УДК: 616.124.2-005.4-089-073.7

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-29-36

А. Ю. ВАСИЛЬЕВ¹, Е. Б. ПЕТРОВА²

Технология Velocity Vector Imaging и стандартная эхокардиография в оценке функции левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца до и после операции коронарного шунтирования

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия
127473, Россия, Москва, ул. Делегатская, д. 20/1

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия
603005, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д.10/1
e-mail: eshakhova@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 01.07.19; принята к печати 18.10.19

Резюме

Цель. Изучение динамики деформационных показателей волокон миокарда левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) после операции коронарного шунтирования (КШ) в ранние и отдаленные сроки. **Материал и методы.** С помощью технологии Velocity Vector Imaging изучалась динамика деформации (S) и скорости деформации (SR) продольных, циркулярных и радиальных волокон у 148 пациентов (в 2646 сегментах ЛЖ) пациентов до и на 12-е сутки после КШ. В отдаленные сроки (6, 12 и 24 месяца) были обследованы 40 пациентов (720 сегментов ЛЖ). **Результаты.** На 12-е сутки после КШ отмечена положительная динамика SR продольных волокон ($p=0,0002$), отмечены слабые и средние корреляционные связи между S и SR радиальных ($R=-0,56$; $R=-0,52$) и циркулярных волокон с ЛДГ-1 и длительностью пережатия аорты. В отдаленные сроки у пациентов с жалобами отмечалось снижение глобальных деформационных свойств в бассейнах коронарных артерий. Стойкий результат улучшения S и SR продольных и циркулярных волокон, а также SR радиальных волокон получен в сегментах с исходно низкими деформационными свойствами. **Выводы.** Использование технологии Velocity Vector Imaging позволяет в ранние и отдаленные сроки оценить динамику деформационных показателей волокон ЛЖ. В ранние сроки после КШ отмечается положительная динамика только со стороны глобального SR продольных волокон. В отдаленные сроки отмечается снижение глобальных деформационных показателей продольных и циркулярных волокон в соответствии с бассейнами коронарных артерий. В отдаленные сроки отмечается значимое стабильное улучшение деформационных свойств сегментов с исходно низкими деформационными свойствами.

Ключевые слова: Velocity Vector Imaging, деформация, скорость деформации, левый желудочек, коронарное шунтирование, ишемическая болезнь сердца

Для цитирования: Васильев А. Ю., Петрова Е. Б. Технология Velocity Vector Imaging и стандартная эхокардиография в оценке функции левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца до и после операции коронарного шунтирования. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2019;18(4):29–36. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-29-36.

UDC: 616.124.2-005.4-089-073.7

DOI: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-29-36

А. Yu. VASILIEV¹, E. B. PETROVA²

Velocity Vector Imaging technology and standard echocardiography in evaluation of left ventricular function in patients with coronary artery disease before and after coronary bypass surgery

¹ A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Russia, Moscow
20/1 Delegatskaya street, Moscow, Russia, 127 473

² Privolzhsky Research Medical University, Russia, Nizhny Novgorod
10/1 Minin&Pozharsky street, Nizhny Novgorod, Russia, 603005
e-mail: eshakhova@yandex.ru

Received 01.07.19; accepted 18.10.19

Summary

Aim. To study strain and strain rate dynamics the left ventricle (LV) myocardium fibers in patients with ischemic heart disease after coronary artery bypass grafting (CABG) in the early and late periods. **Material and methods.** The dynamics of strain (S) and strain rate (SR) of longitudinal, circular and radial fibers in 148 patients (in 2646 LV segments) before and on the 12th day after CABG was studied using Velocity Vector Imaging technology. In the long-term (6, 12 and 24 months) 40 patients

(720 LV segments) were examined. **Results.** A positive dynamics of SR longitudinal fibers ($p = 0.0002$) was on the 12th day after CABG. Weak and medium correlation was between S and SR radial ($R = -0.56$; $R = -0.52$) and circular fibers with LDG-1 and duration of aortic clamping. In the long term, patients with complaints showed a decrease in global deformation properties in the coronary artery areas. The stable result of improvement S and SR longitudinal and circular fibers and SR radial fibers was obtained in segments with initially low deformation properties. **Conclusions.** The use of Velocity Vector Imaging technology allows to estimate the dynamics of LV fibers deformation parameters in early and long-term periods. In the early period after CABG was a positive dynamic only from the global SR longitudinal fibers. In the long-term global deformation parameters of longitudinal and circular fibers was decrease in in the area of the coronary arteries. In the long-term was a significant improvement of the deformation parameters of segments with initially low deformation properties.

Keywords: *Velocity Vector Imaging, strain, strain rate, left ventricle, coronary artery bypass grafting, CHD*

For citation: *Vasiliev A. Yu., Petrova E. B. Velocity Vector Imaging technology and standard echocardiography in evaluation of left ventricular function in patients with coronary artery disease before and after coronary bypass surgery. Regional hemodynamics and microcirculation. 2019;18(4):29–36. (In Russ.). Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-29-36.*

Введение

Технология визуализации вектора скорости движения миокарда, или Velocity Vector Imaging (VVI), позволяет провести детальный анализ функции волокон левого желудочка (ЛЖ). Актуальность использования VVI можно объяснить способностью выявления нарушения сократимости миокарда, которое с помощью стандартного эхокардиографического (ЭхоКГ) исследования не регистрировалось [1]. Сократительная функция миокарда – процесс, отражающий взаимодействие продольных, циркулярных и радиальных волокон, функцию которых при стандартном ультразвуковом исследовании визуально оценить невозможно [2]. Для объективной оценки волокон целесообразно использовать недоплеровские, не зависящие от угла сканирования технологии, основанные на определении скорости движения миокарда при помощи отслеживания перемещения пятнистых структур или естественных акустических маркеров на стандартном эхоКГ-изображении в В-режиме [3–5]. Следует отметить, что при использовании современных технологий нет понятия «сократимость», а есть показатели, отражающие изменение формы различных участков

миокарда по отношению к исходной величине и активность этих изменений в систолу и диастолу, которые называются «деформация» и «скорость деформации» (strain и strain rate, S и SR) [6].

Технология Velocity Vector Imaging у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) обсуждается в литературе, однако основным предметом изучения являются глобальные деформационные свойства продольных волокон [7–9]. Изменению функции циркулярных и радиальных волокон уделяется меньшее внимание [10]. Не найдено информации о влиянии хирургической реваскуляризации на волокна миокарда в ранние и отдаленные сроки.

Целью работы явилось изучение динамики деформационных показателей волокон миокарда ЛЖ у пациентов с ИБС после операции коронарного шунтирования (КШ) в ранние и отдаленные сроки.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на основании анализа 148 пациентов от 39 до 79 лет (средний возраст составил $59,4 \pm 7,4$ года). Характеристика пациентов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика пациентов

Table 1

Characteristics of patients

Характеристика	Количество
Пол, n (%): мужской женский	128 (86,5) 20 (13,5)
Данные анамнеза, n (%): ИМ без зубца Q Q-образующий ИМ ИБС без ИМ Q-образующий ИМ и ПИАС Коронарный анамнез	38 (25,6) 40 (27,0) 40 (27,0) 30 (20,4) 2 месяца – 17 лет
Данные ЧКВ, n (%): трехсосудистое поражение стенозы 71–99*	98 (66) 270 (40)
Данные хирургического лечения: длительность перфузии: $m \pm M$ (мин – макс), мин Время пережатия аорты: $m \pm M$ (мин – макс), мин	91,9 $\pm$ 35,8 (32–216) 63,9 $\pm$ 26,9 (27–150)

* n (%) – число поражений коронарного русла.

Таблица 2

Динамика систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ у всех пациентов по данным стандартной ЭхоКГ, Ме [Q25; Q75]

Table 2

Dynamics of systolic, diastolic and contractile function of LV in all patients according to standard echocardiography, Me [Q25; Q75]

Показатель	До КШ	После КШ	p
ФВ ЛЖ, %	54 [48; 59]	55 [50; 60]	0,04*
ДФ ЛЖ	0,85 [0,70; 1,10]	1,11 [0,87; 1,40]	0,0007*
ИНЛС ЛЖ	1,12 [1,0; 1,68]	1,06 [1,0; 1,50]	0,000001*

Примечание: здесь и в табл 3, 4 * – статистически значимое различие ($p < 0,05$), использование критерия Вилкоксона.

Комплексное трансторакальное ЭхоКГ-исследование проводилось на аппарате Acuson X 300 (Германия – Корея) секторным мультисигментным датчиком 5–1 МГц до, после и спустя 6, 12 и 24 месяца после реваскуляризации с анализом систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ в покое согласно рекомендациям Американского эхокардиографического общества совместно с Европейской эхокардиографической ассоциацией (2012–2015) [11].

Анализ деформационных свойств миокарда ЛЖ проводили в режиме постобработки с помощью системы системы Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc.). При исследовании ЛЖ с помощью Velocity Vector Imaging оценивали его продольные, радиальные и циркулярные волокна.

Изучение глобальных показателей деформации и скорости деформации проводили в 2646 сегментах ЛЖ до и в ранние сроки (12-е сутки) после КШ у всех пациентов. Отдаленные результаты изучали у 40 пациентов в 720 сегментах ЛЖ спустя 6, 12 и 24 месяцев после реваскуляризации. Из 720 сегментов продольных, циркулярных и радиальных волокон 406 (55,6 %), 395 (55,0 %) и 209 (29,6 %) имели низкие значения S и SR (соответственно). Динамика деформационных показателей этих сегментов изучалась спустя 6, 12 и 24 месяца.

Статистический анализ. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программ «SPSS 13.0» для Windows, «Statistica 6.0». Данные

представлены в виде медианы (Me), 25-го и 75-го квартилей [Q25; Q75]. Для оценки статистической значимости количественных различий между несвязанными группами использовали непараметрический критерий Манна – Уитни, между связанными группами – критерий Вилкоксона. Различия считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводили с помощью непараметрических методов по Спирману. При сравнении нескольких показателей в динамике на разных сроках наблюдения при множественных сравнениях и оценке уровня значимости использовали критерий Фридмана. При уровне достоверности $p < 0,05$ проводилось попарное сравнение групп с поправкой Бонферони.

Соблюдение этических требований. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия) [12] и одобрено Этическим комитетом НижГМА (протокол № 2 от 8 февраля 2017 г.).

Результаты исследования и их обсуждение

Ранние сроки после реваскуляризации. Данные стандартного ЭхоКГ-исследования показали, что в ответ на коронарное шунтирование происходит положительная динамика систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ (табл. 2).

Использование технологии Velocity Vector Imaging у всех пациентов показало снижение глобальных

Таблица 3

Динамика деформации и скорости деформации у всех пациентов по данным технологии VVI, Ме [Q25; Q75]

Table 3

Dynamics of strain and strain rate in all patients according to VVI technology, Me [Q25; Q75]

Показатель	До КШ	После КШ	p
<i>Продольные волокна</i>			
S (%) SR, c ⁻¹	-12,1 [-15,1; -9,3] -0,83 [-0,99; -0,59]	-12,3 [-15,3; -10,0] -0,88 [-1,04; -0,67]	0,05 0,0002*
<i>Циркулярные волокна</i>			
S (%) SR, c ⁻¹	-13,8 [-16,9; -10,9] -1,0 [-1,26; -0,72]	-13,2 [-15,6; -11,0] -0,95 [-1,23; -0,78]	0,32 0,48
<i>Радиальные волокна</i>			
S (%) SR, c ⁻¹	22,3 [15,5; 29,7] 1,35 [0,97; 1,73]	19,8 [14,6; 24,2] 1,29 [1,04; 1,54]	0,0003* 0,32

Таблица 4

Динамика уровня ЛДГ-1 (Ед/л) до и после коронарного шунтирования, Ме [Q25; Q75]

Table 4

Dynamics of LDH-1 level (U/l) before and after coronary bypass surgery, Me [Q25; Q75]

Пациенты	До КШ	После КШ	р
ИМ без зубца Q (n=38)	156 [126; 175]	231 [182; 266]	0,000001*
Q-образующий ИМ (n=40)	153 [122; 194]	234 [167; 287]	0,000001*
ИБС без ИМ (n=40)	149 [117; 195]	226 [166; 291]	0,000001*
ПИАС (n=30)	155 [126; 192]	256 [191; 346]	0,000001*

Таблица 5

Корреляционные связи между ЛДГ-1 и деформационными свойствами циркулярных и радиальных волокон после КШ, Ме [Q25; Q75]

Table 5

Correlation between LDG-1 and deformation properties of circular and radial fibers after CABG, Me [Q25; Q75]

Показатель	Значения	R	р
<i>ИМ без зубца Q (n=38)</i>			
ЛДГ-1	231 [182; 266]	0,43**	0,01
SR циркулярных волокон	-1,21 [-1,36; -1,03]		
<i>ИБС без ИМ (n=40)</i>			
ЛДГ-1	226 [166; 291]	0,33*	0,03
S циркулярных волокон	-14,4 [-16,3; -12,9]		
<i>Q-образующий ИМ и ПИАС (n=30)</i>			
ЛДГ-1	256 [191; 346]	0,41**	0,04
SR циркулярных волокон	-0,75 [-0,84; -0,60]		
ЛДГ-1	256 [191; 346]	-0,56**	0,006
S радиальных волокон	14,7 [10,9; 19,0]		
ЛДГ-1	256 [191; 346]	-0,52**	0,009
SR радиальных волокон	1,15 [0,90; 1,37]		

Примечание: * – корреляция слабой силы; ** – корреляция средней силы; использование критерия Спирмана (Spearman).

Таблица 6

Показатели систолической функции ЛЖ до и после КШ по данным стандартного ЭхоКГ-исследования (n=40), Ме [Q25; Q75]

Table 6

Parameters of LV systolic function before and after CABG according to the standard EchoCG study (n=40), Me [Q25; Q75]

Показатель	До КШ (1)	12-е сутки (2)	6 месяцев (3)	12 месяцев (4)	24 месяца (5)	Общее р
ФВ, %	55 [50,0; 58,5]	56 [50,5; 59,5]	57 [54,0; 61,0]	57 [53,0; 59,0]	56 [48,0; 57,5]	0,79
ДФ	0,81 [0,67; 1,0]	1,15 [0,79; 1,32] p ₁₋₂ =0,01*	1,12 [0,88; 1,67] p ₁₋₃ =0,002*, p ₂₋₃ =0,11	1,02 [0,82; 1,47] p ₁₋₄ =0,04*, p ₃₋₄ =0,47	0,98 [0,82; 1,45] p ₁₋₅ =0,05*, p ₄₋₅ =0,54	0,007**
ИНЛС	1,21 [1,0; 1,62] p ₁₋₂ =0,55	1,09 [1,0; 1,46] p ₁₋₂ =0,003*, p ₂₋₃ =0,23	1,03 [1,0; 1,31] p ₁₋₃ =0,002*, p ₃₋₄ =0,26	1,12 [1,0; 1,37] p ₁₋₄ =0,1, p ₄₋₅ =0,54	1,12 [1,0; 1,37] p ₁₋₅ =0,2, p ₁₋₄ =0,29	0,0008**

Примечание: при множественных сравнениях и оценке уровня значимости использовали критерий Фридмана, при сравнении двух величин – критерий Вилкоксона; ** – статистически значимые различия; * – р с поправкой Бонферони.

Деформационные показатели у пациентов с наличием и отсутствием жалоб спустя 6, 12, 24 месяца после коронарного шунтирования, Me [Q25; Q75]

Deformation parameters in patients with complaints and without complaints 6,12,24 months after coronary bypass surgery, Me [Q25; Q75]

	Без жалоб		С жалобами			
	S, %	SR, с ⁻¹	S, %	p	SR, с ⁻¹	p
<i>Продольные волокна</i>						
6 месяцев	-14,1 [-16,9; -13,1]	-1,1 [-0,85; -0,18]	-14,1 [-14,1; -10,5]	0,10	-0,84 [-1,0; -0,69]	0,35
12 месяцев	-13,4 [-17,0; -10,3]	-0,83 [-1,03; -0,78]	-13,4 [-15,5; -10,3]	0,53	-0,82 [-1,13; -0,67]	0,75
24 месяца	-13,3 [-14,4; -11,1]	-0,84 [-0,72; -0,85]	-13,6 [-16,7; -6,1]	0,94	-0,82 [-0,97; -0,65]	0,77
<i>Циркулярные волокна</i>						
6 месяцев	-17,2 [-18,1; -14,9]	-1,15 [-1,22; -0,98]	-14,2 [-18,7; -11,7]	0,13	-0,95 [-1,26; -0,88]	0,48
12 месяцев	-15,6 [-16,8; -14,8]	-1,01 [-1,22; -0,98]	-15,7 [-16,2; -11,8]	0,07	-1,0 [-1,08; -0,88]	0,05
24 месяца	-16,3 [-17,2; -13,4]	-1,04 [-1,1; -0,86]	-12,6 [-17,1; -9,5]	0,47	-0,73 [-1,32; -0,64]	0,39
<i>Радиальные волокна</i>						
6 месяцев	19,2 [30,7; 19,0]	1,39 [1,04; 1,55]	18,6 [15,6; 26,6]	0,75	1,15 [1,01; 1,64]	0,86
12 месяцев	19,5 [16,4; 24,9]	1,30 [1,11; 1,45]	20,4 [18,6; 22,9]	0,89	1,07 [0,96; 1,4]	0,59
24 месяца	20,1 [19,9; 23,4]	1,26 [1,17; 1,42]	12,9 [10,7; 20,3]	0,17	0,92 [0,56; 1,09]	0,39

Примечание: использование критерия Манна – Уитни.

показателей деформации и скорости деформации продольных и циркулярных волокон. При этом S и SR радиальных волокон были в пределах нормы. После КШ положительная динамика была отмечена только со стороны SR продольных волокон, а S радиальных волокон снизился (табл. 3).

Наличие положительной динамики только со стороны скорости деформации продольных волокон в ранние сроки после КШ заставляет задуматься о низкой эффективности хирургического лечения у обследованных пациентов или о негативном влиянии самого оперативного вмешательства на функцию волокон миокарда. Действительно, согласно литературным данным [13, 14] само оперативное вмешательство и наличие реперфузионного синдрома могут оказать влияние на функцию волокон ЛЖ. В нашей работе была возможность провести анализ уровня тропонина и лактатдегидрогеназы (ЛДГ-1) до и после КШ. При этом во всех группах в ранние сроки после КШ отмечалось увеличение уровня ЛДГ-1 (табл. 4).

После КШ установлена корреляция средней и слабой силы между ЛДГ-1 и SR циркулярных волокон у пациентов с ИМ без патологического зубца Q и S циркулярных волокон в группе ИБС без ИМ. При этом у пациентов с Q-образующим ИМ и ПИАС после КШ отмечена средняя корреляция между ЛДГ-1

и SR циркулярных волокон и S и SR радиальных волокон (табл. 5).

Слабые корреляционные связи были отмечены между длительностью пережатия аорты (58 [45; 74] мин) и S ($R=0,32$; $p=0,0001$; $R=0,23$; $p=0,006$) и SR ($R=0,28$; $p=0,0007$; $R=0,24$; $p=0,004$) продольных и циркулярных волокон.

Таким образом, наличие преимущественно слабых и средних корреляционных связей между показателями деформационных свойств волокон ЛЖ и уровнем ЛДГ-1, а также длительностью пережатия аорты не позволяет сделать в настоящем исследовании заключение о существенном неблагоприятном влиянии на миокард хирургической реваскуляризации. Но в то же время даже слабое влияние этих параметров заставляет обращать на них пристальное внимание при изучении результатов оперативного лечения.

Отдаленные сроки после реваскуляризации. На протяжении 2 лет наблюдения не было отмечено динамики со стороны систолической функции левого желудочка по данным стандартного ЭхоКГ-исследования в покое (табл. 6). Улучшение и стабильный результат на протяжении всего срока наблюдения были отмечены со стороны ДФ ЛЖ, при этом положительная динамика со стороны сократительной функции отмечалась только на протяжении 6 месяцев наблюдения.

Деформационные показатели волокон ЛЖ в зоне кровоснабжения коронарных артерий, Ме [Q25; Q75]

Table 8

Deformation parameters of LV fibers in the area of coronary artery blood supply, Me [Q25; Q75]

Показатель	С жалобами	Без жалоб	p
<i>Спустя 6 месяцев после КШ</i>			
S продольный в бассейне ПКА	-12,1 [-13,8; -8,6]	-16,2 [-17,9; -13,1]	0,01*
SR продольный в бассейне ПКА	-0,86 [-1,01; -0,58]	-0,98 [-1,24; -0,85]	0,07
S продольный в бассейне ПНА	-12,3 [-13,6; -8,3]	-13,4 [-16,7; -12,3]	0,05
<i>Спустя 12 месяцев после КШ</i>			
S циркулярный в бассейне ОА	-15,3 [-16,7; -13,4]	-17,3 [-14,2; -14,5]	0,04*

Примечание: использование критерия Манна – Уитни; * – значимые различия ($p < 0,05$); ПКА – правая коронарная артерия; ПНА – передняя нисходящая артерия; ОА – огибающая артерия.

Спустя 6, 12 и 24 месяца после коронарного шунтирования у 18 (45,0 %), 20 (50,0 %) и 10 (25,0 %) пациентов соответственно отмечались жалобы различного характера: тяжесть за грудиной, нестабильность артериального давления (АД), перебои в работе сердца, одышка при физической нагрузке. При сопоставлении глобальных деформационных показателей всех волокон миокарда значимых различий получено не было (табл. 7).

Следует отметить, что у пациентов с жалобами наблюдались значимое снижение продольного S в бассейне ПКА ($p = 0,01$), тенденция к снижению продольного SR в бассейне ПКА ($p = 0,07$), тенденция к снижению S в бассейне ПНА ($p = 0,05$) спустя 6 месяцев после КШ, а также значимое различие между группами спустя 12 месяцев при изучении циркулярного S в бассейне ОА ($p = 0,04$) (табл. 8).

Таким образом, у пациентов с жалобами в отдаленные сроки наблюдения целесообразно проводить изучение глобальных деформационных показателей с учетом зоны кровоснабжения миокарда коронарными артериями для выявления тех изменений, которые при стандартном ЭхоКГ-исследовании не отмечаются.

Чтобы определить влияние КШ на функцию волокон миокарда на протяжении 2 лет наблюдения, было принято решение перейти от глобальных деформационных показателей к локальным. Отмечено, что из 720 сегментов продольных, циркулярных и радиальных волокон 406 (55,6 %), 395 (55,0 %) и 209 (29,6 %) имели низкие значения S и SR (соответственно).

Значимая положительная динамика на 12-е сутки после КШ с сохранением стабильного результата на протяжении всего срока наблюдения отмечена со стороны обоих деформационных показателей при изучении продольных и циркулярных волокон, а также со стороны скорости деформации радиальных волокон ЛЖ (табл. 9). При этом можно отметить, что значимое улучшение S продольных волокон происходило на 12-е сутки и спустя 6 месяцев после КШ. В эти же сроки тенденция к улучшению S и SR получена при анализе циркулярных волокон ЛЖ.

Таким образом, использование стандартного ЭхоКГ и технологии VVI у пациентов с ИБС и/или перенесенным ИМ актуально при оценке исходных

данных, в ранние сроки, а также на протяжении 2 лет наблюдения после КШ. Результаты исследования показали, что если, по данным стандартного ЭхоКГ, отмечается положительная динамика систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ, то изучение деформационных свойств продемонстрировало положительную динамику только со стороны SR продольных волокон. Действительно, продольные волокна наиболее чувствительны к ишемии и первыми снижают свою функцию, при этом улучшение их деформационных свойств является положительным результатом реваскуляризации [15]. Явную причину снижения S радиальных и отсутствие улучшения S и SR циркулярных волокон выявить не удалось, тем не менее отмечены слабые и средние корреляционные связи между ними, ЛДГ-1 и длительностью пережатия аорты, что не позволяет сбрасывать со счетов воздействие операции на исследуемые показатели. В отдаленные сроки данные стандартной ЭхоКГ показали отсутствие изменений систолической функции, положительную динамику ДФ на протяжении всего срока наблюдения. Что касается визуальной оценки сократимости, то улучшение ИНЛС отмечалось только на протяжении 6 месяцев наблюдения. Тем не менее отрицательной динамики получено не было, что свидетельствует в пользу проведенного хирургического лечения. Анализ деформационных свойств сегментов с низкими значениями S и SR показал значимую положительную динамику со стороны всех волокон миокарда, что также может свидетельствовать об эффективности коронарного шунтирования. В то же время следует отметить, что спустя 6, 12 и 24 месяца после КШ у 45, 50 и 25 % пациентов соответственно отмечались жалобы на тяжесть за грудиной, нестабильность АД, перебои в работе сердца, одышку при физической нагрузке. Изучение глобальных деформационных показателей всех волокон миокарда значимых изменений не показало. Только изучение S и SR в бассейнах коронарных артерий выявило значимые снижения деформационных свойств продольных волокон в зоне кровоснабжения ПНА и ПКА спустя 6 месяцев после КШ, при этом спустя 12 месяцев отмечалось изменение циркулярного S в бассейне ОА, что подтверждает актуальность изучения деформационных показателей всех волокон миокарда [16].

Динамика деформационных показателей сегментов с исходно низкими значениями S и SR, Me [Q25; Q75]

Table 9

Dynamics of deformation parameters in segments with low values S and SR, Me [Q25; Q75]

Показатель	До КШ (1)	После КШ (2)	6 месяцев (3)	12 месяцев (4)	24 месяца (5)	P _{общ.}
<i>Продольные волокна (n=406)</i>						
S	-8,5 [-12,2; -5,1]	-9,6 [-13,7; -5,8]	-12,1 [-16,1; -6,8]	-11,1 [-16,1; -7,2]	-10,1 [-15,0; -5,8]	0,0001**
p*		₁₋₂ 0,000005	₁₋₃ 0,000005, ₂₋₃ 0,0001	₁₋₄ 0,000005, ₃₋₄ 0,51	₁₋₅ 0,000005, ₄₋₅ 0,97	
SR	-0,57 [-0,73; -0,36]	-0,69 [-0,99; -0,41]	-0,78 [-1,06; -0,48]	-0,69 [-1,03; -0,43]	-0,66 [-0,98; -0,38]	0,0001**
p*		₁₋₂ 0,000005	₁₋₃ 0,000005, ₂₋₃ 0,23	₁₋₄ 0,000005, ₃₋₄ 0,35	₁₋₅ 0,000005, ₄₋₅ 0,34	
<i>Циркулярные волокна (n=395)</i>						
S	-11,1 [-15,2; -7,1]	-12,4 [-16,2; -8,2]	-14,3 [-19,1; -10,6]	-13,3 [-18,5; -9,11]	-13,1 [-17,9; -8,5]	0,0001**
p*		₁₋₂ 0,000005	₁₋₃ 0,000005, ₂₋₃ 0,06	₁₋₄ 0,000005, ₃₋₄ 0,71	₁₋₅ 0,0001, ₄₋₅ 0,23	
SR	-0,79 [-1,03; -0,54]	-0,85 [-1,25; -0,55]	-0,95 [-1,28; -0,65]	-0,89 [-1,23; -0,56]	-0,79 [-1,13; -0,54]	0,0009**
p*		₁₋₂ 0,000005	₁₋₃ 0,000005, ₂₋₃ 0,06	₁₋₄ 0,00004, ₃₋₄ 0,71	₁₋₅ 0,01, ₄₋₅ 0,23	
<i>Радиальные волокна (n=209)</i>						
S	12,1 [6,6; 15,3]	14,2 [10,0; 22,5]	14,5 [9,5; 24,6]	16,2 [11,3; 23,1]	17,5 [9,1; 25,4]	0,08
SR	0,67 [0,47; 0,89]	1,02 [0,67; 1,50]	1,15 [0,77; 1,72]	0,97 [0,68; 1,58]	0,97 [0,57; 1,55]	0,0005**
p*		₁₋₂ 0,0004	₁₋₃ 0,0001, ₂₋₃ 0,68	₁₋₄ 0,0001, ₃₋₄ 0,39	₁₋₅ 0,00004, ₄₋₅ 0,35	

Примечание: при множественных сравнениях и оценке уровня значимости использовали критерий Фридмана, при сравнении двух величин – критерий Вилкоксона; ** – статистически значимые различия; * – p с поправкой Бонферони.

Выводы

1. Использование технологии Velocity Vector Imaging позволяет в ранние и отдаленные сроки оценить динамику деформационных показателей волокон ЛЖ.

2. В ранние сроки после КШ отмечается положительная динамика только со стороны глобального SR продольных волокон.

3. В отдаленные сроки отмечается снижение глобальных деформационных показателей продольных и циркулярных волокон в соответствии с бассейнами коронарных артерий.

4. В отдаленные сроки отмечается значимое стабильное улучшение деформационных свойств сегментов с исходно низкими деформационными свойствами.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest

Литература / References

1. Smiseth OA, Torp H, Opdahl A et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *European Heart Journal*. 2016;37:1196–1207. Doi: 10.1093/eurheartj/ehv529.

2. Alizadehasl A, Sadeghpour A, Hali R et al. Assessment of left and right ventricular rotational interdependence: A speckle tracking echocardiographic study. *Echocardiography*. 2017;34(3):415–421. Doi: 10.1111/echo.13452.

3. Pedrizzetti G, Claus P, Kilner PJ, Nagel E. Principles of cardiovascular magnetic resonance feature tracking and echocardiographic speckle tracking for informed clinical use. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2016;18:51–62. Doi: 10.1186/s12968-016-0269-7.

4. Saito M, Negishi K, Eskandari M et al. Association of left ventricular strain with 30-day mortality and readmission in patients with heart failure. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015;28:652–666. Doi: 10.1016/j.echo.2015.02.007.

5. Sugimoto T, Dulgheru R, Bernard A, Ilardi F, Contu L, Addetia K et al. Echocardiographic reference ranges for normal left ventricular 2D strain: results from the EACVINORRE study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2017;18:833–840. Doi: 10.1093/ehjci/jex140.

6. Cai J, Bryant JA, Le T-T et al. Fractal analysis of left ventricular trabeculations is associated with impaired myocardial deformation in healthy Chinese. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2017;19:102–114. Doi: 10.1186/s12968-017-0413-z.

7. Blomster JJ, Svedlund S, Westergren HU, Gan L-M. Coronary flow reserve as a link between exercise capacity,

cardiac systolic and diastolic function. *Int. Jour. of Cardiol.* 2016;217:161–166. Doi: 10.1016/j.ijcard.2016.04.179.

8. Kim KH, Na SH, Park JS. Role of quantitative wall motion analysis in patients with acute chest pain at emergency department. *J. Cardiovasc. Ultrasound.* 2017;25(1):20–27. Doi: 10.4250/jcu.2017.25.1.20.

9. Miller BE, López-Candales A. Diastolic abnormalities detected by velocity vector imaging in the presence of coronary ischemia: a pilot stress echocardiographic study. *Heart Views.* 2016;17(1):1–6. Doi: 10.4103/1995-705X.182647.

10. Romano S, Mansour IN, Kansal M et al. Left ventricular global longitudinal strain predicts heart failure readmission in acute decompensated heart failure. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2017;15(1):6. Doi: 10.1186/s12947-017-0098-3.

11. Lang RM, Badano LP, Mor-Av V, Afzalalo J 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. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2015;16:233–271. Doi: 10.1093/ehjci/jev014.

12. Хельсинкская декларация ВМА: Этические принципы медицинских исследований с привлечением человека, принятая 18-й Генеральной Ассамблеей ВМА (Хельсинки, Финляндия, июнь 1964 г.). – URL: 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). Available at: http://www.psychiatr.ru/lib/helsinki_declaration.php (accessed: 25.05.2015). (In Russ.)].

13. Бузиашвили Ю. И., Кокшенова И. В., Самсонова Н. Н. и др. Динамика уровня факторов воспалительной реакции в раннем послеоперационном периоде при различных методиках коронарного шунтирования // Кардиология и сердечно-сосудистая хир. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 4–11. [Buziashvili YuI, Koksheneva IV, Samsonova NN, Abukov ST, Buziashvili VYu, Klimovich LG. The dynamics of inflammatory factors in the early postoperative period after various techniques of coronary artery bypass grafting. *Kardi-*

ologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya. 2015;8(1):4–11. (In Russ.)]. Doi: 10.17116/kardio2015814-11.

14. Panza JA, Velazquez EJ, She L, Smith PK et al. 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.

15. Jha AK, Malik V, Gharde P et al. Echocardiographic predictors of immediate postoperative outcomes in patients with severe left ventricular systolic dysfunction undergoing on pump coronary artery bypass grafting. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2017;31(1):184–190. Doi: 10.1053/j.jvca.2016.04.025.

16. Stokke TM, Hasselberg NE, Smedsrud MK et al. Geometry as a Confounder When Assessing Ventricular Systolic Function Comparison Between Ejection Fraction and Strain. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017;70(8):942–954. Doi: 10.1016/j.jacc.2017.10.090.

Информация об авторах

Васильев Александр Юрьевич – д-р. мед. наук, заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» МЗ РФ, Москва, e-mail: auv62@mail.ru.

Петрова Екатерина Борисовна – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФДПО ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» МЗ РФ, г. Нижний Новгород, e-mail: eshakhova@yandex.ru.

Authors information:

Vasiliev Alexandr Yu. – MD, DSc, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Department of Radiology, Federal State Educational Institution of the Higher Education «A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry», Moscow, e-mail: auv62@mail.ru.

Petrova Ekaterina B. – PhD, Associate Professor, Department of Radiology Faculty of Doctors Advanced Training, Federal State Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University», Nizhny Novgorod, e-mail: eshakhova@yandex.ru.