p = 0,04$ ) наблюдалось в бассейне огибающей артерии только при изучении циркулярных волокон. Положительная динамика отмечена при изучении диастолической функции волокон и показателей ротации ЛЖ.

**Заключение.** Использование технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки позволяет выявить изменение функции волокон миокарда в бассейнах коронарных артерий, что актуально у пациентов, предъявляющих жалобы на боли в области сердца.

**Ключевые слова:** Velocity Vector Imaging, ишемическая болезнь сердца, левый желудочек, реваскуляризация.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

✉ Петрова Екатерина Борисовна, e-mail: eshakhova@yandex.ru.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено этическим комитетом НижГМА, г. Нижний Новгород (протокол № 2 от 08.02.2017).

Для цитирования: Васильев А.Ю., Петрова Е.Б., Федорова М.В., Ефимова С.Б., Кордастов П.Н. Результаты стандартной эхокардиографии и использования технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки после хирургической реваскуляризации у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019; 18 (2): 31–43. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-2-31-43>.

УДК 616.12-005.4-089-06-073.4-8

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-2-31-43>

## The results of standard echocardiography and use of Velocity Vector Imaging technology after surgical revascularization in patients with coronary artery disease

Vasiliev A.Yu.<sup>1</sup>, Petrova E.B.<sup>2</sup>, Fedorova M.V.<sup>3</sup>, Efimova S.B.<sup>3</sup>, Kordatov P.N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry  
20/1, Delegatskaya Str., Moscow, 127473, Russian Federation

<sup>2</sup> Privolzhsky Research Medical University  
10/1, Minin Sq., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

<sup>3</sup> Specialized Cardiological Clinical Hospital  
209, Vaneev Str., Nizhny Novgorod, 603136, Russian Federation

### ABSTRACT

**The aim** of the study was to assess the impact of surgical revascularization on left ventricular function using standard echocardiographic study and Velocity Vector Imaging technology.

**Materials and methods.** 40 patients with ischemic heart disease were examined before and 12 days, 6, 12 and 24 months after coronary artery bypass grafting (CABG). A standard echocardiographic (EchoCG) study was performed on ultrasound scanner Acuson X 300 (Siemens, USA) with a 5–1 MHz sector multi-frequency sensor. For objective assessment of myocardial function, the analysis of left ventricular (LV) deformation and rotational properties was performed using Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc., CIIIА) in 720 LV segments.

**Results.** Standard EchoCG showed a stable systolic, diastolic and contractile LV function during 2 years of follow-up. The study of global values of strain ( $S$ ) and strain rate ( $SR$ ) showed a decrease in longitudinal  $S$  6 months after CABG in the right coronary artery (RCA) area in the group of patients with complaints compared to those who had no complaints ( $p = 0.004$ ), in addition, in this zone there was a tendency to a difference in longitudinal  $SR$  between these two groups ( $p = 0.07$ ). In anterior descending artery area was a tendency to decreased strain of longitudinal fibers ( $p = 0.06$ ) during the same period of observation. 1 year after CABG, strain decreased in patients with complaints ( $p = 0.04$ ) in the circumference artery area only in circular fibers. Positive dynamics were noted in the diastolic function of left ventricular fibers and rotation indices.

**Conclusion.** The use of Velocity Vector Imaging after coronary bypass surgery shows a change in the function of myocardial fibers in the areas of coronary arteries, which is important in patients complaining of angina pain.

**Key words:** Velocity Vector Imaging, ischemic heart disease, left ventricle, revascularization.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Source of financing.** The authors state that there is no funding for the study.

**Conformity with the principles of ethics.** The study approved by the local ethics committee under Privolzhsky Research Medical University (Protocol No. 2 of 08.02.2017).

For citation: Vasiliev A.Yu., Petrova E.B., Fedorova M.V., Efimova S.B., Kordatov P.N. The results of standard echocardiography and use of Velocity Vector Imaging technology after surgical revascularization in patients with coronary artery disease. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019; 18 (2): 31–43. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-2-31-43>.

## ВВЕДЕНИЕ

Стандартное эхокардиографическое (эхоКГ) исследование играет важную роль в диагностике ишемической болезни сердца (ИБС) и оценке функции миокарда левого желудочка (ЛЖ) до и после хирургической реваскуляризации. По данным литературы, показателями, влияющими на выживаемость пациентов в ранние и отдаленные сроки, являются: фракция выброса (ФВ), индекс конечно-систолического объема (КСО) ЛЖ, а также количество зон жизнеспособного миокарда [1–4]. При этом диастолическая функция (ДФ) рассматривается как ранний маркер ишемии [5–8]. Оценка сократительной функции при стандартном эхоКГ исследовании не несет существенной информации о прогнозе функции ЛЖ в послеоперационном периоде [4]. Это связано с тем, что сократимость – более сложный процесс, связанный с взаимодействием продольных, циркулярных и радиальных волокон, функцию которых при стандартном ультразвуковом исследовании визуально оценить невозможно [9]. Технология визуализация вектора скорости движения миокарда, или Velocity Vector Imaging (VVI), позволяет провести детальный анализ продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ с оценкой их деформации S и скорости деформации SR, а также изучить диастолическую и ротационную функцию [10, 11].

Хирургическая реваскуляризация приводит к улучшению функции ЛЖ и демонстрирует хорошие отдаленные результаты, однако в ряде случаев в ранние сроки отмечается отрицательная динамика [12–14]. По мнению ряда авторов, это может быть связано со структурно-функциональными изменениями миокарда в ответ на хирургическое вмешательство, с реперфузионным синдромом, отеком миокарда и системным воспалительным ответом у пациентов, оперированных в условиях искусственного кровообращения [15, 16].

Цель исследования – оценить влияние хирургической реваскуляризации на функцию левого желудочка при использовании стандартного эхокардиографического исследования и технологии VVI в ранние и отдаленные сроки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы 40 пациентов с ИБС в возрасте 44–75 лет, из них 7 (17,5%) женщин и 33 (82,5%) мужчины. Средний возраст составил  $(60,0 \pm 7,0)$  лет. Перенесенный инфаркт миокарда (ИМ) без патологического зубца Q имели 12 (30,0%), Q-образующий ИМ – 12 (30,0%), ИБС без ИМ – 9 (22,5%) и Q-образующий ИМ с формированием постинфарктной аневризмы (ПИАС) – 7 (17,5%) пациентов. Большинство имели в анамнезе один перенесенный ИМ (28 (90,3%)) и сопутствующую артериальную гипертензию (39 (97,5%)). Коронарный анамнез у всех обследованных составил в среднем  $(3,6 \pm 4,2)$  лет (от 5 мес до 16 лет), срок от перенесенного ИМ до госпитализации  $(3,2 \pm 4,4)$  года (от 5 мес до 16 лет). Острого ИМ не отмечено. При анализе вида ИМ показано преобладание нижнего ИМ (10 (25,0%)) и переднего (5 (12,1%)).

Данные чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) показали доминирование правого типа коронарного кровотока у большинства пациентов (35 (87,5%)), левый тип зарегистрирован у трех (5,0%), сбалансированный – у трех (7,5%) обследованных. Поражение ствола левой коронарной артерии отмечено у 15 (37,5%) человек.

Трехсосудистое поражение отмечено у 31 (77,5,7%) пациента, двухсосудистое – у 9 (22,5%). При анализе коронарного русла выявлено доминирование стенозов со степенью тяжести 71–99% (71 (39,5%) поражений) с преобладанием поражения бассейна передней нисходящей артерии. У 10 (25,0%) пациентов в зоне окклюзии коронарных артерий обнаружено развитие коллатерального кровотока.

Всем больным проведена полная реваскуляризация коронарного русла. Было сформировано 106 шунтов. Коронарное шунтирование (КШ) трех артерий выполнено у 18 (45,0%) пациентов, двух артерий – у 14 (35,0%) и у восьми (20,0%) отмечено шунтирование трех и четырех артерий. Пластика ПИАС отмечена у шести (85,7%), тромбэктомия – у двух (28,5%) обследованных. Длительность перфузии составила в среднем  $87,6 \pm 38,0$ ; от 32 до 198 мин; пережатие аорты –  $64,0 \pm 30,8$ ; от 31 до 149 мин. Летальных исходов не было.

ЭхоКГ исследование выполняли на ультразвуковом сканере Acuson X 300 (Siemens, США) секторным мультисекторным датчиком 5–1 МГц в двухмерном режиме визуализации из парастернальной и апикальной позиций по длинной и короткой осям в режиме второй гармоники с использованием импульсно-волнового, постоянно-волнового доплеровского исследования кровотока и цветного картирования потоков в сроки до, после и спустя 6, 12 и 24 мес после реваскуляризации.

При стандартной эхоКГ в покое осуществлялся анализ систолической функции ЛЖ согласно модифицированному методу Симпсона с вычислением индексов объемов ЛЖ в систолу и диастолу (индекс КСО и КДО) и ФВ. Изучение ДФ осуществляли по трансмитральному потоку при оценке соотношения пиков раннего (пик E) и позднего диастолического наполнения (пик A) ЛЖ, а оценка сократительной функции ЛЖ проводилась согласно рекомендациям Американского эхокардиографического общества совместно с Европейской эхокардиографической ассоциацией при делении ЛЖ на 17 сегментов с расчетом индекса нарушения локальной сократимости (ИНЛС) [17].

Анализ деформационных и ротационных свойств миокарда ЛЖ проводился в режиме постобработки с помощью системы Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc., США). При исследовании ЛЖ с помощью Velocity Vector Imaging оценивались продольные, радиальные и циркулярные волокна ЛЖ. Проводился анализ продольного, радиального, циркулярного S и SR. Деление ЛЖ на сегменты осуществлялось системой Syngo VVI автоматически, согласно заданному алгоритму на 18 сегментов [17]. Всего было проанализировано 720 сегментов. Функцию продольных волокон изучали в апикальных 2-, 4-, 5-камерных позициях. В каждой позиции анализировали по шесть сегментов. Исследование цир-

кулярных, радиальных волокон и показателей ротации проводили из парастернального доступа в поперечном сечении ЛЖ на уровне митрального клапана, папиллярных мышц и на уровне верхушки. В каждом поперечном сечении оценивалось шесть сегментов.

Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 6.0. Для оценки статистической значимости количественных различий между несвязанными группами использовался непараметрический критерий Манна – Уитни, между связанными группами – критерий Вилкоксона. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Данные представлены в виде  $M \pm sd$ , где  $M$  – среднее значение,  $sd$  – стандартное отклонение; минимальных и максимальных значений  $Min-Max$ ; медианы, 25-го и 75-го квартилей  $Me [Q_1; Q_3]$ . При сравнении нескольких показателей в динамике на разных сроках наблюдения при множественных сравнениях и оценке уровня значимости использовался критерий Фридмана. При уровне значимости  $p < 0,05$  проводилось попарное сравнение групп с оценкой критерия Манна – Уитни с поправкой Бонферони.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные стандартного эхоКГ исследования показали, что в среднем у всех пациентов до и после реваскуляризации получены нормальные значения показателей систолической и диастолической функции ЛЖ. Динамики объемов ЛЖ и ФВ в ранние и отдаленные сроки не зафиксировано. Изучение ДФ ЛЖ показало, что положительная динамика зарегистрирована на 12-е сут, которая сохранялась на протяжении всего срока наблюдения. Значимое улучшение сократительной функции отмечалось на протяжении 6 мес наблюдения с отсутствием значимых изменений через 12 и 24 мес (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

| Показатели систолической функции ЛЖ до и после КШ по данным стандартного эхоКГ исследования,<br>$M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3], n = 40$     |  |  |  |  |   |                 |
|--|--|--|--|--|---|-----------------|
| Parameters of LV systolic function before and after CABG according to the standard EchoCG study,<br>$M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3], n = 40$ |  |  |  |  |   |                 |
| Показатель<br>Parameter  | До КШ<br>Befor CABG                        | 12 сут<br>12 days                          | 6 мес<br>6 months                          | 12 мес<br>12 months                        | 24 мес<br>24 months                         | Средн.<br>Aver. |
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | $p$             |
| Индекс КДО,<br>мл / м <sup>2</sup><br>EDV index,<br>ml / m <sup>2</sup>  | 61,4 ± 15,1<br>40–92<br>58<br>[49,0; 77,0] | 58,1 ± 12,1<br>36–85<br>57<br>[49,0; 64,0] | 57,5 ± 11,6<br>40–92<br>55<br>[52,0; 66,0] | 61,0 ± 13,9<br>41–96<br>61<br>[51,0; 67,0] | 67,4 ± 18,2<br>52–118<br>61<br>[55,0; 75,0] | 0,13            |

Окончание табл. 1  
End of table 1

| Показатель<br>Parameter   | До КШ<br>Befor CABG                            | 12 сут<br>12 days  | 6 мес<br>6 months   | 12 мес<br>12 months   | 24 мес<br>24 months   | Средн.<br>Aver. |
|---|--|--|---|---|---|-----------------|
|   | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | <i>p</i>        |
| Индекс КСО,<br>мл / м <sup>2</sup><br>ESV index,<br>ml / m <sup>2</sup> | 27,5 ± 10,3<br>12–52<br>24<br>[20,5; 34,0]     | 25,5 ± 8,6<br>13–51<br>23<br>[20,0; 30,0]  | 24,3 ± 8,2<br>15–52<br>23<br>[19,0; 31,0]   | 26,8 ± 10,9<br>17–60<br>26<br>[20,0; 35,0]  | 32,8 ± 15,8<br>21–79<br>26<br>[23,0; 37,0]  | 0,32            |
| ФВ, %<br>EF, %  | 54,2 ± 7,0<br>39–70<br>55<br>[50,0; 58,5]      | 55,3 ± 6,8<br>38–67<br>56<br>[50,5; 59,5]  | 57,1 ± 5,6<br>43–68<br>57<br>[54,0; 61,0]   | 56,3 ± 6,4<br>36–67<br>57<br>[53,0; 59,0]   | 52,5 ± 8,3<br>32–61<br>56<br>[48,0; 57,5]   | 0,79            |
| ДФ ЛЖ*<br>DF LV*  | 1,04 ± 0,75<br>0,42–3,8<br>0,81<br>[0,67; 1,0] | 1,20 ± 0,59<br>0,56–3,7<br>1,15<br>[0,79; 1,32]<br><i>p</i> <sub>1-2</sub> = 0,008 | 1,32 ± 0,62<br>0,61–4,0<br>1,12<br>[0,88; 1,67]<br><i>p</i> <sub>1-3</sub> = 0,02 | 1,24 ± 0,68<br>0,56–4,0<br>1,02<br>[0,82; 1,47]<br><i>p</i> <sub>1-4</sub> = 0,02 | 1,23 ± 0,75<br>0,51–4,5<br>0,98<br>[0,82; 1,45]<br><i>p</i> <sub>1-5</sub> = 0,02 | 0,007           |
| ИНАС ЛЖ*<br>WMSI LV*  | 1,37 ± 0,45<br>1,0–2,5<br>1,21<br>[1,0; 1,62]  | 1,31 ± 0,43<br>1,0–2,5<br>1,09<br>[1,0; 1,46]<br><i>p</i> <sub>1-2</sub> = 0,002   | 1,20 ± 0,31<br>1,0–2,1<br>1,03<br>[1,0; 1,31]<br><i>p</i> <sub>1-3</sub> = 0,003  | 1,26 ± 0,33<br>1,26–0,33<br>1,12<br>[1,0; 1,37]<br><i>p</i> <sub>1-4</sub> = 0,08 | 1,33 ± 0,51<br>1,0–2,8<br>1,12<br>[1,0; 1,37]<br><i>p</i> <sub>1-5</sub> = 0,16   | 0,0001          |

Примечание. КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем, ФВ – фракция выброса, ДФ – диастолическая функция, ИНАС – индекс нарушения локальной сократимости. Сравнение множественных показателей на разных сроках наблюдения с помощью критерия Фридмана, сравнение двух показателей с помощью теста Вилкоксона.

\* *p* – с поправкой Бонферони.

Note. EDV – end-diastolic volume, ESV – end-systolic volume, EF – ejection fraction, DF – diastolic function, WMSI – Wall Mechanic Score Index.

Comparing multiple variables with Friedman test, comparing two variables with Wilcoxon test.

\* *p* with Bonferonny correction.

При детальном анализе показателей систолической функции ЛЖ отмечено, что у 9 (22%) пациентов было отмечено снижение ФВ ( $45,0 \pm 3,7\%$ ), которая через 6 мес улучшилась ( $(54,0 \pm 8,2)\%$ ,  $p = 0,02$ ) и статистически значимо не изменилась спустя 2 года ( $(44,7 \pm 7,3)\%$ ;  $p = 0,08$ ). Увеличение индексов КДО и КСО ( $(81,9 \pm 5,5)$  и  $(41,1 \pm 6,3)$  мл/м<sup>2</sup>) исходно выявлено у 10 (25%) больных, причем 7 (70%) из них являлись пациентами с ПИАС. В ранние сроки у этих обследованных отмечались положительная динамика индекса КДО ( $(71,5 \pm 10,1)$  мл/м<sup>2</sup>;  $p = 0,01$ ) и отсутствие изменений индекса КСО ( $(36,1 \pm 7,2)$  мл/м<sup>2</sup>;  $p = 0,10$ ), а в дальнейшем статистически значимых изменений не получено.

Изучение ДФ ЛЖ показало, что тип 1 (нарушение релаксации) выявлен у 29 (72%) пациентов до КШ, у 14 (35%) в ранние сроки, у 12 (30%) спустя 6 мес, у 18 (45%) спустя 1 год и у 21 (52%) – спустя 2 года наблюдения. Динамика ДФ рестриктивного типа не так выражена: 4 (10%) – до КШ, 3 (7%) – после, 4 (10%) спустя 6 мес, 5 (12%) и 5 (12%) спустя 1 и 2 года соответственно.

Сократительная функция ЛЖ по данным визуального анализа в покое была снижена у 27 (67%) пациентов. Расчет ИНАС показал его увеличение ( $1,3 \pm 0,4$ ) без статистически значимой динамики после реваскуляризации в ранние и отдаленные сроки (см. табл. 1). Тем не менее стоит отметить, что у 13 (32%) пациентов исходно нарушений сократимости не получено. Детальный анализ показал, что в ранние сроки после КШ нормальный ИНАС зарегистрирован у 15 (37%), спустя 6 мес – у 17 (42%), спустя 1 год – у 15 (37%), а через 2 года – у 13 (32%) обследованных.

Спустя 6 мес жалобы на самочувствие предъявляли 11 (27%) пациентов, спустя 12 мес – 16 (40%), спустя 2 года – 9 (22%). Наиболее разнообразные жалобы отмечены спустя 6 мес после КШ, большее количество – спустя 1 год, меньшее – через 2 года. Большее количество жалоб спустя 1 год было связано с нарушением ритма (табл. 2). Следует отметить, что повторное хирургическое вмешательство (ЧКВ и стентирование шунтов) выполнено спустя 6 и 12 мес, консервативное лечение без выполнения ЧКВ зарегистрировано спустя 6 мес.

Таблица 2  
Table 2

| Анализ жалоб пациентов во время плановых визитов после КШ<br>Analysis of patient's complaints during planned visits after CABG |                   |                     |                     |
|--|-------------------|---------------------|---------------------|
| Жалобы<br>Complaints   | 6 мес<br>6 months | 12 мес<br>12 months | 24 мес<br>24 months |
| Слабость<br>Weakness   | 2                 | –                   | –                   |
| Высокий сахар крови<br>High blood glucose  | 1                 | 2                   | –                   |
| Увеличение веса<br>Weight increase   | 1                 | 2                   | 1                   |
| Высокое артериальное давление<br>High blood pressure   | 3                 | 3                   | 3                   |
| Сердцебиение<br>Palpitation  | 1                 | 5                   | –                   |
| Одышка<br>Dyspnea  | 3                 | 4                   | 3                   |
| Отеки на ногах<br>Edema in the legs  | 1                 | –                   | –                   |
| Боли за грудиной<br>Chest pain   | 4                 | 1                   | 1                   |
| «Тяжесть в сердце»<br>«Heaviness of heart»   | 2                 | 3                   | 2                   |
| Количество жалоб<br>Number of complaints   | 18                | 20                  | 10                  |

Наряду со стандартным эхоКГ исследованием проводился анализ глобальных деформационных показателей спустя 6, 12 и 24 мес среди обследованных без жалоб и с жалобами с использовани-

ем технологии VVI (табл. 3). Следует отметить, что изучение глобальных значений S и SR в группах пациентов, предъявляющих жалобы и без них, статистически значимых различий не выявило.

Таблица 3  
Table 3

| Деформационные показатели у пациентов с наличием и отсутствием жалоб спустя 6, 12, 24 мес после коронарного шунтирования, $M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3]$<br>Deformation parameters in patients with complaints and without complaints at 6, 12, 24 months after coronary bypass surgery, $M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3]$ |  |   |   |      |  |      |
|---|--|---|---|------|--|------|
| Показатель<br>Parameter   | Без жалоб<br>Without complaints                            |   | С жалобами<br>With complaints                             |      |  |      |
|   | S, %   | SR, c <sup>-1</sup>   | S, %  | p    | SR, c <sup>-1</sup>  | p    |
| Продольные волокна ЛЖ<br>LV longitudinal fibers   |  |   |   |      |  |      |
| 6 мес<br>6 months   | -14,6 ± 2,3<br>(-9,6)-(-18,1)<br>-14,1<br>[-16,9; -13,1]   | -0,95 ± 0,18<br>(-0,64)-(-1,24)<br>-1,1<br>[-0,85; -0,18]   | -12,4 ± 4,4<br>(-3,7)-(-2,1)<br>-14,1<br>[-14,1; -10,5]   | 0,10 | -0,86 ± 0,30<br>(-0,29)-(-1,53)<br>-0,84<br>[-1,0; -0,69]    | 0,35 |
| 12 мес<br>12 months   | -13,9 ± 3,4<br>(-9,4)-(-19,1)<br>-13,4<br>[-17,0; -10,3]   | -0,90 ± 0,18<br>(-0,61)-(-1,21)<br>-0,83<br>[-1,03; -0,78]  | -13,0 ± 4,1<br>(-5,2)-(-1,3)<br>-13,4<br>[-15,5; -10,3]   | 0,53 | -0,86 ± 0,28<br>(-0,35)-(-1,3)<br>-0,82<br>[-1,13; -0,67]    | 0,75 |
| 24 мес<br>24 months   | (-12,3) ± 3,5<br>(-5,7)-(-15,7)<br>-13,3<br>[-14,4; -11,1] | (-0,78) ± 0,23<br>(-0,41)-(-1,1)<br>-0,84<br>[-0,72; -0,85] | (-12,3) ± 5,4<br>(-5,7)-(-18,4)<br>-13,6<br>[-16,7; -6,1] | 0,94 | (-0,83) ± 0,31<br>(-0,39)-(-1,31)<br>-0,82<br>[-0,97; -0,65] | 0,77 |
| Циркулярные волокна<br>LV circular fibers   |  |   |   |      |  |      |
| 6 мес<br>6 months   | -16,8 ± 2,3<br>(-12,2)-(-21,5)<br>-17,2<br>[-18,1; -14,9]  | -1,10 ± 0,16<br>(-0,77)-(-1,3)<br>-1,15<br>[-1,22; -0,98]   | -14,4 ± 5,3<br>(-5,2)-(-24,6)<br>-14,2<br>[-18,7; -11,7]  | 0,13 | -1,03 ± 0,38<br>(-0,34)-(-1,9)<br>-0,95<br>[-1,26; -0,88]    | 0,48 |

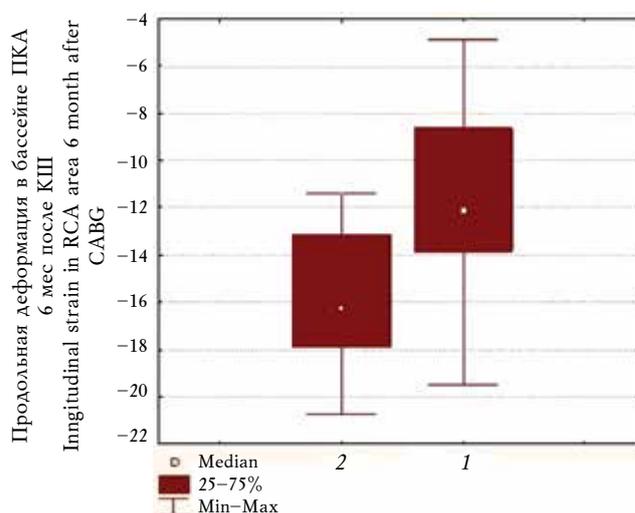
| Показатель<br>Parameter                | Без жалоб<br>Without complaints                           |  | С жалобами<br>With complaints                            |      |   |      |
|--|---|--|--|------|---|------|
|  | S, %  | SR, c <sup>-1</sup>  | S, %   | p    | SR, c <sup>-1</sup>                                       | p    |
| 12 мес<br>12 months                    | -16,2 ± 2,2<br>(-13,5)–(-20,9)<br>-15,6<br>[-16,8; -14,8] | -1,11 ± 0,18<br>(-0,91)–(-1,40)<br>-1,01<br>[-1,22; -0,98] | -14,0 ± 3,4<br>(-5,9)–(-18,5)<br>-15,7<br>[-16,2; -11,8] | 0,07 | -0,95 ± 0,22<br>(-0,38)–(-1,31)<br>-1,0<br>[-1,08; -0,88] | 0,05 |
| 24 мес<br>24 months                    | -14,8 ± 3,2<br>(-8,3)–(-17,2)<br>-16,3<br>[-17,2; -13,4]  | -1,00 ± 0,22<br>(-0,61)–(-1,37)<br>-1,04<br>[-1,1; -0,86]  | -13,3 ± 4,9<br>(-7,7)–(-20,2)<br>-12,6<br>[-17,1; -9,5]  | 0,47 | -0,87 ± 0,35<br>(-0,5)–(-1,32)<br>-0,73<br>[-1,32; -0,64] | 0,39 |
| Радиальные волокна<br>LV radial fibers |   |  |  |      |   |      |
| 6 мес<br>6 months                      | 21,0 ± 4,5<br>13,7–30,7<br>19,2<br>[30,7; 19,0]           | 1,34 ± 0,33<br>0,92–1,96<br>1,39<br>[1,04; 1,55]           | 21,9 ± 9,8<br>8,7–44,2<br>18,6<br>[15,6; 26,6]           | 0,75 | 1,32 ± 0,49<br>0,62–2,4<br>1,15<br>[1,01; 1,64]           | 0,86 |
| 12 мес<br>12 months                    | 21,2 ± 5,4<br>14,7–32,0<br>19,5<br>[16,4; 24,9]           | 1,26 ± 0,21<br>0,91–1,59<br>1,30<br>[1,11; 1,45]           | 20,8 ± 7,2<br>6,5–41,9<br>20,4<br>[18,6; 22,9]           | 0,89 | 1,19 ± 0,41<br>0,43–2,3<br>1,07<br>[0,96; 1,4]            | 0,59 |
| 24 мес<br>24 months                    | 20,5 ± 7,2<br>4,9–29,8<br>20,1<br>[19,9; 23,4]            | 1,23 ± 0,44<br>0,34–1,91<br>1,26<br>[1,17; 1,42]           | 14,8 ± 7,9<br>4,7–27,5<br>12,9<br>[10,7; 20,3]           | 0,17 | 0,99 ± 0,61<br>0,35–2,1<br>0,92<br>[0,56; 1,09]           | 0,39 |

Примечание. Использовался критерий Манна – Уитни.  
Note. Using Mann – Whitney test.

Дальнейший поиск привел к изучению глобальных деформационных показателей в бассейнах коронарных артерий. При этом было отмечено, что при анализе продольных волокон спустя 6 мес после КШ наблюдалось значимое снижение S в бассейне правой коронарной артерии (ПКА) в группе пациентов с жалобами ((-11,3 ± 4,2)%) по сравнению с теми, кто жалоб не имел ((-15,5 ± 2,8)%,  $p = 0,004$ ). Кроме того, в данном бассейне отмечалась тенденция к различию SR между двумя группами (-0,80 ± 0,2 – жалобы, -1,00 ± 0,2 – без жалоб,  $p = 0,07$ ). Изучая бассейн передней нисходящей артерии (ПНА), тенденция к снижению S (-11,2 ± 5,1 – жалобы, -14,2 ± 3,0 – без жалоб,  $p = 0,06$ ) отмечена в эти же сроки наблюдения (рис. 1). Спустя 1 год после КШ анализ глобальных деформационных свойств циркулярных волокон показал тенденцию к их снижению у пациентов с жалобами. Выявление статистически значимого снижения S у пациентов с жалобами (-14,3 ± 3,8%) по сравнению с теми, кто жалоб не предъявлял ((-17,1 ± 2,5)%;  $p = 0,04$ ) наблюдалось в бассейне огибающей артерии (ОА) только при изучении циркулярных волокон (рис. 2).

Таким образом, глобальные значения волокон миокарда не всегда являются критериями, указывающими на различия или динамику деформационных свойств. Очень важно в отдаленные сроки наблюдения у пациентов с жалобами при изучении

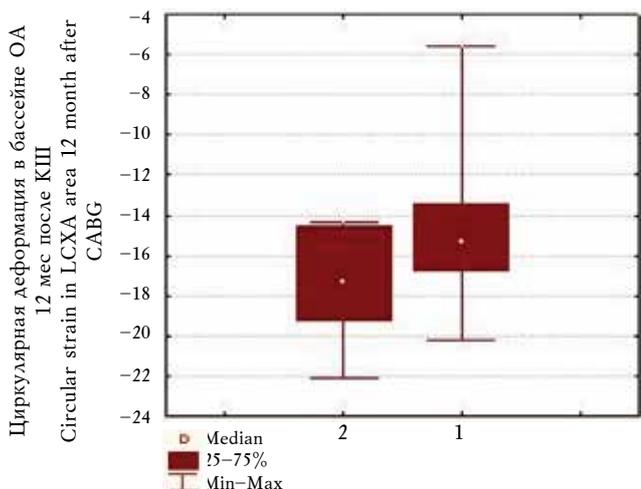
глобальных показателей ориентироваться на бассейн коронарного русла, а также проводить изучение всех волокон ЛЖ, так как значимые изменения могут начинаться не с продольных волокон.



2 – с жалобами; 1 – без жалоб;  $p = 0,004$   
2 – with complaints; 1 – without complaints;  $p = 0.004$

Рис. 1. Деформация продольных волокон левого желудочка в бассейне правой коронарной артерии спустя 6 мес после коронарного шунтирования у пациентов с жалобами и без жалоб

Fig. 1. LV strain of longitudinal fibers in the right coronary artery area 6 months after CABG in patients with and without complaints



2 – с жалобами; 1 – без жалоб;  $p = 0,004$   
 2 – with complaints; 1 – without complaints;  $p = 0.004$

Рис. 2. Деформация циркулярных волокон левого желудочка в бассейне огибающей артерии спустя 12 мес после коронарного шунтирования у пациентов с жалобами и без жалоб

Fig. 2. LV strain of circular fibers in the left circumflex artery area 12 months after CABG in patients with and without complaints

Помимо деформационных свойств волокон ЛЖ изучались ротационные свойства (табл. 4). Анализу подвергались базальные, средние и апикальные отделы ЛЖ. В среднем показатели рота-

ции базальных отделов были в пределах нормы, тогда как в средних и апикальных – значительно снижены. Положительная динамика ротационных свойств спустя 2 года была получена в средних отделах ЛЖ, при этом отмечалось увеличение показателей по сравнению с дооперационными значениями. Вращение апикальных сегментов не изменилось.

В каждом отделе ЛЖ были выявлены изменения направления вращения, которые восстанавливались после КШ либо оставались без изменения. Тем не менее через 24 мес нарушение механики вращения было зарегистрировано только у одного пациента в апикальных отделах (рис. 3).

Наряду с изучением систолической и ротационной функции волокон миокарда ЛЖ, технология VVI позволяет дать оценку диастолической функции сегментов ЛЖ. Исследование соотношений пиков  $e$  и  $a$  показало в среднем отсутствие диастолической дисфункции (ДД) во всех волокнах ЛЖ до КШ и на протяжении всего срока наблюдения (табл. 5). Детальный анализ и диапазон изучаемых значений показал различные варианты ДД на разных сроках наблюдения. Статистически значимая динамика была отмечена при изучении продольных и радиальных волокон в ранние сроки и спустя 12 мес после КШ соответственно.

Таблица 4  
Table 4

| Динамика ротационных показателей миокарда ЛЖ во всех отделах, $M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3]$ |  |  |   |  |   |                        |
|--|--|--|---|--|---|------------------------|
| Dynamics of rotational parameters in all parts of the LV, $M \pm sd, Min-Max, Me [Q_1; Q_3]$     |  |  |   |  |   |                        |
| Отделы ЛЖ<br>LV parts  | До КШ<br>Befor CABG<br>1   | 12 сут<br>12 days<br>2   | 6 мес<br>6 months<br>3  | 12 мес<br>12 months<br>4   | 24 мес<br>24 months<br>5  | Средн.<br>Aver.<br>$p$ |
| Базальные<br>Basal   | $-4,0 \pm 5,5$<br>-11,0-15,2<br>-5,2<br>[-7,3; -2,7]                   | $-3,9 \pm 3,5$<br>-11,2-5,5<br>-3,6<br>[-6,6; -2,1]                    | $-2,8 \pm 5,7$<br>-14,1-11,7<br>-3,1<br>[-4,4; -2,1]                  | $-3,0 \pm 4,9$<br>-10,0-7,4<br>-3,7<br>[-6,2; -1,1]                    | $-3,3 \pm 4,9$<br>-13,2-5,1<br>-3,6<br>[-4,3; -2,8]                   | 0,98                   |
| Средние<br>Middle  | $0,72 \pm 5,3$<br>-8,1-12,5<br>1,9<br>[-5,5; 4,7]                      | $-0,66 \pm 5,6$<br>-12,0-7,6<br>1,4<br>[-4,7; 4,2]<br>$p_{1-2} = 0,28$ | $1,23 \pm 3,5$<br>-5,7-8,2<br>2,1<br>[0,2; 3,6]<br>$p_{1-3} = 0,13$   | $1,01 \pm 3,6$<br>-5,5-5,6<br>2,2<br>[1,4; 3,5]<br>$p_{1-4} = 0,81$    | $3,7 \pm 4,1$<br>-5,9-10,0<br>4,4<br>[1,8; 4,5]<br>$p_{1-5} = 0,04^*$ | 0,02                   |
| Апикальные<br>Apical   | $1,81 \pm 5,9$<br>-12,6-11,6<br>3,2<br>[-4,1; 5,1]<br>$p_{1-5} = 0,93$ | $2,03 \pm 5,0$<br>-11,2-14,3<br>3,2<br>[-1,8; 4,3]<br>$p_{1-2} = 0,86$ | $0,28 \pm 6,2$<br>-22,4-6,2<br>3,0<br>[-3,3; 3,6]<br>$p_{2-3} = 0,22$ | $1,00 \pm 5,7$<br>-14,4-11,4<br>2,1<br>[-2,7; 4,0]<br>$p_{3-4} = 0,66$ | $1,94 \pm 4,2$<br>-6,5-6,9<br>3,1<br>[2,2; 4,1]<br>$p_{4-5} = 0,56$   | 0,09                   |

Примечание. Сравнение множественных показателей на разных сроках наблюдения проводилось с помощью критерия Фридмана, сравнение двух показателей – теста Вилкоксона.

\*  $p$  – с поправкой Бонферони.

Note. Comparing multiple variables with Friedman test, comparing two variables with Wilcoxon test.

\*  $p$  – with Bonferonny correction.



Рис. 3. Нарушение механики вращения левого желудочка по данным технологии Velocity Vector Imaging  
 Fig. 3. Change of left ventricle rotation mechanics based on Velocity Vector Imaging

Таблица 5  
 Table 5

| Динамика диастолической функции сегментов ЛЖ (n = 720) до и в разные сроки после КШ, M ± sd, Min-Max, Me [Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ]              |  |   |  |   |  |                      |
|--|--|---|--|---|--|----------------------|
| Dynamics of diastolic function of LV segments (n = 720) before and at different times after CABG, M ± sd, Min-Max, Me [Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ] |  |   |  |   |  |                      |
| Показатель<br>Parameter  | До КШ<br>Befor CABG<br>1   | 12 сут<br>12 days<br>2  | 6 мес<br>6 months<br>3   | 12 мес<br>12 months<br>4  | 24 мес<br>24 months<br>5   | Средн.<br>Aver.<br>p |
| Продольные волокна ЛЖ LV longitudinal fibers   |  |   |  |   |  |                      |
| e/a  | 1,47 ± 0,43<br>0,51– 2,7<br>1,45<br>[1,25; 1,58]                           | 1,64 ± 0,32<br>1,03– 2,5<br>1,61<br>[1,43; 1,88]<br>p <sub>1-2</sub> = 0,04         | 1,33 ± 0,31<br>0,69–1,89<br>1,34<br>[1,05; 1,60]<br>p <sub>1-3</sub> = 0,21        | 1,51 ± 0,33<br>0,95–2,25<br>1,45<br>[1,26; 1,77]<br>p <sub>1-4</sub> = 0,17           | 1,32 ± 0,28<br>0,77–1,69<br>1,33<br>[1,14; 1,55]<br>p <sub>1-5</sub> = 0,17          | 0,0003               |
| Циркулярные волокна ЛЖ LV circular fibers  |  |   |  |   |  |                      |
| e/a  | 1,56 ± 0,50<br>0,76–3,1<br>1,52<br>[1,21; 1,77]<br>p <sub>1-5</sub> = 0,35 | 1,66 ± 0,38<br>1,03–2,6<br>1,57<br>[1,34; 1,95]<br>p <sub>1-2</sub> = 0,35          | 1,60 ± 0,29<br>1,19–2,2<br>1,57<br>[1,37; 1,82]<br>p <sub>2-3</sub> = 0,55         | 1,50 ± 0,33<br>0,84–2,25<br>1,48<br>[1,24; 1,78]<br>p <sub>3-4</sub> = 0,22           | 1,63 ± 0,33<br>1,06–2,2<br>1,58<br>[1,25; 1,81]<br>p <sub>4-5</sub> = 0,30           | 0,21                 |
| Радиальные волокна ЛЖ LV radial fibers   |  |   |  |   |  |                      |
| e/a  | 1,24 ± 0,59<br>0,51–(-2,8)<br>-1,21<br>[-1,52; -1,0]                       | -1,35 ± 0,44<br>(-0,28)–(-2,3)<br>-1,32<br>[-1,71; -1,1]<br>p <sub>1-2</sub> = 0,10 | -0,15 ± 0,52<br>1,12–(-1,59)<br>-0,11<br>[-0,48; 0,15]<br>p <sub>1-3</sub> = 0,003 | -1,25 ± 0,33<br>(-0,59)–(-2,14)<br>-1,24<br>[-1,55; -0,95]<br>p <sub>1-4</sub> = 0,55 | -1,22 ± 0,51<br>(-0,08)–(-2,3)<br>-1,24<br>[-1,46; -0,91]<br>p <sub>4-5</sub> = 0,39 | 0,02                 |

Примечание. Сравнение множественных показателей на разных сроках наблюдения проводилось с помощью критерия Фридмана, сравнение двух показателей – теста Вилкоксона.

\* p – с поправкой Бонферони.

Note. Comparing multiple variables with Friedman test, comparing two variables with Wilcoxon test.

\* p – with Bonferonny correction.

Детальный анализ показал, что при исследовании продольных волокон выявлено меньшее количество пациентов с ΔΔ на протяжении наблюдения от 6 мес до 2 лет. Спустя 2 года наблюдения ΔΔ типа 1 отмечалась только у двух обследованных.

Значительное увеличение ΔΔ типа 1 спустя 6 мес после КШ зарегистрировано при изучении радиальных волокон (20 (50%) пациентов) с про-

грессивным снижением через 1 год со стабильным результатом (3 пациента) после операции. ΔΔ рестриктивного типа спустя 2 года после КШ отмечалась только у 1 пациента.

Диастолическая дисфункция циркулярных волокон спустя 6 мес представлена рестриктивным типом у двух, через 1 год – у одного с дальнейшим стабильным результатом (рис. 4).

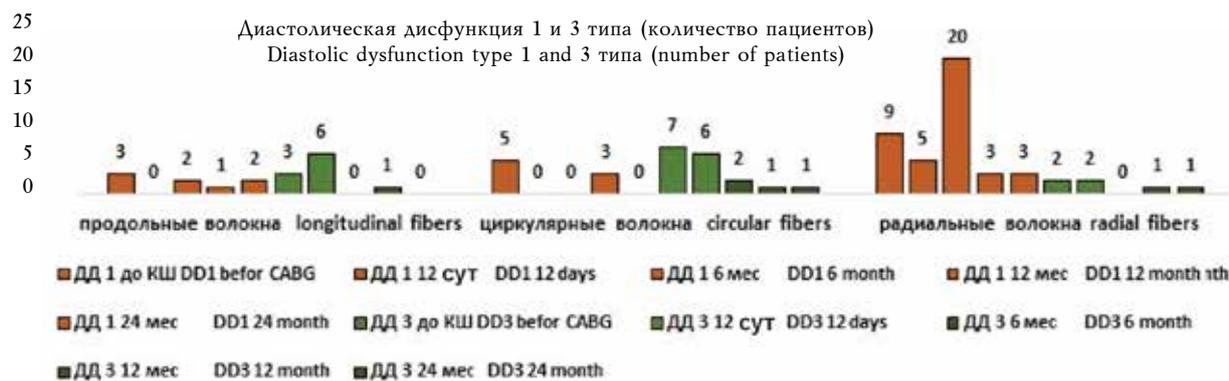


Рис. 4. Диастолическая дисфункция волокон ЛЖ по данным технологии Velocity Vector Imaging  
Fig. 4. Diastolic dysfunction of LV fibers based on Velocity Vector Imaging

## ОБСУЖДЕНИЕ

Итак, был проведен комплексный анализ функции миокарда ЛЖ, включающий в себя стандартное эхоКГ исследование и использование технологии Velocity Vector Imaging на протяжении 2 лет наблюдения у 40 пациентов с ИБС и (или) перенесенным ИМ.

Стандартное эхоКГ исследование на протяжении 2 лет наблюдения показало стабильный результат в отношении объемов и ФВ ЛЖ, отсутствие существенного изменения сократительной функции миокарда и улучшение диастолической функции ЛЖ по сравнению с дооперационными значениями.

Изменения в лучшую сторону, безусловно, связаны с восстановлением коронарного кровотока в пораженных артериях, тогда как отрицательные в ранние сроки можно связать с реперфузионным синдромом и адаптацией миокарда к новым условиям функционирования [14–16]. Если в отдаленные сроки значимых изменений систолической функции отмечено не было, то при изучении ДФ ЛЖ получено увеличение количества пациентов с типом 1 ко 2-му году наблюдения (21 (52%)). Опираясь на литературные данные, можно заключить, что ДД является критерием ишемии [5–8]. Действительно, спустя 6, 12 и 24 мес были выявлены пациенты с различными жалобами, в том числе связанными с дискомфортом за грудиной, однако были и те, кто отмечал стойкие подъемы артериального давления. Следует отметить, что в ранние сроки после КШ может наблюдаться улучшение ДФ ЛЖ, связанное с влиянием ингаляционной анестезии на параметры релаксации миокарда [19, 20]. Возврат к дооперационным значениям может быть связан с наличием у пациентов сопутствующей артериальной гипертензии (39 (97%)), а ухудшение или

переход в другой тип дисфункции должен сопровождаться комплексным обследованием.

Что касается сократительной функции, то явных ухудшений в отдаленные сроки не отмечено, тем не менее незначительное уменьшение количества пациентов с нормальным ИНАС выявлено спустя 2 года. Использование технологии VVI в изучении глобальных значений деформации и скорости деформации и их динамики на протяжении 2 лет после КШ позволило выявить причину ухудшения показателей стандартного эхоКГ исследования, особенно это касалось пациентов, предъявляющих жалобы. При этом наиболее значимые изменения деформационных показателей оказались в бассейнах коронарных артерий при изучении продольных и циркулярных волокон. Следует отметить, что как в ранние, так и в отдаленные сроки после КШ изучение функции всех волокон является целесообразным, что согласуется с данными литературы о значимости циркулярного S. Не только продольная, циркулярная, но и радиальная деформация свидетельствуют о дисфункции ЛЖ до снижения ФВ [21, 22].

Изучение диастолической и ротационной функции волокон ЛЖ с использованием технологии VVI показало хорошую положительную динамику на протяжении 2 лет наблюдения, что согласуется с данными литературы [23].

## ВЫВОДЫ

1. Стандартное эхоКГ исследование при динамическом наблюдении после коронарного шунтирования в сроки 6, 12, 24 мес в среднем показало стабильный результат со стороны показателей систолической функции, улучшение со стороны диастолической и отсутствие существенного изменения сократительной функции ЛЖ по сравнению с дооперационными значениями.

2. Детальный анализ показал, что к 2-летнему сроку наблюдения после коронарного шунтирования, по данным стандартного эхоКГ исследования, отмечались увеличение количества пациентов с диастолической дисфункцией типа I по сравнению с ранними сроками и незначительный прирост количества пациентов с увеличением индекса нарушения локальной сократимости.

3. Использование технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки наблюдения позволяет оценить значимость изменений показателей стандартного эхоКГ исследования исходя из анализа глобальных деформационных свойств волокон миокарда в бассейнах коронарных артерий.

4. При использовании технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки у пациентов с жалобами было выявлено статистически значимое снижение S продольных волокон в бассейне ПКА спустя 6 мес после КШ и снижение S циркулярных волокон в бассейне ОА спустя 1 год после реваскуляризации.

5. Хирургическая реваскуляризация привела к улучшению диастолической и ротационной функции волокон миокарда на протяжении 2 лет наблюдения.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Dor V., Di Donato M., Sivaya F. Постинфарктное ремоделирование левого желудочка: магнитно-резонансная томография для оценки патофизиологии после реконструкции левого желудочка. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2014; 3: 14–27. [Dor V., Di Donato M., Sivaya F. Post myocardial infarct left ventricular remodeling: role of magnetic resonance imaging for the assessment of its pathophysiology after left ventricular reconstruction. *Grudnaya i serdecchno-sosudistaya khirurgiya*. 2014; 3: 14–27 (in Russ.)].
2. Bonow R.O., Castelvichio S., Panza J.A., Berman D.S., Velazquez E.J., Michler R.E., She L., Holly T.A., Desvigne-Nickens P., Kosevic D., Rajda M., Chrzanowski L., Deja M., Lee K.L., White H., Oh J.K., Doenst T., Hill J.A., Rouleau J.L. Ischemic left ventricular dysfunction: severity of remodeling, myocardial viability and survival after surgical revascularization. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2015; 8 (10): 1121–1129. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.03.013.
3. Kancharla K., Weissman G., Elagha A.A., Kancharla K., Samineni S., Hill P.C., Boyce S., Fuisz A.R. Scar quantification by cardiovascular magnetic resonance as an independent predictor of long – term survival in patients with ischemic heart failure treated by coronary artery bypass graft surgery. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2016; 18 (1): 45. DOI: 10.1186/s12968-016-0265-y.
4. Prior D.L., Stevens S.R., Holly T.A., Krejca M., Paraforos A., Pohost G.M., Byrd K., Kukulski T., Jones R.H., Desvigne-Nickens P., Varadarajan P., Amanullah A., Lin G., Al-Khalidi H.R., Aldea G., Santambrogio C., Bochenek A., Berman D.S. Regional left ventricular function does not predict survival in ischaemic cardiomyopathy after cardiac surgery. *Heart*. 2017; 103 (17): 1359–1367. DOI: 10.1136/heartjnl-2016-310693.
5. Liu S., Moussa M., Wassef A.W., Hiebert B.M., Hussain F., Jassal D.S. The utility of systolic and diastolic echocardiographic parameters for predicting coronary artery disease burden as defined by the SYNTAX Score. *Echocardiography*. 2016; 33: 14–22. DOI: 10.1111/echo.12995.
6. Azarisman S.M., Teo K.S., Worthley M.I., Worthley S.G.. Cardiac magnetic resonance assessment of diastolic dysfunction in acute coronary syndrome. *J. Int. Med. Res.* 2017; 45 (6): 1680–1692. DOI: 10.1177/0300060517698265.
7. Cacciapuoti F., Magro V.M., Caturano M., Lama D., Cacciapuoti F. The role of ivabradine in diastolic heart failure with preserved ejection fraction. A doppler-echocardiographic study. *J. Cardiovasc. Echogr.* 2017; 27 (4): 126–131. DOI: 10.4103/jcecho.jcecho\_6\_17.
8. Mansour M.J., Aljaroudi W., Mroueh A., Hamoui O., Honeine W., Khoury N., Nassif J.A., Chammas E. Stress-induced worsening of left ventricular diastolic function as a marker of myocardial ischemia. *J. Cardiovasc. Echogr.* 2017; 27 (2): 45–51. DOI: 10.4103/jcecho.jcecho\_44\_16.
9. Alizadehasl A., Sadeghpour A., Hali R., Bakhshandeh Abkenar H., Badano L. Assessment of left and right ventricular rotational interdependence: A speckle tracking echocardiographic study. *Echocardiography*. 2017; 34 (3): 415–421. DOI: 10.1111/echo.13452.
10. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A., Haugaa K.H., Urheim S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *European Heart Journal*. 2016; 37 (15): 1196–1207. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv529.
11. Claus P., Omar A.M., Pedrizzetti G., Sengupta P.P., Nagel E. Tissue tracking technology for assessing cardiac mechanics: principles, normal values, and clinical applications. *J. Am. Coll. Cardiol. Img.* 2015; 8 (12): 1444–1460. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.11.001.
12. Yee N.P., Siu A.M., Davis J., Kao J. Recovery of left ventricular function after percutaneous coronary intervention compared to coronary artery bypass grafting in patients with multi-vessel coronary disease and left ventricular dysfunction. *Hawaii J. Med. Public Health*. 2016; 75 (9): 273–277. PMID: 27688953 PMID: PMC5030790.
13. Hwang H.Y., Yeom S.Y., Choi J.W., Oh S.J., Park E.A., Lee W., Kim K.B. Cardiac magnetic resonance predictor of ventricular function after surgical coronary revascularization. *J. Korean Med. Sci.* 2017; 32 (12): 2009–2015. DOI: 10.3346/jkms.2017.32.12.2009.
14. Koene R.J., Kealhofer J.V., Adabag S., Vakil K., Florea V.G. Effect of coronary artery bypass graft surgery on left ventricular systolic function. *J. Thorac. Dis.* 2017; 9 (2): 262–270. DOI: 10.21037/jtd.2017.02.09.
15. Бузиашвили Ю.И., Кокшенова И.В., Самсонова Н.Н., Абуков С.Т., Бузиашвили В.Ю., Климович Л.Г. Динамика уровня факторов воспалительной реакции в

- раннем послеоперационном периоде при различных методиках коронарного шунтирования. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015; 8 (1): 4–11. [Buziashvili Yu.I., Koksheneva I.V., Samsonova N.N., Abukov S.T., Buziashvili V.Yu., Klimovich L.G. The dynamics of inflammatory factors in the early postoperative period after various techniques of coronary artery bypass grafting. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2015; 8 (1): 4–11 (in Russ.)]. DOI: 10.17116/kardio2015814-11.
16. Panza J.A., Velazquez E.J., She L., Smith P.K., Nicolau J.C., Favalaro R.R., Gradinac S., Chrzanowski L., Prabhakaran D., Howlett J.G., Jasinski M., Hill J.A., Szwed H., Larbalestier R., Desvigne-Nickens P., Jones R.H., Lee K.L., Rouleau J.L. Extent of coronary and myocardium disease and benefit from surgical revascularization in ischemic LV dysfunction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014; 64 (6): 553–561. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.04.064.
17. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Av V., Aflalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.-U. Recommendation for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2015; 16 (3): 233–271. DOI: 10.1093/ehjci/jev014.
18. 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) [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) (in Russ.)].
19. Salehi N., Saidi M., Rai A., Najafi F., Javeedannejad S., Babanejad M., Tadbiri H. Effect of percutaneous coronary intervention on left ventricular diastolic function in patients with coronary artery disease. *Glob. J. Health. Sci.* 2015; 8 (1): 270–276. DOI: 10.5539/gjhs.v8n1p270.
20. Ammar A., Mahmoud K., Elkesh A., Kasemy Z. A randomised controlled trial comparing the effects of propofol with isoflurane in patients with diastolic dysfunction undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Anaesthesia*. 2016; 71 (11): 1308–1316. DOI: 10.1111/anae.13564.
21. Sugimoto T., Dulgheru R., Bernard A., Ilardi F., Contu L., Addetia K., Caballero L., Akhaladze N., Athanassopoulos G.D., Barone D., Baroni M., Cardim N., Hagen-dorff A., Hristova K., Lopez T., de la Morena G., Popescu B.A., Moonen M., Penicka M., Ozyigit T., Rodrigo Carbonero J.D., van de Veire N., von Bardeleben R.S., Vinereanu D., Zamorano J.L., Go Y.Y., Rosca M., Calin A., Magne J., Cosyns B., Marchetta S., Donal E., Habib G., Galderisi M., Badano L.P., Lang R.M., Lancellotti P. Echocardiographic reference ranges for normal left ventricular 2D strain: results from the EACVI NORRE study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 18 (8): 833–840. DOI: 10.1093/ehjci/jex140.
22. Stokke T.M., Hasselberg N.E., Smedsrud M.K., Sarvari S.I., Haugaa K.H., Smiseth O.A., Edvardsen T., Remme E.W. Reply: Interaction between longitudinal, circumferential, and radial deformations and their contributions to ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 71 (2): 257–258. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.10.090.
23. Cheng N., Cheng L., Wang R., Zhang L., Gao C. The improvement of torsion assessed by cardiovascular magnetic resonance feature tracking after coronary artery bypass grafting: a sensitive index of cardiac function. *Heart Surg. Forum*. 2017; 20 (1): E026-E031. DOI: 10.1532/hsf.1655.

## Вклад авторов

Васильев А.Ю. – разработка концепции, дизайна исследования, окончательное утверждение для публикации рукописи. Петрова Е.Б. – проведение практической части исследования исходных показателей, показателей в ранние и отдаленные сроки после коронарного шунтирования с помощью технологии Velocity Vector Imaging, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка, написание рукописи статьи. Федорова М.В. – практическая часть исследования, анализ и интерпретация полученных данных в ранние сроки наблюдения, редактирование и оформление статьи. Ефимова С.Б. – практическая часть исследования, анализ и интерпретация данных в отдаленные сроки наблюдения, редактирование статьи. Корда-тов П.Н. – практическая часть исследования исходных показателей, статистическая обработка данных.

## Authors contribution

Vasiliev A.Yu. – concept development, research design, final approval for manuscript publication. Petrova E.B. – the practical part of the study of baseline parameters in the early and long period after coronary bypass surgery, the application of Velocity Vector Imaging, data analysis and interpretation, statistical processing, writing a manuscript. Fedorova M.V. – the practical part of the study, analysis and interpretation of the data obtained in the early period after coronary bypass surgery, editing and design of the article. Efimova S.B. – the practical part of the study, analysis and interpretation of the data obtained in the long term after coronary bypass surgery, editing and design of the article. Kordatov P.N. – the practical part of the study of the baseline, statistical processing.

## Сведения об авторах

**Васильев Александр Юрьевич**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, кафедра лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, г. Москва.

**Петрова Екатерина Борисовна**, канд. мед. наук, доцент, кафедра лучевой диагностики ФДПО, Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород.

**Федорова Марина Вадимовна**, канд. мед. наук, врач-кардиолог, отделение хирургического лечения ишемической болезни сердца, Специализированная кардиохирургическая клиническая больница, г. Нижний Новгород.

**Ефимова Светлана Борисовна**, врач-кардиолог, отделение хирургического лечения ишемической болезни сердца, Специализированная кардиохирургическая клиническая больница, г. Нижний Новгород.

**Кордатов Петр Николаевич**, канд. мед. наук, врач-кардиолог, зав. отделением хирургического лечения ишемической болезни сердца, Специализированная кардиохирургическая клиническая больница, г. Нижний Новгород.

(✉) **Петрова Екатерина Борисовна**, e-mail: [eshakhova@yandex.ru](mailto:eshakhova@yandex.ru).

Поступила в редакцию 18.09.2018

Подписана в печать 14.12.2018

## Authors information

**Vasiliev Alexandr Yu.**, DM, Professor, Corresponding Member of the RAS, Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation.

**Petrova Ekaterina B.**, PhD, Associate Professor, Department of Radiology, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

**Fedorova Marina V.**, PhD, Cardiologist, Department of Surgery, Specialized Cardiological Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

**Efimova Svetlana B.**, Cardiologist, 3rd Department of Surgery, Specialized Cardiological Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

**Kordatov Petr N.**, PhD, Head of the 3rd Department of Surgery, Specialized Cardiological Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

(✉) **Petrova Ekaterina B.**, e-mail: [eshakhova@yandex.ru](mailto:eshakhova@yandex.ru).

Received 18.09.2018

Accepted 14.12.2018