

Петрова Екатерина Борисовна

**ТЕХНОЛОГИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЕКТОРА СКОРОСТИ
ДВИЖЕНИЯ МИОКАРДА В ОЦЕНКЕ СОКРАТИМОСТИ
ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ДО И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ
РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ ПРИ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ
СЕРДЦА**

14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Нижний Новгород – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России).

Научный консультант:

Член-корреспондент РАН,
доктор медицинских наук, профессор

ВАСИЛЬЕВ Александр Юрьевич

Официальные оппоненты:

КОКОВ Леонид Сергеевич – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Институт Профессионального Образования, кафедра лучевой диагностики, заведующий кафедрой

МИХАЙЛОВ Марс Константинович – доктор медицинских наук, профессор, Казанская государственная медицинская академия – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра лучевой диагностики, заведующий кафедрой

ОБРАМЕНКО Ирина Евгеньевна – доктор медицинских наук, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Волгоградский областной клинический кардиологический центр» Комитета здравоохранения Волгоградской области, отдел лучевой диагностики, заведующая отделом

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится « » _____ 2019 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д208.041.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Московский государственный медико - стоматологический университет им А.И. Евдокимова» Минздрава России по адресу: 125006, Москва, ул. Долгоруковская, д. 4, стр. 7 (помещение кафедры истории медицины).

Почтовый адрес: 127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 20/1.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный медико - стоматологический университет им А.И. Евдокимова» Минздрава России по адресу: 127206 г. Москва, ул. Вучетича, д. 10а и на сайте: <http://dissov.msmsu.ru>

Автореферат разослан: « » _____ 201__ г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 208.041.04
кандидат медицинских наук, доцент

ХОХЛОВА Татьяна Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Технология визуализации вектора скорости движения миокарда, или Velocity Vector Imaging (VVI), позволяет провести детальный анализ функции волокон левого желудочка. Актуальность использования VVI можно объяснить способностью выявления нарушения сократимости миокарда, которое с помощью стандартного эхокардиографического исследования не регистрировалось [Smiseth O.A. и соавт., 2016; Claus P. и соавт., 2015].

Известно, что эхокардиография (эхоКГ) продолжает оставаться важным диагностическим методом исследования пациентов с ишемической болезнью сердца и перенесенным инфарктом. Данный метод позволяет неинвазивно проводить динамическое наблюдение за функцией миокарда левого желудочка (ЛЖ) до и после коронарного шунтирования. Анализ современной литературы показал, что преимущественное количество авторов считает фракцию выброса, индекс конечно-систолического объема ЛЖ, а также количество зон жизнеспособного миокарда критериями, отражающими прогноз реваскуляризации [Bonow R. и соавт., 2015; Salehi M. и соавт., 2015; Prior D.L. и соавт., 2017; Олейникова В.Э. и соавт., 2017; Курбанов Р.Д. и соавт., 2017]. Диастолическая дисфункция (ДД) при стандартной эхоКГ рассматривается как ранний маркер ишемии, а улучшение ее является благоприятным влиянием оперативного лечения [Титова А.Л. и соавт., 2016; Shuangbo L. и соавт., 2016; Ammar A. и соавт., 2016; Azarisman S.M. и соавт., 2017; Mansour M.J. и соавт., 2017]. Тем не менее ряд авторов отмечали ухудшение диастолической функции после коронарного шунтирования при возникновении фибрилляции предсердий [Ashes C.M. и соавт., 2014; Ismail M.F. и соавт., 2017]. Следует отметить, что, по мнению D.L. Prior и соавт (2017), оценка сократительной функции при стандартном эхоКГ-исследовании не несет существенной информации о прогнозе функции ЛЖ в послеоперационном периоде. Исследований динамики индекса нарушения локальной сократимости (ИНЛС) за последние годы не отмечено. Все это связано

с тем, что сократительная функция миокарда – более сложный процесс, отражающий взаимодействие продольных, циркулярных и радиальных волокон, функцию которых при стандартном ультразвуковом исследовании визуально оценить невозможно [Alizadehasl A. и соавт., 2017]. 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 [Kaku K. и соавт., 2014; Saito M. и соавт., 2015; Pedrizzetti G. и соавт., 2016; Sugimoto T. и соавт., 2017].

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) [Алехин М.Н., 2012; Smiseth O.A. и соавт., 2016; Nagata Y. и соавт., 2017; Cai J. и соавт., 2017]. Наряду с этим можно изучить ротационные особенности миокарда в разных отделах ЛЖ [Claus P. и соавт., 2015; Павлюкова Е.Н. и соавт., 2015]. Соответственно, современные технологии позволяют дать детальную оценку изменению формы, активности и механики миокарда, что, безусловно, расширяет представление о влиянии ишемической болезни сердца (ИБС) и ее осложнений, позволяя оценить глубину, распространенность и выраженность нарушений с учетом вовлечения в ишемический процесс продольных, циркулярных и радиальных волокон.

Наиболее изученной, распространенной как для научных исследований, так и для практической деятельности является технология Speckle Tracking. Авторы совершенствуют нормативы для разных отделов ЛЖ с учетом пола и для различных возрастных групп, проводят изучение деформационных свойств эпикардиальных, миокардиальных и эндокардиальных слоев, дискутируют по поводу критериев жизнеспособности миокарда по величине деформации, анализируют особенности вращения и диастолической функции сегментов, а также изучают влияние

реваскуляризации [Nagata Y. и соавт., 2017; Sugimoto T., и соавт., 2017]. Анализируя волокна миокарда, авторы уделяют внимание преимущественно глобальным показателям, суммарно отражающим функцию всех сегментов ЛЖ. При этом чаще всего проводится изучение глобальной деформации продольных волокон, хотя анализ глобальных деформационных свойств радиальных и циркулярных волокон также имеется. Хорошо представлены работы, связанные с ротационными свойствами у пациентов с ИБС [Maragiannis D. и соавт., 2015; Sengupta P.P. и соавт., 2017; Feuz L. и соавт., 2017].

Технология Velocity Vector Imaging также обсуждается в литературе. Большинство исследователей считают VVI значимым методом для диагностики внутриутробных и врожденных аномалий, влияния на миокард системных заболеваний и химиотерапии, а также приобретенных пороков митрального и аортального клапана, для оценки функции правого желудочка и левого предсердия [Carasso Sh. и соавт., 2013; Chelliah A. и соавт., 2016; Ruotsalainen H. и соавт., 2017; Boruta R.J. и соавт., 2018].

Степень разработанности темы

Основанием для выполнения диссертации служат исследования зарубежных авторов по использованию технологии Velocity Vector Imaging у пациентов с ИБС [Carasso Sh. и соавт., 2013; Roifman I. и соавт., 2013; Rostamzadeh A. и соавт., 2015; Blomster J.I. и соавт., 2016; Miller B.E. и соавт., 2016; Kim K.H. и соавт., 2017; Romano S. и соавт., 2017]. Основным предметом изучения у таких пациентов является функция продольных волокон. Изменению функции циркулярных и радиальных волокон уделяется меньшее внимание [Rostamzadeh A. и соавт., 2015; Romano S. и соавт., 2017]. Следует отметить, что основные критерии функции волокон ЛЖ, представленные в литературе, – это глобальные деформационные показатели.

Не найдено информации о влиянии хирургической реваскуляризации на волокна миокарда в ранние и отдаленные сроки. В литературе имеется только информация о функции продольных волокон после проведенной чрескожной коронарной ангиопластики при использовании технологии VVI

[Roifman I. и соавт., 2013]. Не найдено работ, связанных с использованием технологии Velocity Vector Imaging для изучения локальной деформации и скорости деформации как двух взаимодополняющих друг друга показателей в ответ на ишемию и восстановление кровотока, а также изменения ротационных свойств. Все это явилось мотивацией для проведения настоящего исследования.

Цель исследования – изучить влияние ишемической болезни сердца, перенесенного инфаркта и хирургической реваскуляризации на функцию волокон миокарда левого желудочка.

Задачи исследования:

1. С помощью стандартного эхокардиографического исследования изучить влияние ИБС и перенесенного инфаркта миокарда на функцию левого желудочка до и после хирургической реваскуляризации.

2. На основании данных Velocity Vector Imaging исследовать влияние ИБС и перенесенного инфаркта миокарда на глобальные деформационные показатели продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ.

3. Применяя технологию Velocity Vector Imaging, установить связь нарушения глобальных деформационных показателей волокон ЛЖ и показателей стандартной эхоКГ, состояния коронарного русла, индекса нарушения локальной сократимости, давности перенесенного инфаркта и сроков ИБС.

4. Изучить влияние операции коронарного шунтирования на глобальные деформационные показатели продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ, определенные с помощью Velocity Vector Imaging, в ранние и отдаленные сроки.

5. Используя технологию Velocity Vector Imaging, оценить локальные деформационные свойства сегментов ЛЖ в ответ на ИБС, перенесенный инфаркт и реваскуляризацию в ранние и отдаленные сроки.

6. Дать оценку диастолической функции волокон миокарда с помощью технологии Velocity Vector Imaging и ее динамики после реваскуляризации.

7. Проанализировать ротационные свойства ЛЖ у пациентов с ИБС и перенесенным инфарктом миокарда и их динамику после реваскуляризации на

основании использования технологии Velocity Vector Imaging.

Научная новизна исследования

Работа является первым обобщающим научным трудом по использованию эхокардиографической технологии Velocity Vector Imaging в оценке влияния ИБС, перенесенного инфаркта и хирургической реваскуляризации на миокард ЛЖ.

Впервые проведено исследование функции продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ с помощью технологии VVI в ранние и отдаленные сроки после коронарного шунтирования.

Впервые выполнен детальный анализ функции продольных, циркулярных и радиальных волокон левого желудочка до и после коронарного шунтирования с помощью технологии Velocity Vector Imaging.

Впервые отмечено, что влияние ИБС и перенесенного инфаркта на деформационные показатели осуществляется не только в виде сочетанного снижения или увеличения деформации и скорости деформации, но и в виде разнообразных вариантов, связанных с преимущественным изменением значения деформации или скорости деформации.

Теоретическая и практическая значимость

На основании проведенного исследования выявлено, что у всех пациентов с ишемической болезнью сердца независимо от тяжести перенесенного инфаркта миокарда, его давности, величины ИНЛС отмечалось изменение глобальных деформационных показателей всех волокон миокарда ЛЖ.

Доказана важность использования стандартного эхоКГ-исследования совместно с технологией VVI у пациентов в ранние сроки и спустя 24 мес после коронарного шунтирования. При этом установлена актуальность изучения деформационных показателей в бассейне коронарных артерий у пациентов в отдаленные сроки наблюдения. Использование в практике технологии VVI в отдаленные сроки, а также исследование функции волокон в соответствии с бассейнами коронарных артерий позволит своевременно выявить снижение деформационных показателей, что может служить предпосылкой к более детальному обследованию пациентов.

Выявлена значимость изучения локальных деформационных показателей миокарда как критериев, наиболее четко отражающих динамику функции волокон ЛЖ в ранние и отдаленные сроки. При этом в практике целесообразно обращать внимание на сегменты с исходно низкими значениями деформации и скорости деформации, так как их динамика после коронарного шунтирования прослеживается на протяжении двухлетнего наблюдения.

В ходе исследования установлено, что улучшение ротационных показателей и диастолической функции волокон ЛЖ отмечается спустя 24 мес наблюдения.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование выполнялось в несколько этапов.

На первом этапе изучалась отечественная и зарубежная литература, посвященная данной проблеме (192 источника, из них 26 отечественных, 166 – зарубежных).

На втором этапе было обследовано 148 пациентов, из которых у 38 отмечен инфаркт миокарда (ИМ) без патологического зубца Q, у 40 – Q-образующий ИМ, у 40 – ИБС без ИМ, у 30 – Q-образующий ИМ с постинфарктной аневризмой ЛЖ (ПИАС).

Выполнено комплексное ультразвуковое исследование, включающее в себя стандартную эхоКГ с анализом систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ, а также технологию Velocity Vector Imaging всем пациентам до, в ранние сроки после коронарного шунтирования (12-е сутки), в отдаленные сроки (спустя 6, 12 и 24 мес).

На третьем этапе проведен качественный и количественный анализ данных обследования, статистическая обработка полученных результатов и обобщение результатов работы.

В общей сложности проведено 735 стандартных эхоКГ-исследований, проанализировано 10 584 сегмента продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ.

Положения, выносимые на защиту

1. Стандартное эхокардиографическое исследование может быть использовано для диагностики функционального состояния миокарда до и после реваскуляризации с определением индексов конечно-диастолического и конечно-систолического объема, фракции выброса, диастолической функции и ИНЛС ЛЖ.

2. Глобальные деформационные показатели функции продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ при использовании Velocity Vector Imaging не отражают истинного влияния ИБС и/или перенесенного ИМ, а также реваскуляризации в ранние и отдаленные сроки.

3. Деформация и скорость деформации являются взаимодополняющими друг друга показателями, при детальном изучении которых можно установить наличие компенсаторных резервов сегментов, а также наглядно представить имеющуюся динамику в ответ на оперативное лечение.

4. Изучение функции всех волокон левого желудочка – неотъемлемая часть диагностического процесса при использовании технологии Velocity Vector Imaging.

5. Наряду с изменением функции волокон миокарда отмечается изменение ротации и диастолической функции сегментов не только под влиянием ИБС и перенесенного инфаркта, но и после коронарного шунтирования.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Цель, задачи исследования и полученные результаты диссертации соответствуют специальности 14.01.13 – «Лучевая диагностика, лучевая терапия».

Личный вклад автора

Тема и план диссертации, ее основные идеи и содержание разработаны лично автором на основании многолетних целенаправленных исследований. Автором самостоятельно обоснованы актуальность темы; цель, задачи и этапы диссертационного исследования; методический подход к их выполнению; положения, выносимые на защиту. Автором осуществлена разработка первичных учетных документов, лично проведены все ультразвуковые исследования и обработка всех полученных изображений с помощью технологии Velocity Vector Imaging. Динамическое наблюдение осуществлялось всем пациентам лично

автором с использованием эхокардиографического исследования и технологии VVI. Все заключения написаны автором единолично. Самостоятельно проведен статистический анализ полученных результатов, который позволил сделать выводы и сформулировать практические рекомендации.

Автором самостоятельно подготовлены публикации по результатам диссертационного исследования.

Степень достоверности и обработки результатов

Научные положения и результаты диссертации имеют высокую степень достоверности и аргументации. Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом клинического материала (148 пациентов, 735 исследований, 10 584 сегмента ЛЖ), длительным динамическим наблюдением за пациентами (2 года), применением современного метода диагностики (технология Velocity Vector Imaging), а также обработкой полученных результатов актуальными методами математической статистики.

Выводы логически вытекают из материалов исследования и в полном объеме отражают поставленные задачи. Практические рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы проведенным исследованием и могут служить руководством к работе. Данные, представленные в диссертации, полностью соответствуют первичным материалам.

Работа проводилась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» с поправками 2013 г. и с «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ №266 от 19.06.2003 г.

Диссертационное исследование было одобрено **комитетом по этике** ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, протокол заседания №2 от 8 февраля 2017 г.

Связь работы с научными программами, планами

Тема диссертации рекомендована к выполнению проблемной комиссией по сердечно - сосудистой хирургии, лучевой диагностике и лучевой терапии (протокол №10 от 05.10.2016 г.) и утверждена на заседании Ученого совета ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России (протокол №1 от 27.01.2017 г.).

Получено свидетельство №22793 на электронный ресурс, отвечающий требованиям новизны и приоритетности 24.05.2017 ИУО РАО ОФЭРНиО, г. Москва.

Апробация диссертации

Диссертационная работа апробирована и рекомендована к защите на совместном заседании проблемной комиссии по сердечно-сосудистой хирургии, лучевой диагностике и лучевой терапии, кафедры лучевой диагностики ФДПО ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (г. Нижний Новгород) и кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико - стоматологический университет имени А.А. Евдокимова» Минздрава России (протокол №3 от 19.06.2018 г.).

Внедрение результатов исследования

Результаты диссертационной работы внедрены и применяются в практической работе отделения хирургического лечения ишемической болезни сердца ГБУЗ НО «Специализированная кардиохирургическая клиническая больница» г. Нижнего Новгорода, поликлиники №5 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России (г. Нижний Новгород).

Основные научно - практические положения диссертации используются в учебном процессе на последипломном этапе образования для слушателей циклов по специальности «Ультразвуковая диагностика» на кафедре лучевой диагностики ФДПО ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; кафедре лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; на этапе дополнительного профессионального образования по

специальности «Ультразвуковая диагностика» ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (г. Москва) (образовательная лицензия №038017 от 11 ноября 2016 г.).

Основные положения работы были представлены и обсуждены:

на научно-практической конференции «Высокие технологии в медицине IV. Лучевая и ультразвуковая диагностика» (Н. Новгород, 2012); на областной научно-практической конференции «Современные направления лучевой диагностики: союз физиков и медиков» (Н. Новгород, 2014); на 4-м Съезде специалистов ультразвуковой диагностики Центрального федерального округа (Владимир, 2014); на международном VIII «Невском радиологическом форуме» (Санкт-Петербург, 2015); на VII Съезде Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики (Москва, 2015); на V Съезде специалистов ультразвуковой диагностики Юга России (Геленджик, 2016); на научно-практической школе «Современные возможности эхокардиографии при кардиальной патологии» (Москва, 2017); на научно-образовательной конференции «Авторские технологии в ультразвуковой диагностике. Перспективы развития и красота специалистов. Ультразвуковая диагностика заболеваний сердца и сосудов» (Москва, 2018); на IV Межрегиональной научно-практической конференции «Гефтеровские чтения. Современные проблемы внутренней медицины. Кардиология. Неврология. Эндокринология. Функциональная диагностика» (Н. Новгород, 2018).

Публикации

По материалам исследования опубликовано **35** научных работ в отечественных изданиях, из них **15** статей – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, в том числе в **3**, входящих в международные базы данных.

Основные положения и результаты диссертации легли в основу учебного пособия «Ишемическая болезнь сердца: эхокардиографическая диагностика – от стандартов к современным технологиям».

Получено свидетельство №22793 на электронный ресурс, отвечающий требованиям новизны и приоритетности 24.05.2017 ИУО РАО ОФЭРНиО, г. Москва.

Объем и структура работы

Материалы диссертации изложены на 499 страницах машинописного текста. Диссертация состоит из введения, 7 глав собственного исследования, заключения, выводов, практических рекомендаций, словаря терминов и сокращений, списка литературы, включающего 211 литературных источников, из них 42 отечественных и 169 иностранных авторов. Работа иллюстрирована 166 рисунками, 120 таблицами.

Диссертация оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на основании анализа 148 пациентов от 39 до 79 лет (средний возраст составил $59,4 \pm 7,4$ года). Из них у 38 (25,6%) в анамнезе имеется перенесенный ИМ без патологического зубца Q – группа 1; у 40 (27,0%) в анамнезе отмечен Q-образующий ИМ – группа 2; у 40 (27,0%) наблюдалась ИБС без перенесенного ИМ – группа 3 и у 30 (20,4%) наряду с перенесенным Q-образующим ИМ выявлена постинфарктная аневризма ЛЖ – группа 4.

Женщин было 20 (13,5%) человек, мужчин – 128 (86,5%). Большинство обследованных имели 1 перенесенный ИМ (28 (82,0%) – группа 1; 35 (87,0%) – группа 2; 22 (73,3%) – группа 4). Коронарный анамнез у всех пациентов составил от 2 мес до 31 года ($5,4 \pm 5,3$ года), срок от перенесенного ИМ до госпитализации – от 2 мес до 17 лет ($3,7 \pm 3,2$ года). Острого ИМ не было.

По данным чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) во всех группах доминировало трехсосудистое поражение коронарного русла (22 (65,0%) – группа 1; 30 (75,0%) – группа 2; 29 (72,5%) – группа 3; 17 (56,7%) – группа 4). При анализе

характера поражения преобладали стенозы 71–99% (69 (44,0%) – группа 1; 71 (35,5%) – группа 2; 75 (37,8%) – группа 3; 55 (45,4%) – группа 4).

Всем пациентам проведена полная реваскуляризация миокарда. Длительность перфузии составила в среднем от 32 до 216 мин ($91,9 \pm 35,8$ мин), время пережатия аорты – от 27 до 150 мин ($63,9 \pm 26,9$ мин). Летальных исходов не было.

Комплексное трансторакальное эхоКГ-исследование проводилось на аппарате Acuson X 300 секторным мультимодальным 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, диастолической и сократительной функции ЛЖ согласно рекомендациям Американского эхокардиографического общества совместно с Европейской эхокардиографической ассоциацией (2012–2015 гг.) [Lang R. и соавт., 2015].

Анализ деформационных и ротационных свойств миокарда ЛЖ проводился в режиме постобработки с помощью системы системы Syngo VVI (Siemens Medical Solutions USA Inc.).

При исследовании ЛЖ с помощью Velocity Vector Imaging оценивались его продольные, радиальные и циркулярные волокна. Проводился анализ продольной, радиальной, циркулярной деформации и скорости деформации. Деление ЛЖ на сегменты осуществлялось системой Syngo VVI автоматически, согласно заданному алгоритму на 18 сегментов.

Показатели S и SR для каждого сегмента представлены графическими и цифровыми характеристиками. Направления графиков (выше или ниже базовой линии) зависят от движения волокон. Продольные и циркулярные волокна в систолу укорачиваются, а радиальные – утолщаются (удлиняются). Соответственно, графическое изображение продольной и циркулярной

деформации в норме находится ниже базовой линии, а значения показателей отрицательные. При этом графики радиальной деформации – выше базовой линии, а показатели имеют положительные значения.

Показатель скорости деформации отражает активность сегментов и имеет систолическую и диастолическую составляющую. График представлен систолическим пиком (S) и диастолическими пиками (e и a). Пик S продольных и циркулярных волокон в норме находится ниже базовой линии с отрицательными значениями, а пики e и a – выше (значения положительные), отражая утолщение (удлинение) волокон в диастолу. При исследовании скорости деформации радиальных волокон пик S отображается выше базовой линии с положительными значениями, тогда как e и a – ниже (значения отрицательные), так как в диастолу радиальные волокна укорачиваются.

Анализ ротационных свойств миокарда проводился в поперечных сечениях ЛЖ на уровне базальных, средних и апикальных отделов. При оценке графических характеристик вращения положительные значения имели апикальные отделы ЛЖ, вращение которых осуществлялось в норме против часовой стрелки. Отрицательные показатели ротации отмечены в базальных отделах, вращение которых в норме происходило по часовой стрелке.

При использовании технологии VVI у всех пациентов было исследовано 2646 сегментов ЛЖ: группа 1 – 684, группа 2 – 720, группа 3 – 720, группа 4 – 540. В каждой группе проводилось изучение продольных, циркулярных и радиальных волокон, анализировались показатели глобального S и SR и показателей вращения до и в ранние сроки (12-е сутки) после коронарного шунтирования. Отдаленные результаты изучали у 40 пациентов в 720 сегментах ЛЖ спустя 6, 12 и 24 мес после реваскуляризации. Наряду с этим выполнялся детальный анализ деформационных свойств каждого сегмента.

Для детального анализа функции волокон сегменты объединены в группы в зависимости от исходного значения деформации и скорости деформации:

- сегменты с одинаковыми значениями показателей деформации и скорости деформации;

- сегменты с нормальным значением деформации и изменением скорости деформации;

- сегменты с нормальным значением скорости деформации и изменением деформации;

- сегменты с разноплановым изменением деформации и скорости деформации;

- парадоксальное движение волокон.

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программ SPSS 13.0 для Windows, Statistica 6.0.

Статистическая достоверность сравниваемых величин определялась с применением критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$. Данные представлены в виде $M \pm m$. Для оценки статистической значимости количественных различий между несвязанными группами использовался непараметрический критерий Манна–Уитни, между связанными группами – критерий Вилкоксона. Корреляционный анализ проводился с помощью параметрических методов по Пирсону, непараметрических методов по Спирману и метода «переходов», множественной линейной регрессии методом наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1 Ранние сроки после реваскуляризации

Стандартное эхокардиографическое исследование. Данные стандартного эхоКГ-исследования показали, что в ответ на коронарное шунтирование (КШ) происходит положительная динамика систолической функции ЛЖ в виде снижения индексов конечно-диастолического (КДО) и конечно-систолического объемов (КСО), увеличения фракции выброса (ФВ) ЛЖ, улучшения диастолической функции (ДФ) ЛЖ и снижения ИНЛС (таблица 1).

Динамика показателей систолической, диастолической и сократительной функции ЛЖ у всех пациентов по данным стандартной эхоКГ, $M \pm m$

Показатель	До КШ	После КШ	p
Индекс КДО (мл/м ²)	65,1 ± 21,7	60,2 ± 14,9	0,00004*
Индекс КСО (мл/м ²)	31,1 ± 16,7	27,6 ± 10,7	0,00007*
ФВ ЛЖ (%)	53,1 ± 8,4	54,2 ± 7,2	0,04*
ДФ ЛЖ	1,06 ± 0,66	1,21 ± 0,55	0,0007*
ИНЛС	1,38 ± 0,47	1,31 ± 0,44	0,000001*

Примечание: * – статистически значимое различие ($p < 0,05$)

Аналогичная картина наблюдается в группе ПИАС. При этом анализ остальных групп показал, что у пациентов с Q-образующим ИМ отмечалось значимое снижение индекса КСО ЛЖ ($30,3 \pm 11,3$ и $28,0 \pm 9,5$ мл/м²; $p = 0,02$) и увеличение ФВ ЛЖ ($52,6 \pm 6,9$ и $55,5 \pm 6,7\%$; $p = 0,01$), тогда как в группе ИМ без патологического зубца Q и ИБС без перенесенного ИМ выявлено отсутствие статистически значимого изменения параметров систолической функции. Такую особенность можно объяснить тем, что в группах 1 и 3 только 9 (24,0%) и 10 (25,0%) человек имели снижение систолической функции, тогда как в группе 2 у 22 (55,0%) обследованных отмечалось преимущественное снижение КСО и ФВ, а в группе ПИАС у всех пациентов (30 (100%)) отмечено снижение индексов КДО, КСО и ФВ ЛЖ.

Диастолическая дисфункция 1-го типа отчетливо прослеживалась при ИМ без патологического зубца Q и ИБС без ИМ ($0,82 \pm 0,24$ и $0,91 \pm 0,42$) со статистически значимой положительной динамикой ($1,05 \pm 0,29$; $p = 0,0001$ и $1,21 \pm 0,37$; $p = 0,003$). Однако в группе с Q-образующим ИМ показатели были на нижней границе нормы ($1,02 \pm 0,57$; $p = 0,06$), а в группе ПИАС соотношение Е/А трансмитрального потока было более 1, но менее 2 ($1,64 \pm 1,02$; $p = 0,39$), что расценено как псевдонормальный тип дисфункции, при этом у 9 (26,4%) пациентов этой группы отмечался рестриктивный тип.

Снижение сократительной функции миокарда по данным визуального анализа при стандартном эхоКГ-исследовании отмечено у 92 (62,1%) пациентов до и у 80 (54,0%) – после КШ. Сократительная дисфункция зарегистрирована у всех пациентов с ПИАС (30 (100%)) и только у 8 (20,0%) – в группе ИБС без ИМ. Наше исследование показало положительную динамику ИНЛС в ответ на реваскуляризацию у всех пациентов. При этом статистически значимой она оказалась в группах ИМ без патологического зубца Q ($1,11 \pm 0,13$ и $1,05 \pm 0,08$; $p = 0,0005$), Q-образующего ИМ ($1,4 \pm 0,41$ и $1,32 \pm 0,39$; $p = 0,00001$) и, что очень важно, в группе ПИАС ($2,09 \pm 0,27$ и $1,96 \pm 0,30$; $p = 0,0002$). У пациентов с ИБС без ИМ ИНЛС исходно был невысокий ($1,04 \pm 0,12$) и отмечался только у 8 (20,0%) пациентов, поэтому значимая положительная динамика в целом не видна, однако при детальном анализе нормализация сократимости получена в 6 (27,2%) сегментах.

Следует отметить, что установлены значимые корреляционные связи между ИНЛС и индексом КДО ($R = 0,64$; $p = 0,000001$) и КСО ($R = 0,68$; $p = 0,0000001$) и ФВ ЛЖ ($R = -0,58$; $p = 0,00001$) у всех пациентов. Все это показывает, что при стандартном эхоКГ-исследовании анализ сократительной функции взаимосвязан с показателями систолической функции.

Использование технологии Velocity Vector Imaging. Использование технологии Velocity Vector Imaging у всех пациентов показало снижение глобальных показателей деформации и скорости деформации продольных ($S - -12,6 \pm 4,3\%$, $SR - -0,81 \pm 0,29 \text{ с}^{-1}$) и циркулярных волокон ($S - -13,7 \pm 4,8\%$, $SR - -0,98 \pm 0,36 \text{ с}^{-1}$). При этом S ($22,9 \pm 10,7\%$) и SR ($1,36 \pm 0,62 \text{ с}^{-1}$) радиальных волокон были в пределах нормы. После КШ положительная динамика была отмечена только со стороны SR продольных волокон ($-0,87 \pm 0,28 \text{ с}^{-1}$; $p = 0,003$), а S радиальных волокон снизился ($19,9 \pm 8,6\%$; $p = 0,0004$).

В группе пациентов с ИМ без патологического зубца Q и ИБС без ИМ после КШ отмечались улучшение SR продольных ($p = 0,0002$ и $p = 0,02$); отрицательная динамика S и SR циркулярных волокон ($p = 0,006$ и $p = 0,0002$ – группа 1; $p =$

0,000001 и $p = 0,000005$ – группа 3); снижение в рамках нормы функции радиальных волокон ($p = 0,005$ и $p = 0,003$ – группа 1; $p = 0,000001$ и $p = 0,00001$ – группа 3).

Среди обследованных с Q-образующим ИМ получено отсутствие значимой динамики глобальных S и SR после КШ ($p = 0,13$ и $0,93$; $p = 0,40$ и $0,35$), а также снижение глобального S ($p = 0,0003$) и уменьшение в рамках нормы SR ($p = 0,02$) радиальных волокон.

Статистически значимая положительная динамика глобальных деформационных показателей всех волокон ЛЖ выявлена у пациентов с ПИАС: S и SR продольных ($p = 0,00002$ и $p = 0,000001$), циркулярных ($p = 0,00007$ и $p = 0,00001$) и радиальных ($p = 0,000003$ и $p = 0,000001$) волокон (рисунок 1).

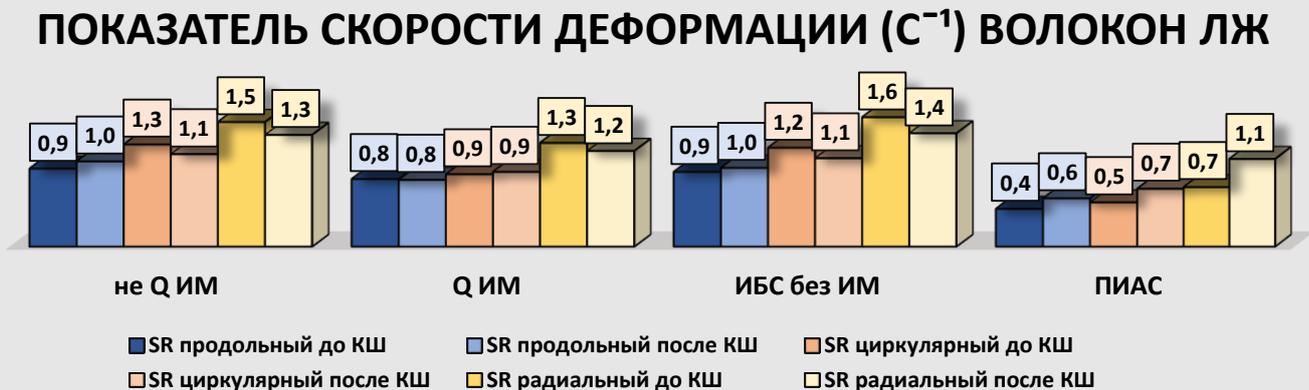
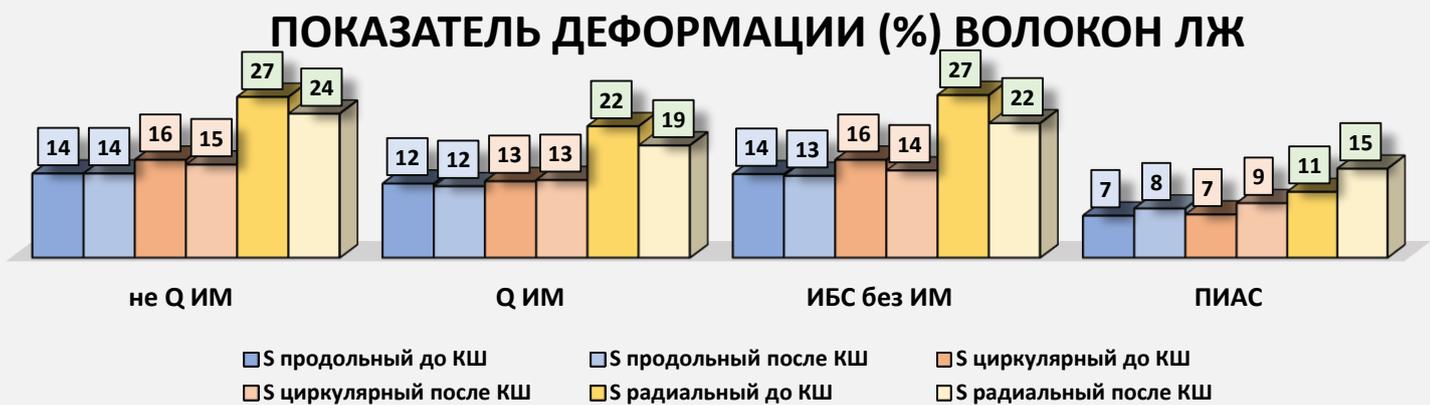


Рисунок 1. Динамика показателя деформации (а) и скорости деформации (б) продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ до и в ранние сроки после реваскуляризации в группе ПИАС (указаны средние значения без указания направления движения волокон)

Отмечена корреляция высокой и средней степени глобальных деформационных показателей продольных и циркулярных волокон до и после КШ с индексом КДО, КСО, ФВ и ИНЛС ЛЖ (таблица 2).

Таблица 2

Корреляционные связи деформационных показателей (S и SR) продольных и циркулярных волокон и стандартного эхоКГ-исследования до и после КШ у всех пациентов

Показатель	Продольные волокна ЛЖ		Циркулярные волокна ЛЖ	
	До КШ	После КШ	До КШ	После КШ
Индекс КДО (мл/м²)	R = 0,61 R = 0,60	R = 0,52 R = 0,48	R = 0,52 R = 0,54	R = 0,42 R = 0,43
Индекс КСО (мл/м²)	R = 0,57 R = 0,59	R = 0,56 R = 0,53	R = 0,53 R = 0,55	R = 0,52 R = 0,49
ФВ (%)	R = -0,42 R = -0,47	R = -0,61 R = -0,60	R = -0,46 R = -0,47	R = -0,51 R = -0,41
ИНЛС	R = 0,57 R = 0,57	R = 0,56 R = 0,56	R = 0,60 R = 0,62	R = 0,57 R = 0,52

Примечание: во всех случаях $p < 0,05$.

При изучении радиальных волокон была получена только слабая корреляция между S и ФВ ($R = 0,30$; $p = 0,001$; $R = 0,25$; $p = 0,002$) до и после КШ. Аналогично корреляционному анализу у всех пациентов прослеживается зависимость между деформационными показателями продольных, циркулярных и радиальных волокон и индексом КДО, КСО, ФВ, ИНЛС до и после КШ в группах Q-образующего ИМ и в группе ПИАС.

Таким образом, наше исследование при изучении глобальных деформационных свойств продольных и циркулярных волокон до КШ показало их исходное снижение у всех пациентов. При этом положительную динамику после операции продемонстрировал только SR продольных волокон. Значения радиального S и SR изначально оставались в пределах нормы со снижением S в ответ на реваскуляризацию. Следует отметить, что в каждой изученной группе, кроме пациентов с ПИАС, яркой статистически значимой динамики отмечено не

было. Более того, у пациентов с ИМ без патологического зубца Q и с ИБС без ИМ получено снижение показателей циркулярных волокон.

Само оперативное вмешательство и наличие реперфузионного синдрома могут оказать влияние на функцию волокон ЛЖ. В нашей работе была возможность провести анализ уровня тропонинов и лактатдегидрогеназы (ЛДГ-1) до и после КШ. При этом во всех группах в ранние сроки после КШ отмечалось увеличение уровня ЛДГ-1 (таблица 3).

Таблица 3

Динамика уровня ЛДГ-1 (Ед/л) до и в ранние сроки после реваскуляризации,

$M \pm m$

Группа	До КШ	После КШ	p
ИМ без патологического зубца Q	154,0 ± 23,1	225 ± 26,9	0,000001*
Q-образующий ИМ	152,0 ± 31,8	229 ± 42,9	0,000001*
ИБС без ИМ	149,5 ± 25,3	227 ± 44,4	0,000001*
ПИАС	156,8 ± 23,3	253,1 ± 63,1	0,000001*

Примечание: * – статистически значимые различия ($p < 0,05$).

Установлена корреляция средней и слабой силы между ЛДГ-1 и SR циркулярных волокон после КШ ($R = 0,43$; $p = 0,01$) в группе ИМ без патологического зубца Q и S циркулярных волокон ($R = 0,33$; $p = 0,03$) в группе ИБС без ИМ. При этом у пациентов с ПИАС после КШ отмечена средняя корреляция между ЛДГ-1 и SR циркулярных волокон ($R = 0,41$; $p = 0,04$) и сильная – со значениями S и SR радиальных волокон ($R = -0,56$; $p = 0,006$ и $R = -0,52$; $p = 0,009$).

Уровень тропонинов у всех пациентов до и после КШ находился в пределах нормальных значений. Корреляция слабой силы после КШ обнаружена со значениями S продольных волокон ($R = 0,33$; $p = 0,03$) в группе 2 и со значениями S и SR продольных волокон ($R = -0,33$; $p = 0,04$ и $R = -0,40$; $p = 0,01$) в группе 3. Слабые корреляционные связи были отмечены между длительностью пережатия аорты 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.

Наличие преимущественно слабых 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 не только в ранние, но и в отдаленные сроки оперативного лечения.

Дальнейший диагностический поиск привел к переходу от глобальных показателей, которые дают слишком общую информацию, к локальным, т.е. значениям S и SR в каждом сегменте ЛЖ. Действительно, на первом этапе при рассмотрении миокарда ЛЖ установлено, что при изучении продольных, циркулярных и радиальных волокон отмечается диапазон значений, куда входит определенное количество сегментов. Так, выявлены сегменты со следующим диапазоном значений деформации: от 0 до 20%, от 20 до 40% или от 0 до 10%, от 10 до 20%, от 20 до 40% – с соответствующим знаком в зависимости от изучаемых волокон. При этом сегменты с диапазоном значений скорости деформации представлены таким образом: от 0 до 1 с^{-1} ; от 1 до $1,5 \text{ с}^{-1}$; от $1,5$ до 2 с^{-1} – также с соответствующим знаком в зависимости от изучаемых волокон. Кроме того, отмечены сегменты с парадоксальным движением.

Важно, что в каждом диапазоне находятся сегменты с низкими, нормальными и увеличенными значениями, что свидетельствует о разнообразном влиянии ИБС и/или перенесенного ИМ на деформационные показатели в виде снижения функции, отсутствия изменения или увеличения функции, а также парадоксального движения волокон. Динамика после реваскуляризации представляет собой переход сегментов всех волокон ЛЖ из одного диапазона цифровых значений в другой, что важно на фоне отсутствия изменений при анализе глобальных показателей. Существенным недостатком такого анализа является отсутствие данных о количестве и цифровых значениях S и SR в каждом сегменте, а также разрозненное представление о деформации и скорости деформации. Поэтому вторым этапом детального анализа стало изучение деформации и скорости деформации как двух

взаимодополняющих характеристик функции разных волокон миокарда, исследование цифровых и количественных особенностей сегментов при влиянии на них ИБС, перенесенного ИМ и реваскуляризации. В результате были сформированы группы сегментов по величине S и SR: одинаковые значения деформационных показателей (S и SR норма; S и SR увеличены; S и SR снижены); сегменты с нормальным значением деформации и изменением скорости деформации (S норма, SR низкий; S норма, SR увеличен); сегменты с нормальным значением скорости деформации и изменением деформации (S низкий, SR норма; S увеличен, SR норма); сегменты с разноплановым изменением деформационных показателей (S низкий, SR увеличен; S увеличен, SR снижен); сегменты с парадоксальным движением волокон (положительные значения S и SR продольных и циркулярных волокон, отрицательные – радиальных волокон) (рисунок 2).

Продольные волокна (n = 2664)	Циркулярные волокна (n = 2664)	Радиальные волокна (n = 2664)
Одинаковые значения S и SR 1890 (70,9)	Одинаковые значения S и SR 2005 (75,2)	Одинаковые значения S и SR 1496 (56,4)
Нормальное значение S изменение SR 230 (8,6)	Нормальное значение S изменение SR 295 (11,0)	Нормальное значение S изменение SR 440 (16,5)
Нормальное значение SR изменение S 307 (11,5)	Нормальное значение SR изменение S 238 (8,9)	Нормальное значение SR изменение S 407 (15,2)
Разноплановое изменение S и SR 178 (6,6)	Разноплановое изменение S и SR 47 (2,0)	Разноплановое изменение S и SR 165 (6,1)
Парадоксальное движение 54 (2,4)	Парадоксальное движение 79 (2,9)	Парадоксальное движение 156 (5,8)

Рисунок 2. Распределение сегментов на группы по величине деформации и скорости деформации до реваскуляризации у всех пациентов, абс. число (%)

Все это свидетельствует о том, что ишемический процесс может не отражаться на деформационных показателях (сегменты вне зоны поражения, с нормальными значениями S и SR), привести к их снижению (зона поражения, S и SR снижены), вызвать усиление функции (компенсаторный процесс, или гиперкинез, S и SR увеличены) и парадоксальное движение волокон (противоположные знаки). Наряду с одинаковыми значениями S и SR получены разнообразные варианты, когда повреждающий фактор отражается на функции одного показателя. При этом сегмент функционирует «дисгармонично», так как один показатель компенсирует другой. Важно понять, насколько компенсаторный процесс долгосрочен и каким образом отразится реваскуляризация на данной группе сегментов. Большинство сегментов, изучаемых на данном этапе, имели одинаковые значения деформационных показателей, а именно низкие S и SR в группах 1, 2, 3, 4: 301 (49,1%), 446 (61,9%), 366 (50,8%), 416 (77,0%) – продольные; 292 (47,7%), 525 (72,9%), 380 (52,7%), 440 (81,4%) – циркулярные; 148 (24,1%), 246 (34,1%), 173 (24,0%), 204 (30,0%) – радиальные волокна соответственно.

В ответ на КШ произошла статистически значимая положительная динамика со стороны исходно низких S и SR во всех группах (таблица 4).

Таблица 4

**Динамика низких значений деформации и скорости деформации
до и после КШ ($p < 0,05$)**

	не Q ИМ		Q ИМ		ИБС без ИМ		ПИАС	
	До КШ	После КШ	До КШ	После КШ	До КШ	После КШ	До КШ	После КШ
Продольные волокна								
S (%)	-9,5	-12,5	-8,9	-10,2	-9,6	-12,3	-6,8	-7,8
SR (с⁻¹)	-0,59	-0,93	-0,55	-0,7	-0,52	-0,85	-0,42	-0,56
Циркулярные волокна								
S (%)	-11,4	-17,6	-10,7	-12,3	-11,9	-13,2	-8,3	-9,5
SR (с⁻¹)	-0,79	-1,28	-0,71	-0,88	-0,80	-0,99	-0,58	-0,74
Радиальные волокна								
S (%)	11,3	21,5	11,3	15,9	12,3	21,9	9,3	14,1
SR (с⁻¹)	0,64	1,21	0,65	1,05	0,67	1,28	0,65	1,09

Примечание: представлены средние значения

Таким образом, детальный анализ оказался важным в плане установления положительного влияния реваскуляризации на самое многочисленное количество сегментов, находящихся под воздействием ишемии и/или перенесенного ИМ и имеющих низкие деформационные свойства.

Значительный интерес в плане изучения влияния КШ представляли собой так называемые дисгармоничные сегменты. При анализе продольных и радиальных волокон в ранние сроки установлено, что наибольшее количество сегментов имели нормальное значение SR и измененное S, что может свидетельствовать о том, что в ранние сроки произошло восстановление активности сегментов. При этом изучение циркулярных волокон показало, что только 203 (7,6%) сегмента остались с изменением функции одного из показателей (рисунок 3).



Рисунок 3. Сегменты с изменением функции одного из показателей деформации и разноплановым изменением S и SR в ранние сроки после реваскуляризации, абс. число/%

Следует отметить, что детальный анализ самой многочисленной группы сегментов с нормальным значением SR и изменением S показал, что в 978 (97,2%) из 1006 сегментов продольных и в 1474 (100%) – радиальных волокон отмечается низкое значение S при нормальном SR. Таким образом, на данном этапе исследования выявлено, что в большинстве «дисгармоничных» сегментов после

реваскуляризации отмечены низкие значения деформации при нормальном значении скорости деформации, т.е. сегменты остались «дисгармоничными». Однако, если говорить о динамическом наблюдении, то нормализация скорости деформации является значимым моментом, так как этот показатель отражает активность сегмента, но низкое значение S свидетельствует о том, что такой активности не хватает.

Изучение ротационных свойств ЛЖ в базальных ($-4,7 \pm 4,2$; $-3,8 \pm 3,6$; $-2,3 \pm 3,3^\circ$), средних ($1,55 \pm 4,8$; $-0,18 \pm 4,3$; $0,73 \pm 3,3^\circ$) и апикальных отделах ЛЖ ($4,0 \pm 5,2$; $2,3 \pm 5,5$; $0,73 \pm 3,3^\circ$) показало отсутствие статистически значимой динамики у пациентов с ИМ без патологического зубца Q ($p = 0,49$; $0,11$; $0,40$ соответственно), с Q-образующим ИМ ($p = 0,71$; $0,67$; $0,06$ соответственно) и у больных с ПИАС ($p = 0,72$; $0,84$; $0,47$ соответственно). При этом в группе ИБС без ИМ отмечалась отрицательная динамика ротационных свойств в средних и апикальных отделах ЛЖ в виде нарушения механики вращения ($-1,03 \pm 5,4^\circ$; $p = 0,03$ и $-0,76 \pm 5,2^\circ$; $p = 0,005$ соответственно).

В каждом отделе ЛЖ были выявлены изменения направления вращения, которые восстанавливались после КШ либо оставались без изменения. Кроме того, отмечено изменение направления вращения в ответ на реваскуляризацию. Следует отметить, что 36 (24,3%) пациентов имели нарушение механики вращения верхушки до КШ и 49 (33,1%) – после. Корреляция средней силы получена со значениями S и SR циркулярных волокон среди всех пациентов с нарушением механики вращения ($R = 0,42$; $p = 0,009$ и $R = 0,45$; $p = 0,005$), при этом в группе Q-образующего ИМ у данной категории обследованных отмечена сильная связь между S и ротацией ($R = -0,64$; $p = 0,01$).

Изменение механики ротации средних отделов ЛЖ выявлено у 48 (32,4%) пациентов до КШ и у 67 (45,2%) – после. При изучении деформационных свойств отмечена зависимость средней силы у пациентов с изменением направления вращения и S и SR циркулярных ($R = 0,42$; $p = 0,002$ и $R = 0,48$; $p = 0,0006$) и радиальных ($R = -0,41$; $p = 0,006$ и $R = -0,44$; $p = 0,001$) волокон. Корреляция средней силы выявлена между показателем ротации и ИНЛС ($R = 0,43$; $p = 0,001$).

Изменение направления вращения базальных отделов установлено у 23 (15,5%) пациентов до КШ и у 14 (9,4%) – после. При этом у всех пациентов с нарушением ротации была отмечена средняя и сильная корреляция с индексом КДО ($R = -0,59$; $p = 0,0004$), индексом КСО ($R = -0,51$; $p = 0,0004$) и ИНЛС ($R = -0,63$; $p = 0,0001$). Анализ деформационных свойств показал сильную корреляцию ротации со значениями S и SR циркулярных волокон ($R = -0,78$; $p = 0,000001$ и $R = -0,79$; $p = 0,0000001$), а также сильную и среднюю – с радиальными ($R = 0,72$; $p = 0,00001$ и $R = 0,55$; $p = 0,002$).

В нашем исследовании в ответ на реваскуляризацию статистически значимой положительной динамики вращения не было отмечено ни в одной группе. Детальный анализ показал увеличение количества пациентов с изменением механики в средних и апикальных отделах. Причину таких изменений можно объяснить нарушением функции циркулярных волокон, тем более что именно с ними установлены средние и сильные корреляционные связи после КШ. Однако различий между деформационными показателями циркулярных волокон у пациентов с нарушением ротации ($-13,9 \pm 4,08\%$; $-1,01 \pm 0,31 \text{ с}^{-1}$ – средние; $-12,9 \pm 3,3\%$; $-0,95 \pm 1,01 \text{ с}^{-1}$ – апикальные) и без нарушения ($-12,8 \pm 3,3\%$; $p = 0,08$; $-0,96 \pm 0,28 \text{ с}^{-1}$; $p = 0,36$ – средние; $-13,6 \pm 4,0 \%$; $p = 0,30$; $-1,01 \pm 0,31 \text{ с}^{-1}$; $p = 0,24$ – апикальные) не выявлено.

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 нормальную диастолическую функцию продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ до и после КШ во всех группах: пациенты без патологического зубца Q ($1,35 \pm 0,45$; $1,58 \pm 0,57$; $-1,18 \pm 0,61$; $p > 0,05$), с Q-образующим ИМ ($1,57 \pm 0,41$; $1,86 \pm 1,02$; $-1,27 \pm 1,09$; $p > 0,05$) и с ИБС без ИМ ($1,41 \pm 0,40$; $1,61 \pm 0,41$; $-1,39 \pm 0,32$; $p > 0,05$). В группе ПИАС изучение диастолической функции показало в среднем ее нормальные значения в продольных ($1,33 \pm 0,55$) и циркулярных ($1,30 \pm 0,56$) волокнах и диастолическую дисфункцию 1-го типа – в радиальных до КШ

($-0,81 \pm 1,08$). При этом в ответ на реваскуляризацию произошла нормализация диастолической функции радиальных ($1,45 \pm 0,27$; $p = 0,04$) волокон.

В нашем исследовании для оценки сегментарной ДФ волокон решено было использовать соотношение пика e и a глобального диастолического SR как критерия, аналогичного методике оценки диастолической функции ЛЖ по трансмитральному потоку, так как это соотношение включает в себя не только раннюю, но и позднюю фазу диастолы. Важно, что отмечено преобладание сегментов с нормальными показателями ДФ волокон как до, так и после реваскуляризации: 113 (76,3%) и 109 (73,6%) – продольные, 98 (66,2%) и 119 (80,4%) – циркулярные, 95 (64,1%) и 110 (74,3%) – радиальные. Все это говорит о хороших компенсаторных резервах волокон, связанных с такими функциональными особенностями диастолы, как релаксация, податливость и жесткость, несмотря на воздействие ИБС и перенесенного ИМ.

2 Использование стандартного эхокардиографического исследования и технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки после реваскуляризации

Изучение отдаленных результатов включало в себя использование стандартного эхоКГ-исследования и технологии Velocity Vector Imaging у 40 пациентов на протяжении 2 лет наблюдения. Деления на группы не проводилось.

Оценка систолической функции показала положительную динамику индекса КДО ($71,5 \pm 10,1$ мл/м²; $p = 0,01$) и отсутствие изменений индекса КСО ($36,1 \pm 7,2$ мл/м²; $p = 0,10$) в ранние сроки без дальнейших статистически значимых изменений на протяжении 2 лет ($74,5 \pm 10,9$ мл/м² ($p = 0,55$) и $38,6 \pm 7,9$ мл/м² ($p = 0,47$) – через 6 мес; $76,0 \pm 12,8$ мл/м² ($p = 0,80$) и $40,3 \pm 11,7$ мл/м² ($p = 0,72$) – через 1 год; $79,8 \pm 17,6$ мл/м² ($p = 0,61$) и $42,1 \pm 15,5$ мл/м² ($p = 0,77$) – спустя 2 года).

Детальный анализ свидетельствует о динамическом изменении ряда показателей. У пациентов с исходно увеличенными значениями КДО и КСО и сниженной ФВ (10 (25,0%)), причем 7 (70,0%) из них являлись пациентами с ПИАС, отмечалось ее улучшение и стабильный результат в отдаленные сроки. У 9 (22,5%) 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 ($44,7 \pm 7,3\%$; $p = 0,08$).

При изучении ДФ ЛЖ получено увеличение количества пациентов с 1-м типом ДД к 2 годам наблюдения, не превышающее исходные значения, при этом динамика ДД рестриктивного типа не так выражена (рисунок 4).



Рисунок 4. Динамика диастолической дисфункции 1-го (нарушение релаксации) и 3-го (рестриктивного) типа у пациентов на протяжении двухлетнего срока наблюдения после реваскуляризации по данным стандартного эхоКГ

В нашем исследовании средний возраст всех пациентов составил $60,0 \pm 7,0$ лет, наличие артериальной гипертензии (АГ) было зафиксировано у большинства (39 (97,5%)), что может свидетельствовать в пользу 1-го типа ДД. С учетом того фактора, что реваскуляризация и анестезиологическое пособие предрасполагают к улучшению ДФ в ранние сроки, но не приводят к избавлению от АГ и не влияют на возраст, увеличение количества пациентов с ДД 1-го типа в отдаленные сроки можно считать переходом к исходно существующим изменениям, связанным с АГ, возрастом, а в некоторых случаях и с курением, а не критерием возврата ИБС.

ДД рестриктивного типа существенной динамики не претерпела. Она отмечалась преимущественно среди пациентов с ПИАС, которых было 7 (17,5%), при этом ее наличие после КШ связано, на наш взгляд, с оставшимся расширением полости ЛЖ и длительно существующим заболеванием.

Оценка сократительной функции в нашем исследовании показала, что 16 (64,0%) из 25 пациентов с исходным нарушением сократительной функции

продемонстрировали ее улучшение: 11 (27,5%) – в ранние сроки, 6 (15,0%) – спустя 6 или 12 мес с дальнейшим стабильным результатом.

Стандартное эхоКГ-исследование в отдаленные сроки после реваскуляризации показало стабильный результат систолической функции ЛЖ на протяжении 2 лет наблюдения; увеличение количества пациентов с ДД 1-го типа начиная с 1-го по 2-й год после КШ, не превышающие дооперационные значения, улучшение сократительной функции начиная с 6 мес после КШ у пациентов с исходным ее нарушением.

Использование технологии VVI показало корреляционные связи S и SR с показателями стандартной эхоКГ (индексы КДО, КСО и ФВ ЛЖ), которые наиболее ярко представлены при изучении продольных и циркулярных волокон. Спустя 6 мес после КШ корреляция с показателями стандартной эхоКГ практически отсутствует, а спустя 2 года – появляется при изучении всех волокон ЛЖ.

Таблица 5

Корреляционные связи показателей стандартного эхоКГ-исследования и деформационных показателей волокон ЛЖ спустя 2 года после КШ

Показатель	Продольные волокна	Циркулярные волокна	Радиальные волокна
Индекс КДО			
S	R= 0,88*	R= 0,70*	R= -0,59*
SR	R = 0,59*	R = 0,55*	R = -0,48
Индекс КСО			
S	R= 0,87*	R= 0,77*	R= -0,73*
SR	R = 0,68*	R = 0,61*	R = -0,57*
ФВ ЛЖ			
S	R= -0,57*	R= -0,68*	R= 0,71*
SR	R = 0,58*	R = -0,58*	R = 0,54*
ДФ ЛЖ			
S	R= 0,53*	R= 0,46	R= -0,25
SR	R = 0,56*	R = 0,53*	R = -0,35
ИНЛС			
S	R= 0,91*	R= 0,71*	R= -0,76*
SR	R = 0,78*	R = 0,53*	R = -0,62*

Примечание: * – достоверные значения ($p < 0,05$).

При изучении глобальных показателей деформации и скорости деформации на протяжении 2 лет после КШ статистически значимых изменений не выявлено, однако не было и значимого ухудшения, что может быть расценено как стабильный результат.

Таким образом, использование стандартного эхоКГ-исследования совместно с технологией VVI при динамическом наблюдении за пациентами с ИБС актуально спустя 2 года после КШ.

Спустя 6, 12 и 24 мес после КШ у 18 (45,0%), 20 (50,0%) и 10 (25,0%) пациентов соответственно отмечались жалобы разного характера: тяжесть за грудиной, нестабильность АД, перебои в работе сердца, одышка при физической нагрузке. При сопоставлении глобальных деформационных показателей всех волокон миокарда значимых различий получено не было, однако у пациентов с жалобами наблюдались значимое снижение продольного S в бассейне ПКА ($p = 0,004$), тенденция к снижению продольного SR в бассейне ПКА ($p = 0,07$), тенденция к снижению S в бассейне ПНА ($p = 0,06$) спустя 6 мес после КШ, а также значимое различие между группами спустя 12 мес при изучении циркулярного S в бассейне ОА ($p = 0,04$) (рисунок 5).

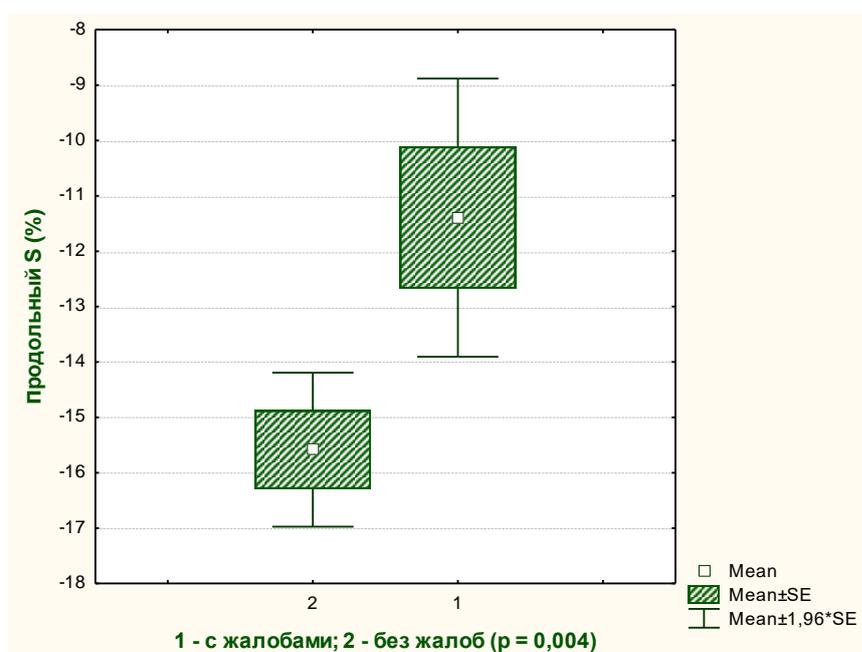


Рисунок 5. Статистически значимое различие деформации продольных волокон в бассейне ПКА у пациентов с жалобами и без спустя 6 мес после реваскуляризации

Для более четкого понимания влияния КШ на волокна миокарда был проведен детальный анализ, который включал изучение динамики S и SR в группах сегментов с одинаковыми значениями показателей, нормальным значением S и измененным SR, нормальным значением SR и измененным S, разноплановыми изменениями S и SR и парадоксальным движением волокон (рисунок 6).



Рисунок 6. Группы сегментов по величине показателей деформации и скорости деформации продольных, циркулярных и радиальных волокон ЛЖ спустя 24 мес после реваскуляризации, абс. число/%

Спустя 24 месяца после КШ отмечено уменьшение количества групп сегментов, что может свидетельствовать о стабилизации процесса, а также доминирование количества сегментов с одинаковыми значениями S и SR при изучении продольных и циркулярных волокон, что говорит о более гармоничной функции сегментов. Преобладание сегментов с нормальным значением SR и изменением S при анализе радиальных волокон может свидетельствовать, что реваскуляризация повлияла на функцию активности.

Особое внимание было уделено самым многочисленным группам сегментов с низкими значениями S и SR: 406 (56,6%) – продольные; 395 (55,0%) – циркулярные; 209 (29,6%) – радиальные волокна (таблица 6). Значимая

положительная динамика со стороны обоих деформационных показателей при изучении продольных и циркулярных волокон отмечена на протяжении 6 мес со стабильным результатом спустя 12 и 24 мес, тогда как значимые изменения функции радиальных волокон произошли в ранние сроки и оставались стабильными на протяжении 2 лет наблюдения. При этом значения S и SR спустя 2 года после КШ значимо выше, чем дооперационные.

Таблица 6

Динамика деформационных показателей в группе с исходно низкими значениями S и SR, M±m

Показатель	До КШ 1	После КШ 2	6 мес 3	12 мес 4	24 мес 5
Продольные волокна (n = 406)					
S	-8,7 ± 4,6*	-10,1 ± 5,8*	-12,1 ± 6,7*	-12,0 ± 6,6	-10,7 ± 6,4*
SR	-0,53 ± 0,25*	-0,75 ± 0,46*	-0,81 ± 0,48	-0,78 ± 0,48	-0,73 ± 0,56
pS; pSR	1-50,00; 1-50,00	1-20,00; 1-20,00	2-30,00; 2-30,09	3-40,86; 3-40,35	4-50,04; 3-40,35
Циркулярные волокна (n = 395)					
S	-10,7 ± 5,4*	-12,8 ± 6,6*	-15,1 ± 7,6*	-14,7 ± 6,3	-15,1 ± 5,7
SR	-0,76 ± 0,34*	-0,94 ± 0,54*	-1,02 ± 0,54	-1,01 ± 0,53	-0,94 ± 0,46
pS; pSR	1-50,00; 1-50,00	1-20,00; 1-20,00	2-30,00; 2-30,06	3-40,09; 3-40,71	4-50,18; 4-50,23
Радиальные волокна (n = 209)					
S	11,4 ± 5,2*	18,3 ± 15,3*	18,6 ± 14,3	19,4 ± 13,5	18,4 ± 14,2
SR	0,65 ± 0,27*	1,2 ± 0,89*	1,23 ± 0,84	1,16 ± 0,73	1,11 ± 0,93
pS; pSR	1-50,00; 1-50,00	1-20,00; 1-20,00	2-30,85; 2-30,79	3-40,65; 3-40,42	4-50,62; 4-50,69

Примечание: * – статистически значимые различия (p < 0,05)

Динамика ротационных свойств ЛЖ после КШ прослеживается только при анализе средних отделов спустя 2 года наблюдений ($0,72 \pm 5,3^\circ$ – исходно; $3,7 \pm 4,1^\circ$ (p = 0,02) – через 2 года). Нарушение механики вращения было отмечено как до, так и в ответ на реваскуляризацию, а также в отдаленные сроки. При этом вновь возникшая ротационная дисфункция спустя 2 года наблюдалась только у 1 (2,5%) пациента в апикальных отделах (рисунок 7).

Корреляция средней силы отмечена после реваскуляризации между базальной ротацией и индексом КДО и КСО спустя 2 года после КШ (R = 0,50;

$p = 0,04$ и $R = 0,56$; $p = 0,02$), а также с ДФ ЛЖ спустя 1 год ($R = 0,58$; $p = 0,0002$) и 2 года ($R = 0,50$; $p = 0,007$).

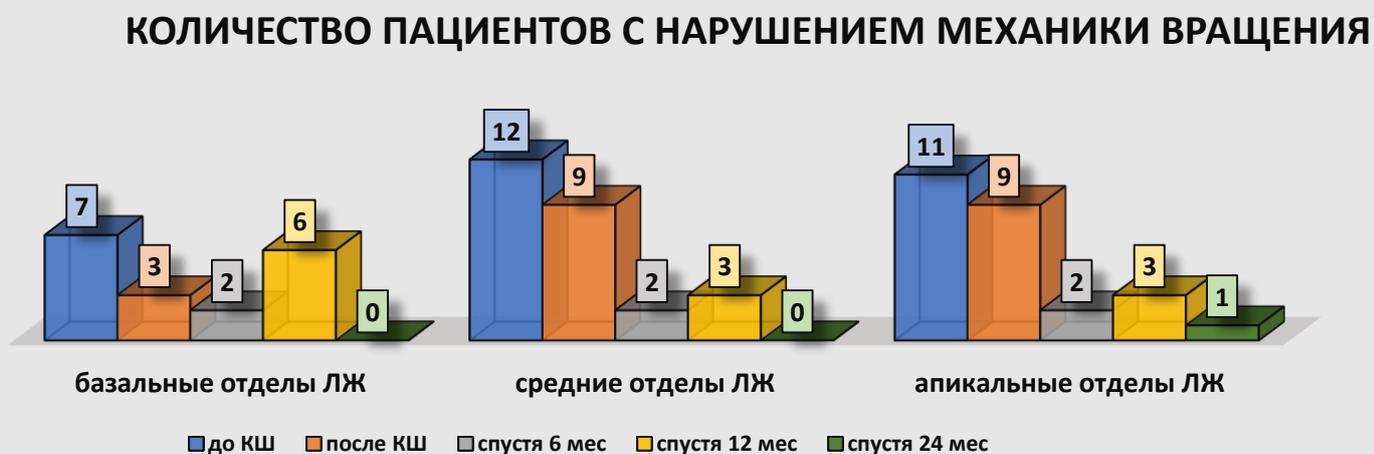


Рисунок 7. Пациенты с нарушением механики вращения базальных, средних и апикальных отделов ЛЖ на протяжении 2 лет наблюдения после реваскуляризации

Таким образом, в результате реваскуляризации уменьшается количество пациентов с ротационной дисфункцией спустя 2 года, в эти же сроки отмечается появление корреляционных связей с индексами КДО и КСО, а также с ДФ ЛЖ.

Анализ диастолической функции с помощью технологии VVI показал, что большинство пациентов на протяжении 2 лет наблюдения имели нормальную диастолическую функцию волокон ЛЖ, что свидетельствует о сохраненных механизмах релаксации, жесткости и податливости волокон. Увеличение ДД 1-го типа (нарушение релаксации) радиальных волокон отмечалось спустя 6 мес после КШ со значимой положительной динамикой к 12 мес наблюдения и стабильным результатом через 24 месяца.

Корреляционный анализ показал среднюю связь только с показателем деформации продольных волокон спустя 6 ($R = -0,55$; $p = 0,005$) и 24 месяца ($R = -0,46$; $p = 0,005$). Средняя зависимость ДФ и деформационных показателей спустя 6 мес после реваскуляризации получена при анализе циркулярных волокон

(S: $R = -0,53$; $p = 0,004$ и SR: $R = -0,55$; $p = 0,002$). Корреляционных связей с радиальными волокнами не выявлено.

Отмечена средняя корреляция с диастолической функцией ЛЖ, определенной по трансмитральному потоку спустя 1 год ($R = 0,40$; $p = 0,02$) и 2 года ($R = 0,53$; $p = 0,04$) при исследовании циркулярных волокон.

Таким образом, использование стандартного эхоКГ-исследования и технологии VVI у пациентов с ИБС и/или перенесенным ИМ актуально при оценке исходных данных, в ранние сроки, а также спустя 2 года после КШ, так как именно в эти сроки отмечается максимальное количество корреляционных связей между эхоКГ-параметрами, деформационными, ротационными свойствами и диастолической функцией сегментов. У пациентов с жалобами целесообразно проводить изучение глобальных деформационных показателей с помощью технологии VVI в соответствии с бассейнами коронарных артерий при изучении всех волокон миокарда независимо от сроков наблюдения.

ВЫВОДЫ

1. Влияние ИБС и перенесенного инфаркта миокарда на функцию левого желудочка по данным стандартного эхокардиографического исследования представлено изменением показателей систолической, диастолической и сократительной функции. Положительная динамика систолической функции отмечена после реваскуляризации у всех пациентов, улучшение сократимости значимо представлено в группах ИМ без патологического зубца Q, с Q-образующим ИМ и у пациентов с ПИАС. Улучшение диастолической функции зафиксировано у пациентов с ИМ без патологического зубца Q и с ИБС без ИМ. У остальных обследованных отмечена динамика только со стороны диастолической дисфункции 1-го типа.

2. На основании данных технологии Velocity Vector Imaging влияние ИБС и перенесенного ИМ на глобальные деформационные показатели продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ представлено снижением S и SR продольных и циркулярных волокон и нормальными значениями обоих

деформационных показателей радиальных волокон. Только в группе ПИАС отмечались низкие S и SR всех волокон ЛЖ.

3. С помощью технологии Velocity Vector Imaging установлены сильные и средние корреляционные связи между глобальными деформационными показателями продольных и циркулярных волокон до и после КШ с индексами КДО, КСО, ФВ, ИНЛС. Средние и слабые корреляционные связи с индексами КДО, КСО, ФВ и ИНЛС продемонстрировали радиальные волокна до и после КШ. Слабые корреляционные связи отмечены во всех волокнах с показателями геометрии ЛЖ, диастолической функцией и толщиной стенок до и после КШ. Установлены связи между ЛДГ-1 и деформационными свойствами циркулярных и радиальных волокон после КШ, а также с уровнем тропонинов у пациентов с Q-образующим ИМ и с ИБС без ИМ. Слабые корреляционные связи отмечены между S и SR продольных, циркулярных волокон и длительностью пережатия аорты.

4. Изучение влияния операции коронарного шунтирования на глобальные деформационные показатели продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ с помощью технологии Velocity Vector Imaging в ранние сроки показало положительную динамику со стороны SR продольных волокон и отрицательную – со стороны S радиальных волокон. В группах пациентов с ИМ без патологического зубца Q и с ИБС без ИМ в ранние сроки отмечались улучшение SR продольных волокон, снижение S и SR циркулярных и нормальные значения радиальных волокон. Низкие показатели S и SR продольных и циркулярных волокон в ранние сроки после КШ не изменились в группе Q-образующего ИМ, наряду с этим отмечалось снижение S радиальных волокон. В группе с ПИАС положительная динамика выявлена в ранние сроки во всех волокнах ЛЖ с нормализацией SR радиальных волокон.

5. Изучение влияния операции коронарного шунтирования на глобальные деформационные показатели продольных, циркулярных и радиальных волокон миокарда ЛЖ при использовании технологии Velocity Vector Imaging в отдаленные сроки статистически значимой динамики не показало. Отмечено снижение глобального S продольных волокон спустя 6 мес и S циркулярных волокон спустя

1 год в бассейнах ПКА и ОА у пациентов, предъявляющих жалобы, по сравнению с пациентами с хорошим самочувствием.

6. В ходе использования технологии Velocity Vector Imaging при оценке локальных деформационных свойств сегментов установлено, что ИБС и/или перенесенный ИМ могут не отражаться на деформационных показателях (сегменты вне зоны поражения, с нормальными значениями S и SR), привести к их снижению (зона поражения, S и SR снижены), к усилению функции (компенсаторный процесс, или гиперкинез, S и SR увеличены), отразиться только на одном показателе с компенсаторным усилением другого либо вызвать парадоксальное движение волокон. Значимая положительная динамика деформационных показателей во всех сегментах происходит в ранние сроки. Дальнейшее улучшение S и SR в отдаленные сроки отмечается в сегментах в зоне ишемического поражения (с низкими значениями S и SR).

7. С помощью технологии Velocity Vector Imaging установлено наличие 1-го и 3-го типа диастолической дисфункции до и в разные сроки после КШ во всех волокнах миокарда. Положительная динамика ДФ 1-го типа продольных и циркулярных волокон отмечалась на протяжении 2 лет наблюдения, при этом радиальные волокна продемонстрировали ухудшение спустя 6 мес (60,0%) с улучшением спустя 1 (22,5%) и 2 (10,0%) года. Улучшение ДД 3-го типа в ранние сроки после КШ выявлено в циркулярных и радиальных волокнах со значительным снижением данного показателя спустя 2 года (5,0 и 2,0% соответственно), при этом продольные волокна в ранние сроки показали ухудшение с последующей нормализацией через 2 года.

8. Оценка ротационных свойств ЛЖ при использовании технологии Velocity Vector Imaging показала снижение показателей и изменение механики вращения в базальных, средних и апикальных отделах не только под влиянием ИБС и/или перенесенного ИМ, но и в ответ на реваскуляризацию в ранние и отдаленные сроки. На протяжении 2 лет наблюдения зарегистрировано выраженное уменьшение ротационной дисфункции в средних отделах с 45,5 до 2,5%, а в апикальных – с 31,9 до 10,0%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Стандартное эхоКГ-исследование и технология Velocity Vector Imaging являются важными дополняющими друг друга методами диагностики структурно-функциональных изменений миокарда ЛЖ и его волокон у пациентов с ИБС и/или перенесенным ИМ.

2. Использование технологии Velocity Vector Imaging со стандартным эхоКГ-исследованием для комплексного анализа миокарда ЛЖ и его функции у пациентов с ИБС и/или перенесенным ИМ целесообразно проводить до КШ, в ранние сроки и спустя 2 года после операции.

3. Для объективной оценки функции волокон миокарда ЛЖ и ее динамики в ранние и отдаленные сроки необходимо выполнять сегментарный анализ.

4. Использование технологии Velocity Vector Imaging наряду со стандартным эхоКГ-исследованием является важным в любые сроки наблюдения после КШ у пациентов, предъявляющих жалобы, вне зависимости от их выраженности.

5. При изучении показателей деформации в ранние сроки после КШ необходим анализ динамики S и SR с позиции компенсаторных возможностей миокарда, тогда как в отдаленные сроки следует обращать внимание на динамику в бассейнах коронарных артерий.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Опыт применения программы Velocity Vector Imaging для оценки систолической функции левого желудочка у здоровых добровольцев и пациентов с дилатационной кардиомиопатией / **Е.Б. Петрова**, М.Л. Будкина, М.В. Федорова, Е.Б. Шахов // **Современные технологии в медицине.** – 2012. – № 3. – С. 78-82.

2. **Петрова, Е.Б.** Возможности методики VVI в оценке показателей систолической функции левого желудочка и всех его сегментов / **Е.Б. Петрова** // **Современные технологии в медицине.** – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 56-63.

3. **Петрова, Е.Б.** Особенности нарушения функциональных показателей левого желудочка у пациентов с ИБС по данным визуальной оценки и технологии

Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова**, М.В. Федорова, Б.Е. Шахов // **Современные технологии в медицине. – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 36-44.**

4. **Петрова, Е.Б.** Оценка функциональных показателей ЛЖ у пациентов ИБС при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // **Материалы III съезда врачей лучевой диагностики Сибирского федерального округа / ред. С.И. Жестова. – Красноярск: КрасГМУ ; М.: МИК, 2014. – С. 93.**

5. **Петрова, Е.Б.** Функциональные показатели левого желудочка у пациентов ишемической болезнью сердца при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // **Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2014. – № 4. – Приложение «Тезисы IV съезда специалистов ультразвуковой диагностики Центрального федерального округа (Владимир, 29-31 окт. 2014 г.)».** – С. 101.

6. **Петрова, Е.Б.** Оценка функции левого желудочка у пациентов ишемической болезнью сердца при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова**, М.В. Федорова // **Сердечная недостаточность: сб. тезисов. – М.: ОССН, 2014. – С. 14.**

7. **Петрова, Е.Б.** Применение технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) у пациентов с ишемической болезнью сердца / **Е.Б. Петрова** // **Радиология–практика. – 2015. – № 2 (50). – С. 23-33.**

8. **Петрова, Е.Б.** Функция миокарда левого желудочка до и после шунтирования коронарных артерий при использовании технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) / **Е.Б. Петрова** // **Медицинская визуализация. – 2015. – № 3. – С. 35-42.**

9. **Петрова, Е.Б.** Функция левого желудочка у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца при использовании технологии визуализации вектора скорости движения миокарда / **Е.Б. Петрова** // **Радиология-Практика. – 2015. – №. 5(53). – С. 36-45.**

10. **Петрова, Е.Б.** Влияние хирургической и интервенционной реваскуляризации на миокард левого желудочка при использовании технологии

визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) / **Е.Б. Петрова** // **Медицинская визуализация**. – 2015. – № 6. – С. 33-41.

11. **Петрова, Е.Б.** Особенности функции левого желудочка у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца при использовании технологии Velocity Vector Imaging [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // Невский радиологический форум-2015: сб. научных работ. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2015. – С. 510-512. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

12. **Петрова, Е.Б.** Особенности систолических показателей левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца при использовании векторного анализа движения миокарда [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // Вестник муниципального здравоохранения Краснодарского края. Тезисы III съезда врачей лучевой диагностики Юга России (Краснодар, 23-24 апр. 2015 г.). – 2015. – С. 182. – Режим доступа: <http://vestnikkbb2-kuban.ru>

13. **Петрова, Е.Б.** Ротационная функция левого желудочка у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца при использовании технологии Velocity Vector Imaging [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // // Вестник муниципального здравоохранения Краснодарского края. Тезисы III съезда врачей лучевой диагностики Юга России (Краснодар, 23-24 апр. 2015 г.). – 2015. – С. 182. – Режим доступа: <http://vestnikkbb2-kuban.ru>

14. **Петрова Е.Б.** Функциональные показатели левого желудочка у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца при использовании технологии Velocity Vector Imaging [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // Российский электронный журнал лучевой диагностики – 2015. – Т. 5, № 2. – Приложение «Материалы VII научно-образовательного форума с международным участием «Медицинская диагностика 2015» и IX Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2015». – С. 75. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

15. **Петрова, Е.Б.** Динамика деформационных свойств волокон миокарда левого желудочка до и после шунтирования коронарных артерий при использовании технологии Velocity Vector Imaging [Электронный ресурс] / **Е.Б.**

Петрова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2015. – Ч. II, № 5. – Приложение «Тезисы VII съезда Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ)». – С. 134. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

16. **Петрова, Е.Б.** Использование технологии Velocity Vector Imaging при оценке динамики деформационных свойств миокарда левого желудочка до и после коронарного шунтирования [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // «Крымская рапсодия. Музыка радиологии России» (Симферополь, 24-25 сент. 2015 г.): материалы научно-практической конференции. – Симферополь, 2015. – С. 45. – Режим доступа: www.uniorad.ru. – Дата обращения: 20.10.2015.

17. **Петрова, Е.Б.** Velocity Vector Imaging – диагностический критерий выбора инвазивной стратегии миокарда у пациентов невысокого риска с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST / **Е.Б. Петрова, Е.Б. Шахов** // Актуальные вопросы лучевой диагностики: тезисы научно-практической конференции «Байкальские встречи» (Иркутск, 24-25 авг. 2015 г.). – Иркутск, 2015. – С. 56. – Режим доступа: www.uniorad.ru. – Дата обращения: 20.09.2015.

18. **Петрова, Е.Б.** Использование технологии визуализации вектора скорости движения миокарда (Velocity Vector Imaging) у пациентов ишемической болезнью сердца до и после хирургической реваскуляризации / **Е.Б. Петрова** // **Радиология-Практика. – 2016. – № 2(56). – С. 35-46.**

19. **Петрова, Е.Б.** Деформационные свойства миокарда левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца до и после реваскуляризации при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // **Медицинская визуализация. – 2016. – № 5. – С. 29-35.**

20. **Петрова, Е.Б.** Функция волокон левого желудочка и ее динамика после реваскуляризации в зависимости от давности перенесенного инфаркта при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова, М.В. Федорова, Е.Б. Шахов** // **Лучевая диагностика и терапия. – 2016. – № 4(7). – С. 46-51.**

21. **Федорова, М.В.** Влияние левосимендана на больных с низкой фракцией выброса левого желудочка в период острой декомпенсации сердечной

недостаточности / М.В. Федорова, **Е.Б. Петрова**, К.В. Федорова // **Медицинский альманах.** – 2016. – № 4. – С.74-79.

22. **Петрова, Е.Б.** Динамика деформационных свойств волокон миокарда левого желудочка до и после хирургической реваскуляризации при использовании технологии Velocity Vector Imaging [Электронный ресурс] / **Е.Б. Петрова** // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2016. – Т. 6, № 2. – Приложение «Материалы VIII Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием «Медицинская диагностика 2016» и X Юбилейного Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2016». – С. 76. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

23. **Петрова, Е.Б.** Функция миокарда левого желудочка до и после хирургической реваскуляризации при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // Материалы IV Съезда врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа (Омск, 20-21 сент. 2016 г.) / гл. ред. Ю.Т. Игнатъев. – Омск: Б.и., 2016. – С. 118-121.

24. **Петрова, Е.Б.** Использование технологии Velocity Vector Imaging у больных ишемической болезнью сердца с наличием и отсутствием сократительной дисфункции левого желудочка до и после хирургической реваскуляризации / **Е.Б. Петрова** // Ультразвуковая и функциональная диагностика. Тезисы IV Уральского съезда специалистов ультразвуковой диагностики (Челябинск, 10-12 нояб. 2016 г.). – 2016. – № 5. – С. 93.

25. **Петрова, Е.Б.** Оценка влияния хирургической и интервенционной реваскуляризации на миокард левого желудочка при использовании технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // Ультразвуковая и функциональная диагностика. Тезисы V Съезда специалистов ультразвуковой диагностики Юга России (Геленджик, 20-22 окт. 2016 г.). – 2016. – № 4. – С. 112.

26. **Петрова, Е.Б.** Динамика деформационных свойств левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца при использовании технологии визуализации вектора скорости движения миокарда до и после коронарного

шунтирования / **Е.Б. Петрова** // **Радиология-Практика**. – 2017. – № 2 (62). – С. 23-34.

27. **Петрова, Е.Б.** Особенности функции сегментов миокарда левого желудочка у постинфарктных пациентов до и после коронарного шунтирования по данным технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // **Альманах клинической медицины**. – 2017. – №. 45(3). – С. 208-217.

28. **Петрова, Е.Б.** Влияние реваскуляризации на функцию миокарда у пациентов с постинфарктной аневризмой левого желудочка по данным технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // **Диагностическая и интервенционная радиология**. – 2017. – №. 11(2). – С. 38-45.

29. **Петрова, Е.Б.** Функция волокон левого желудочка в зависимости от давности перенесенного инфаркта по данным технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // VII Евразийский Радиологический Форум: материалы форума (Астана, 11-12 окт. 2017 г.) / гл. ред. Р.И. Рахимджанова. – Астана: Б.и, 2017. – С. 143-145.

30. **Петрова, Е.Б.** Vector Imaging в оценке влияния хирургической и интервенционной реваскуляризации на функцию волокон миокарда левого желудочка // **Е.Б. Петрова** // **Диагностическая и интервенционная радиология**. – 2017. – Т. 11, № 2. – Приложение «Материалы XVII ежегодной межрегиональной с международным участием) научно-практической конференции «Актуальные вопросы диагностической и интервенционной радиологии (рентгенохирургии)», приуроченной ко дню создания отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ «Республиканская клиническая больница» МЗ РСО-Алания (Владикавказ, 20 июня-1 июля 2017 г). – С. 115-117.

31. **Петрова, Е.Б.** Особенности функции левого желудочка у постинфарктных пациентов до и после коронарного шунтирования по данным технологии Velocity Vector Imaging / **Е.Б. Петрова** // Актуальные вопросы лучевой диагностики: материалы V Межрегиональной научно-образовательной конференции «Байкальские встречи» (Улан-Удэ, 15-17 мая 2017 г.). – Улан-Удэ, 2017. – С. 86-87. – Режим доступа: www.uniorad.ru. – Дата обращения: 21.07.2017.

32. **Петрова Е.Б.** Использование технологии Velocity Vector Imaging у пациентов с аневризмой левого желудочка / **Е.Б. Петрова** // Лучевая диагностика и терапия. «Невский радиологический форум – 2017»: тезисы. – 2017. – № 3 (8). – С. 105-106.
33. **Петрова, Е.Б.** Динамика деформационных свойств сегментов левого желудочка у пациентов ишемической болезнью сердца без перенесенного инфаркта при использовании технологии Velocity Vector Imaging до и после коронарного шунтирования / **Е.Б. Петрова** // «Радиология – 2017»: материалы XI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов (Москва, 23-25 мая 2017 г.). – М.: МЕДИ Экспо, 2017. – С. 73-74.
34. **Васильев, А.Ю.** Технология Velocity Vector Imaging и стандартное эхокардиографическое исследование в оценке миокарда левого желудочка при инфаркте без патологического зубца Q / А.Ю. Васильев, **Е.Б. Петрова** // **Лучевая диагностика и терапия. – 2018. – №. 2. – С. 34-39.**
35. **Петрова, Е.Б.** Ишемическая болезнь сердца: эхокардиографическая диагностика – от стандартов к современным технологиям: учебное пособие / **Е.Б. Петрова, Т.Ю. Тюрина.** – Н. Новгород: НижГМА, 2017. – 130 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериальное давление

ДД – диастолическая дисфункция

ДФ – диастолическая функция

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИМ – инфаркт миокарда

ИНЛС – индекс нарушения локальной сократимости

КДО – конечно – диастолический объем

КСО – конечно – систолический объем

КШ – коронарное шунтирование

ЛДГ - лактатдегидрогеназа

ЛЖ – левый желудочек

ОА – огибающая артерия

ПИАС – постинфарктная аневризма сердца

ПКА – правая коронарная артерия

ПНА – передняя нисходящая артерия

ФВ – фракция выброса

ЧКВ – чрезкожное коронарное вмешательство

эхоКГ - эхокардиография

S – деформация

SR – скорость деформации

VVI – Velocity Vector Imaging