

МЕХДИЕВА КАМИЛИЯ РАМАЗАНОВНА

**ПОВРЕЖДЕНИЕ МЕХАНИКИ СЕРДЦА МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ С
ЛОЖНЫМИ СУХОЖИЛИЯМИ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ ПРИ
АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

14.03.03 – Патологическая физиология

Екатеринбург – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Министерства образования и науки Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор **БЛЯХМАН Феликс Абрамович**

Официальные оппоненты:

БЫКОВ Евгений Витальевич доктор медицинских наук, профессор, проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет физической культуры» Минспорта России, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации

НЕЧАЕВА Галина Ивановна доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней и семейной медицины ПДО ГБОУ ВПО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России

Ведущая организация:

«Тюменский кардиологический центр» – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт кардиологии» (филиал НИИ кардиологии «Тюменский кардиологический центр»), Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)

Защита состоится «__» _____ 2015 г. в __ ч. на заседании Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 208.102.03, созданного на базе Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 620028, Екатеринбург, ул. Репина, д.3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке имени В.Н. Климова ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России по адресу: 620028, Екатеринбург, ул. Ключевская, д.17, с авторефератами на сайте ВАК Министерства образования и науки РФ: www.vak2.ed.gov.ru и на сайте университета: www.usma.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор медицинских наук, профессор

БАЗАРНЫЙ
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

Принято считать, что молодые спортсмены составляют наиболее здоровую часть общества. Вместе с тем, у данного контингента лиц имеет место высокий риск угрожающих жизни состояний, в частности, внезапной смерти по причине нарушения работы сердца и сосудов (Гаврилова Е.А., 2007; Макаров Л.М., 2009; Maron B. et al., 2003). В игровых видах спорта, например, в футболе и баскетболе отмечается самая высокая встречаемость внезапной сердечной смерти атлетов (Corrado D. et al., 1990; Mathias C. et al., 2001).

В 2011 году в России были утверждены «Национальные рекомендации по допуску спортсменов к тренировочному и соревновательному процессу», где внесены ограничения для лиц с патологией сердца и индивидуумов, у которых отмечены пограничные с нормой малые аномалии развития сердечно-сосудистой системы. В число таких аномалий входят ложные сухожилия (хорды) левого желудочка (ЛЖ). Ложные сухожилия (ЛС) являются фенотипическим маркером генетически детерминированного синдрома дисплазии соединительной ткани (ДСТ), представляют собой дополнительные соединительно-тканые волокна с преимущественным содержанием клеток коллагена и соединяющие различные сердечные структуры, не имеющие отношение к клапанному аппарату сердца. Необходимо отметить, что ДСТ сопровождает все аномалии и пороки развития.

Встречаемость детей и лиц молодого возраста с ДСТ и ЛС в ЛЖ неуклонно возрастает из года в год, особенно, в регионах с высокой антропогенной нагрузкой (Бахтина Г.Г. с соавт., 2007; Земцовский Э.В. с соавт., 2012). Чаще всего ЛС в ЛЖ встречаются у лиц с внешними проявлениями ДСТ, включающих высокий рост, астеническое телосложение, высокую подвижность суставов, что обеспечивает им определенные преимущества при занятиях физической культурой и в спорте высоких достижений. Некоторые авторы отмечают 100 % укомплектованность молодежных команд игроками с ДСТ и ЛС в ЛЖ (Тимохина В.Э. с соавт., 2014).

В целом, современная медицинская наука и практическое здравоохранение не рассматривают лиц с ЛС в ЛЖ как вариант отклонения от нормы со стороны сердечно-сосудистой системы (Кузнецов В.А. с соавт., 2012), поскольку глобальная функция сердца подобных субъектов не отличается от таковой у здоровых людей. Известно, однако, что региональная механическая функция миокарда у субъектов с синдромом ДСТ и ЛС в ЛЖ не соответствует нормальным значениям (Бляхман Ф.А., 2011). Кроме того, установлено, что наличие ЛС в ЛЖ у молодых спортсменов ассоциируется со снижением их выносливости, тенденцией к нерациональной адаптации сердца к физическим нагрузкам (Михайлова А.В. с соавт., 2004; Гарганеева Н.П. с соавт., 2009;

Леонова Н.М. с соавт., 2013; Тимошенко С.А. с соавт., 2013). Следовательно, ЛС в ЛЖ могут являться патогенетическим фактором внезапной смерти молодых атлетов при возникновении противоречия между степенью интенсивности выполняемых физических нагрузок и индивидуальными границами функционального резерва сердца.

Функциональный резерв сердца (ФРС) есть его способность поддерживать насосную функцию адекватно возрастающим нагрузкам, вне зависимости от того является ли нагрузка физической, или же связана с патологическими изменениями в миокарде (Blyakhman F., 2007). Изучение физиологических и патофизиологических механизмов формирования и расходования ФРС является важным направлением медико-биологической науки. Вместе с тем, несмотря на значительную распространенность аномалий развития сердца в популяции людей, роль, значимость и вклад ЛС сердца в ФРС систематически не исследованы вообще. С научной, социальной и экономической точек зрения, работы в данном направлении приобретают необычайно высокую актуальность, прежде всего, если речь идет о лицах, систематически выполняющих большую физическую нагрузку.

Настоящая работа посвящена поиску возможного патофизиологического механизма, лежащего в основе негативного влияния ЛС в ЛЖ на функциональный резерв сердца у молодых спортсменов. Отличительная особенность данного исследования от ранее выполненных работ состоит в использовании детальной оценки топологии ЛС в ЛЖ и региональной структуры и функции миокарда. Для этого были применены стандартные диагностические приемы, а также оригинальные методы обработки и анализа наблюдаемых явлений. В данном контексте работа открывает большие перспективы для многих приложений использованной методологии в теоретической и клинической медицине.

Цель исследования: оценить повреждающее действие ложных сухожилий в левом желудочке сердца на региональную механическую функцию миокарда и выявить особенности механизмов адаптации сердца у молодых спортсменов к большим физическим нагрузкам.

Задачи исследования

1. Разработать методические подходы для точной визуализации и описания топологии ложных сухожилий в левом желудочке сердца по данным ультразвуковой локации сердца.
2. Количественно охарактеризовать глобальную и региональную функцию левого желудочка сердца, а также толерантность молодых спортсменов с ложными сухожилиями к физическим нагрузкам.

3. Исследовать связь между количеством ложных сухожилий в ЛЖ и параметрами региональной функции миокарда, а также характеристиками функционального резерва сердца у молодых спортсменов.

4. Оценить степень негативного влияния ложных сухожилий в ЛЖ на региональную функцию миокарда и ФРС у молодых спортсменов в зависимости от топологии ЛС.

5. Исследовать связь между параметрами региональной функции миокарда и характеристиками функционального резерва сердца у молодых спортсменов с ложными сухожилиями в левом желудочке.

6. Оценить степень различия в повреждающем действии ложных сухожилий на функцию сердца между молодыми спортсменами и лицами молодого возраста, не занимающимися спортом.

7. Разработать рекомендации по допуску лиц молодого возраста с ложными сухожилиями в левом желудочке к занятиям спортом.

Научная новизна

1. На основе данных стандартного протокола ультразвуковой визуализации сердца разработаны алгоритмы для трехмерной реконструкции ЛЖ с пространственным разрешением, достаточным для описания топологии ЛС с учетом анатомических особенностей камеры сердца.

2. Установлено, что у спортсменов молодого возраста с ЛС параметры глобальной функции ЛЖ соответствуют нормальным значениям, отмечается высокая толерантность к физической нагрузке, однако региональная функция миокарда имеет высокую степень механической асинхронности. Она проявляется задержками в движении межжелудочковой перегородки по отношению к свободной стенке ЛЖ как в систолическую, так и в диастолическую части сердечного цикла.

3. Зафиксирована достоверная связь между количеством ЛС в ЛЖ и параметрами, характеризующими механическую асинхронность и ФРС. Причем, чем больше ЛС в ЛЖ, тем выше степень асинхронности и ниже ФРС.

4. Установлено, что из числа ЛС в ЛЖ только сухожилия, ориентированные перпендикулярно или под небольшим углом к длинной оси ЛЖ, и имеющие точки крепления к межжелудочковой перегородке и заднебоковой стенке ЛЖ, оказывают значимое влияние на степень механической асинхронности миокарда и параметры функционального резерва сердца.

5. Показано, что у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ, чем меньше функциональный резерв сердца, тем выше степень механической асинхронности.

6. Установлено, что у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ степень механической асинхронности достоверно больше, чем у лиц молодого возраста с ЛС в ЛЖ, но не выполняющих регулярные и интенсивные физические нагрузки.

7. Предложен патофизиологический механизм, объясняющий снижение функционального резерва сердца у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ за счет повреждающего действия сухожилий на региональную механику миокарда.

Практическая значимость работы

1. Предложена классификация ЛС в ЛЖ на основе трехмерной реконструкции ЛЖ по данным эхолокации сердца и с учетом анатомических маркеров сердечной стенки.

2. Установлены принципы дифференциации ЛС в ЛЖ с точки зрения их влияния на механическую асинхронность и ФРС у молодых спортсменов.

3. Установлен диапазон значений параметров механической асинхронности миокарда, при котором возникает повреждающее влияние ЛС в ЛЖ на ФРС.

4. Разработаны рекомендации по допуску лиц молодого возраста к занятиям спортом на основе оценки топологии ЛС в ЛЖ, степени асинхронности миокарда и реакции атлетов на стресс-тест.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Ложные сухожилия в ЛЖ у лиц молодого возраста повреждают региональную функцию сердца, что проявляется в увеличении степени механической асинхронности миокарда. Степень повреждающего действия зависит от количества ЛС в ЛЖ и их топологии.

2. Наличие ложных сухожилий в ЛЖ у молодых спортсменов ассоциируется с нерациональной адаптацией к физическим нагрузкам, что проявляется снижением их выносливости и аэробной производительности.

3. Снижение ФРС у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ прямо зависит от степени повреждающего действия сухожилий на региональную механику миокарда.

4. Степень повреждения региональной функции миокарда у лиц молодого возраста с ложными сухожилиями в левом желудочке сердца прямо зависит от интенсивности и систематичности выполняемых физических нагрузок.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты исследования внедрены в тренировочный процесс студенческих сборных по баскетболу и мини-футболу УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, а также в практическую работу лаборатории

«Спортивные и оздоровительные технологии» Института физической культуры, спорта и молодежной политики УрФУ.

Публикации

По теме диссертации опубликована 21 печатная работа, из которых 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ; 5 работ в зарубежных журналах и изданиях, приравненных к публикациям ВАК РФ, и индексированных в основных международных базах данных; 13 печатных работ в материалах отечественных и международных конференций.

Апробация работы

Результаты работы были представлены в различной форме на 6 российских и 7 международных конференциях. Официальная апробация работы была проведена на расширенном заседании Кафедры теории физической культуры Института физической культуры, спорта и молодежной политики ФГАОУ ВПО УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Объем и структура работы

Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, трех глав, отражающих результаты исследования, обсуждения результатов, списка цитируемой литературы (152 источника) и приложений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группы исследования

Члены студенческих сборных команд по баскетболу и мини-футболу УрФУ, из которых 36 девушек и 30 юношей в возрасте от 16 до 29 лет ($19,8 \pm 3,9$ лет) с ЛС в ЛЖ составили основную группу исследования. Все атлеты имели стаж занятий спортом от 5 лет и более, уровень спортивного мастерства соответствовал первому взрослому разряду или разряду кандидата в мастера спорта. По данным врачебного контроля медицинской части УрФУ, все спортсмены были здоровы и находились в активном тренировочном состоянии. Тестирование студентов было проведено в основной период годового цикла подготовки атлетов. Каждый спортсмен дал письменное согласие на участие в исследовании. В среднем, атлеты имели рост – $175,0 \pm 13,2$ ($152,0-211,5$) см, вес – $68,5 \pm 13,3$ ($48,0-116,7$) кг, ИМТ – $22,3 \pm 1,9$ ($18,4-27,3$).

В группу сравнения вошли 22 пациента (14 девушек и 8 юношей) медицинского учреждения «ООО Преображенская клиника» (г. Екатеринбург) в возрасте от 16 до 30 лет ($23,1 \pm 4,7$ года), которые по данным диагностического обследования были признаны здоровыми, имели ЛС в ЛЖ и не занимались

профессионально спортом. Все пациенты предварительно были проинформированы, что результаты их обследования могут стать предметом научного исследования. В среднем пациенты имели рост – $172,64 \pm 4,81$ (163,0-179,0) см, вес – $65,6 \pm 6,9$ (53,0-82,0) кг, ИМТ – $22,0 \pm 1,8$ (19,5-26,8).

Методы исследования

Всем спортсменам был проведен стресс-тест на базе лаборатории «Спортивные и оздоровительные технологии» Института Физической Культуры, Спорта и Молодежной Политики УрФУ с использованием системы нагрузочного тестирования «Schiller» (Швейцария), в состав которой входил тредмил, электрокардиограф АТ-104 и монитор артериального давления. Согласно рекомендациям Американской ассоциации кардиологов для проведения проб с дозированной физической нагрузкой (ACC/AHA 2002 Guideline update for exercise testing, 2006) был использован протокол максимального теста («до отказа»).

Эхокардиографическое (ЭхоКГ) обследование спортсменов выполнено на базе отделения «Функциональной и ультразвуковой диагностики» ГБУЗ СО «Свердловская областная больница № 2» с использованием ультразвуковых аппаратов «Acuson Sequoia 512S» (Siemens, Германия) и «HD15» (Phillips, США). Исследования проводились в В- и М-режимах, фазированным датчиком с частотой 3,5 МГц и линейным датчиком с частотой 7 МГц. ЭхоКГ лиц группы сравнения была выполнена на аппарате «S-60» (Siemens, Германия). Все обследования были осуществлены в строгом соответствии с рекомендациями американского общества по ЭхоКГ 2013 (ACC/AHA/ASE 2003 Guideline Update for the Clinical Application of Echocardiography, 2015). Данные видеоизображений сердца были записаны на жесткие носители информации для последующей обработки и анализа результатов.

Методы обработки и анализа исходных данных

Оценка топологии ложных сухожилий на основе 3D-реконструкции ЛЖ

При описании топологии ЛС основная задача состояла в определении пространственных координат точек крепления ЛС к сердечной стенке. Для этого потребовалось выполнить трехмерную реконструкцию камеры сердца. Кратко, в качестве исходных данных были использованы изображения трех сечений ЛЖ по короткой оси из субкостального и парастерального доступов, и одного сечения по длинной оси в 4х-камерной позиции сердца из апикального доступа (рис. 1а). Обработка видеосигналов осуществлялась на цифровом измерительном комплексе «Dicos» (Соколов С.Ю. с соавт., «Роспатент» № 2002610607) с использованием оригинальных алгоритмов для полуавтоматической трассировки контуров ЛЖ (Sokolov S., Blyakhman F., 2010).

Рис. 1б иллюстрирует принцип сборки контуров сечений ЛЖ, обнаруженных в конце диастолы, в трехмерную модель. С целью повышения точности трехмерной реконструкции, дополнительные контуры ЛЖ по длинной оси были интерполированы методом «Thin Plate Splines» (Yin-Chiao Tsai et al., 2000) с интервалом 15 градусов (рис. 1в). Гладкость поверхности стенки ЛЖ (рис. 1в) была достигнута путем аппроксимации сферическими функциями четвертого порядка (Kolchanova S.G. et al., 2004).

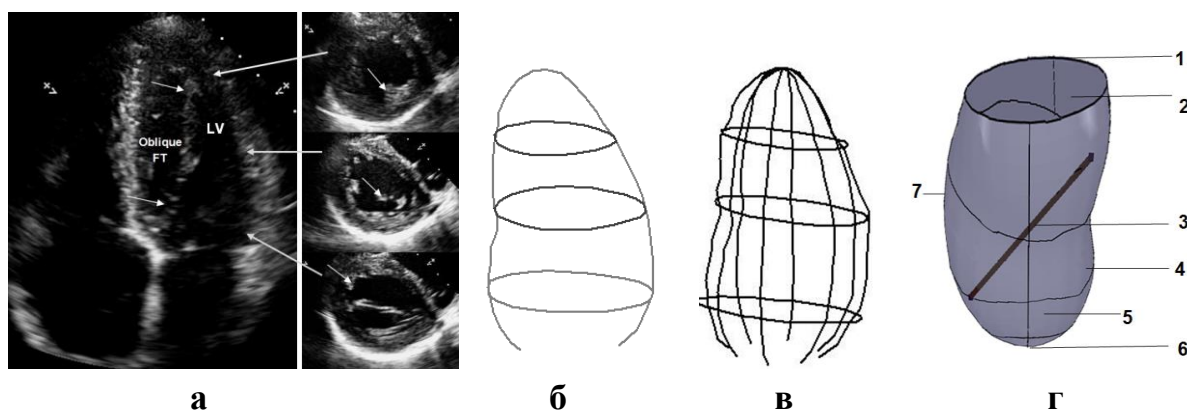


Рис. 1. Описание топологии ЛС на основе 3D-реконструкции ЛЖ

1а – трехмерная реконструкция камеры ЛЖ на основании сечений по длинной оси (слева) и коротким осям (сверху вниз: верхушка ЛЖ, уровень сосочковых мышц (срединный), базальный уровень – фиброзное кольцо митрального клапана), стрелками (видеоизображения в сечении по коротким осям) показаны точки крепления ЛС; 1б – пример сборки контуров ЛЖ; 1в – реконструкция с помощью интерполированных контуров по методу «Thin Plate Splines»; 1г – результат идентификации ЛС в трехмерной модели ЛЖ: 1 – фиброзное кольцо митрального клапана, 2 – задняя стенка ЛЖ, 3 – косо базально-апикулярное ЛС, 4 – МЖП, 5 – передняя стенка ЛЖ, 6 – верхушка ЛЖ, 7 – латеральная стенка ЛЖ.

Привязка точек крепления ЛС к 3D-модели ЛЖ осуществлялась за счет поворота и смещения ультразвукового датчика вдоль длинной оси ЛЖ, и сопоставления анатомических маркеров на стенке ЛЖ с системой координат 3D-модели. На рис. 1г показан в качестве примера результат идентификации ЛС (см. рис. 1а) с точками крепления в базально-септальном и апикально-латеральном участках стенки ЛЖ.

Оценка толерантности к физической нагрузке и функциональный резерв сердца была выполнена по данным стресс-теста. Для этого определялась максимальная мощность выполняемой нагрузки в единицах метаболического показателя (METs), косвенно отражающего потребление кислорода при заданной нагрузке (ACC/ANA Guideline Update for Exercise Testing, 2002; Сыркин А.Л. с соавт., 2013). В качестве интегральных параметров, характеризующих ФРС (Белоцерковский З.Б., 2005), были определены: хронотропный резерв (ХР, уд/мин; $\text{ХР} = \text{ЧСС макс} - \text{ЧСС покоя}$); инотропный резерв (ИР, мм рт.ст.; $\text{ИР} = \text{САД макс} - \text{САД мин}$), индекс Робинсона, иначе,

«двойное произведение» (ДП, уд/м-мм рт.ст., $\text{ДП} = \text{ЧСС} \times \text{САД} / 100$) в покое и при максимальной нагрузке; а также прирост ДП ($\text{ДП прирост} = \text{ДП нагрузки} - \text{ДП покоя}$).

Оценка глобальной структуры и сократительной функции ЛЖ проведена по данным стандартной эхокардиографии. Были использованы следующие основные показатели: КДР (мм), КСР (мм), ММ (г), ИММ ($\text{г}/\text{м}^2$), ЗСЛЖ (мм), МЖП (мм), КДО (мл), КСО (мл), раскрытие створок аорты (мм), скорость потока в аорте (м/с), экскурсия передней створки митрального клапана (ПСМК) (мм), скорость прикрытия ПСМК (мм/с), УО (мл), ФИ (%), ФУ (%), E/A.

Оценка региональной структуры и механической функции ЛЖ выполнена на основе динамических видеоизображений ЛЖ (частота съемки 46 кадр/сек) по короткой и длинной осям. Фигуры, очерченные контурами внутренней и наружной поверхностей стенки ЛЖ в различных сечениях, были получены для двух кардиоциклов с шагом в 21,7 мс. Для анализа были использованы сечения по короткой оси на уровне верхушки, сосочковых мышц и фиброзного кольца митрального клапана (см. рис. 1а). Стенка ЛЖ в каждом сечении была разбита на 4 региона: передний, перегородочный, задний, латеральный. Для каждого региона было вычислено среднее значение (с шагом в 10 градусов) относительного утолщения стенки в систолу (ОУС, %) и конечно-диастолическая толщина региона (КДТР, мм).

Оценка региональной механической функции ЛЖ в сечении по длинной оси выполнялась по данным динамической трассировки только эндокардиальных контуров камеры. Площадь под контуром ЛЖ была разделена радиусами на 12 секторов, для каждого из которых основанием являлся сегмент (регион) эндокарда, а вершиной – «центр масс». Для каждого сектора в соответствующем кадре сердечного цикла определяли площадь, а ее относительное изменение использовали в качестве параметра, косвенно характеризующего региональное укорочение стенки ЛЖ.

На рис. 2 представлен типичный пример динамики относительного укорочения трех из 12 регионов ЛЖ.

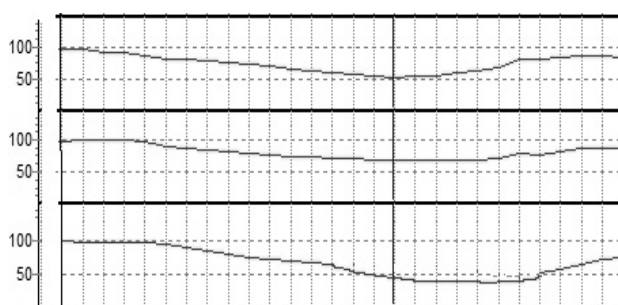


Рис. 2. Диаграммы относительного укорочения регионов за полный сердечный цикл

По оси абсцисс – время, шкала по горизонтали соответствует кадрам съемки видеосигнала, цена деления 21,7 мс; по оси ординат относительное изменение длины региона. За 100 % принята площадь

региона в конце диастолы ЛЖ; сплошная вертикальная линия отражает момент времени, соответствующий концу систолы ЛЖ в целом.

Начало координат на графиках соответствует возбуждению ЛЖ (зубец R на ЭКГ), вертикальная линия отражает момент времени, когда был зафиксирован конечно-систолический объем ЛЖ. Можно видеть, что для каждого региона начало и конец систолического движения не совпадают по времени.

Для количественного описания вклада регионов в процесс изгнания ЛЖ крови, для каждого из 12 были определены средние и максимальные скорости укорочения (V и V_{max}), а также сегментарные фракции укорочения (СФУ) для двух моментов времени. В первом случае СФУ вычислялись по разности площадей соответствующего сектора в конце диастолы и в конце систолы ЛЖ, отнесенной к площади сектора в конце диастолы ЛЖ, и умноженное на 100 %. Во втором случае, для расчета СФУ были использованы максимальные и минимальные значения площадей непосредственно сектора.

Степень неодинаковости вклада регионов в сократительную функцию ЛЖ характеризовалась коэффициентом вариации (C_v), рассчитанным для каждого из используемых параметров как отношение среднеквадратичного отклонения параметра по 12 регионам к среднему значению, умноженное на 100 %. С этой же целью были вычислены значения среднеквадратического отклонения по длительности систолического укорочения для 12 регионов (dT).

Статистический анализ данных выполнен на персональном компьютере с использованием пакетов программ «Excel» и «SPSS Statistics 17.0». Был проведен анализ нормальности распределения и однородности дисперсий признаков в выборках. Сопоставление результатов проведено на основе параметрического метода (t-критерий Стьюдента для независимых выборок) и непараметрического метода статистики (U-критерий Манна-Уитни). При $P < 0.05$ различия считали достоверными. Для поиска возможной связи между параметрами был проведен корреляционный анализ с вычислением коэффициентов корреляции по Пирсону и Спирмену, а также коэффициентов уравнений линейной и нелинейной регрессии. Для выявления зависимости региональной функции ЛЖ и ФРС от топологии ЛС был выполнен одномерный однофакторный дисперсионный анализ сравнения средних значений выборок и многомерный многофакторный дисперсионный анализ с использованием метода «обобщенной линейной модели» (GLM).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности топологии ложных сухожилий в ЛЖ у лиц молодого возраста

На основе данных ЭкоКГ с последующей трехмерной реконструкцией ЛЖ установлено, у 100% исследуемых ($n = 88$) визуализируются ЛС в полости ЛЖ. В целом, количество ЛС на один ЛЖ составляло от 2 до 7, в среднем –

4±1 единиц. Принимая во внимание низкую точность визуализации ЛС в области верхушки ЛЖ, а также подтвержденный рядом авторов (Земцовский Э.В. с соавт., 2012; Кузнецов В.А. с соавт., 2011; Loukas M., 2007) несущественный вклад этих элементов в формирование гемодинамических и структурных изменений в сердце, апикальные ЛС были исключены из исследования. В итоге, выборка оказалась представленной поперечными ЛС, расположенными перпендикулярно к длинной оси ЛЖ в базальном и срединном отделах, а также косыми ЛС с точками крепления в границах одного или нескольких отделов ЛЖ. В среднем, количество ЛС без учета апикальных составило у спортсменов 2±1 (1-5) единиц/ЛЖ, а у лиц из группы сравнения – 2±1 (1-3) единиц/ЛЖ.

Табл. 1 иллюстрирует классификацию ЛС в ЛЖ, предложенную на основе оценки топологии по 3D-реконструкции ЛЖ (см. рис. 1г). Кроме того, здесь же приведено процентное соотношение конкретных ЛС в выборке для двух групп.

Таблица 1

Классификация и степень распространенности ЛС в ЛЖ

Тип ЛС	Группа спортсменов (n = 66)		Группа сравнения (n = 22)	
	% встречаемости из общего количества ЛС	% встречаемости лиц с данным типом ЛС	% встречаемости из общего количества ЛС	% встречаемости лиц с данным типом ЛС
Срединные поперечные	22,8	39,0	23,2	40,9
Срединные косые	18,0	30,7	33,3	59,0
Базальные поперечные	12,9	27,0	2,6	4,5
Базальные косые	9,3	20,0	5,1	9,1
Срединно-апикальные косые	16,6	37,9	17,9	31,8
Базально-апикальные косые	10,8	24,2	0	0
Базально-срединные косые	9,6	19,7	17,9	31,8

Видно, что в группах наибольшее количество ЛС расположено в срединном регионе, при этом у спортсменов самый высокий процент встречаемости отмечается у срединных поперечных ЛС (22,8 %), а у «не спортсменов» более распространены срединные косые (33,3 %). Кроме того, в группе спортсменов в 42,6 % случаев ЛС имеют субаортальное крепление к МЖП, а в группе сравнения количество таких ЛС не превышает 26 %.

Таким образом, в среднем, встречаемость ЛС на один ЛЖ в группах принципиально не отличалась, хотя и отмечено некоторое видовое различие ЛС.

Данный факт не следует рассматривать в контексте занятий спортом, он лишь убедительно иллюстрирует, что возникновение ЛС в ЛЖ есть отражение общебиологического явления, связанного с синдромом ДСТ. Вместе с тем, распространенность этого феномена среди спортсменов необычайно высока, 100% в нашем случае, и это обстоятельство подтверждает актуальность предпринятого исследования.

Особенности глобальной и региональной структуры и функции ЛЖ у лиц молодого возраста с ложными сухожилиями в ЛЖ

По данным стандартного протокола ЭхоКГ установлено, что все параметры глобальной структуры и функции ЛЖ в группах не выходят за границы условной возрастной нормы. Подавляющее число показателей у атлетов соответствовало нормативам спортивного сердца (Белоцерковский З.Б., 2012; Barbier J., 2006; Fioranelli M. et al., 2012). Однако, по сравнению с нетренированными субъектами, у спортсменов были зафиксированы различия для ряда показателей. В табл. 2 приведены значения только тех показателей, достоверность отличий которых была подтверждена статистически. Обращает на себя внимание увеличение у спортсменов толщины стенок ЛЖ, массы миокарда, индекса массы миокарда, конечно-систолического размера ЛЖ и Е/А по отношению к группе сравнения.

Таблица 2

Средние значения показателей глобальной структуры и функции ЛЖ в группах

Параметр	Спортсмены (n=66)	Группа сравнения (n=22)	Норма
Диаметр аорты, мм	27,9±3,27 (21-35)**	29,53±2,83 (24-34)	< 37
Раскрытие створок аорты, мм	20,2±2,13 (15-25)***	17,06±0,24 (17-18)	< 17
ФИ, %	66,0±4,65 (57-76)**	70,05±5,45 (58-81)	> 50
КСР, мм	30,8±4,0 (23-43)*	28,6±3,5 (23-38)	< 37
МЖП, мм	9,3±1,3 (7,3-13,4)**	8,3±1,35 (6-11,2)	< 12
ЗСЛЖ, мм	9,0±1,05 (7,2-12,3)**	8,2±1,3 (5-10)	< 12
ММ, г	156,0±44,65 (103-302)***	114,5±22,6 (88-153)	< 200 (м); < 150 (ж)
ИММ, г/м ²	84,8±16,3 (60-147)***	65,6±8,0 (55-81)	< 102 (м) < 88 (ж)
Е/А	1,9±0,37 (1,2-2,75)**	1,6±0,23 (1,25-2,2)	0,73-2,33

Значения нормы приведены в соответствии с данными «EAE/ASE Recommendations» (2015). Достоверность различий между группами при $P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$, $P < 0.001^{***}$

Дополнительные сведения были получены за счет использования анализа региональной структуры и функции на основе стандартного ЭхоКГ. Достоинства такого подхода заключаются в том, что в отличие от рутинного обследования сердца, данный метод позволяет в деталях охарактеризовать не только морфологические, но и функциональные (механические) свойства различных участков сердечной стенки. Другими словами, данный метод дает представление о том, за счет каких особенностей структуры и функции миокарда ЛЖ выполняет глобальную (насосную) функцию.

В табл. 3 приведены значения конечно-диастолической толщины в регионах стенки ЛЖ. Видно, во-первых, что средние значения толщины в регионах соответствующего сечения отличаются от данных стандартного ЭхоКГ (см. табл. 2) и, во-вторых, толщина миокарда в любом из сечений у спортсменов достоверно больше, чем у лиц из группы сравнения. Кроме того, у всех лиц с ЛС в ЛЖ имели место локальные утолщения сердечной стенки в местах крепления аномалий.

Таблица 3

Средние значения ($M \pm \sigma$) и достоверность различия между КДТР в группах

КДТР (мм) сечениях ЛЖ	Группа спортсменов (n=66)	Группа сравнения (n=22)	<i>P</i>
МК	9,59±1,61 (7,00-13,00)	6,82±1,60 (4,00-9,39)	0.00000003
СМ	10,03±1,52 (7,00-14,00)	7,55±1,14 (5,80-9,56)	0.0000000002
Верхушка ЛЖ	11,79±2,03 (8,00-17,00)	7,55±1,95 (4,89-12,24)	0.0000000000007

С момента возбуждения ЛЖ регионы МЖП начинали систолическое движение с задержкой по отношению к регионам свободной стенки (см. рис. 2). Причем, в группе сравнения эта задержка составляла 22 ± 28 мс, а у атлетов – 50 ± 77 мс ($P < 0.01$). Кроме того, с момента окончания систолы для всего ЛЖ регионы МЖП демонстрировали систолическое укорочение еще 71 ± 62 мс в группе сравнения и 101 ± 62 мс в группе спортсменов ($P < 0.05$). Примечательно, что в это время регионы свободной стенки уже удлинялись вследствие растяжения стенки приливающейся кровью в фазу диастолического наполнения ЛЖ. Установленный факт убедительно свидетельствует, что у лиц с ЛС в ЛЖ имеет место высокая степень механической асинхронности, то есть четкое рассогласование в механическом поведении регионов в пространстве и во времени.

В табл. 4 представлены значения интегральных показателей, количественно характеризующих степень выраженности механической асинхронности. Видно, что асинхронность у спортсменов достоверно больше, чем у лиц из группы сравнения. В целом, все показатели превышали

нормативные значения асинхронности для условно здоровых лиц (Бляхман Ф.А., 1996). Следовательно, возникновение ЛС в ЛЖ приводит к повреждению региональной механики сердечной стенки, причем, степень повреждения достоверно больше при занятиях профессиональным спортом.

Таблица 4

Средние значения ($M \pm \sigma$) и достоверность различия между показателями механической асинхронности в группах

Показатели	Группа атлетов (n = 66)	Группа сравнения (n = 22)	P
Cv СФУ на КСК ЛЖ, %	26,05 ± 10,09	18,55 ± 6,85	0.0001***
Cv СФУ на КСК региона, %	22,39 ± 7,74	15,64 ± 5,45	0.0001***
Cv V, %	23,36 ± 7,69	20,06 ± 5,57	0.034*
Cv Vmax, %	34,39 ± 10,51	23,05 ± 7,97	0.000006***
dT , мс	38,87 ± 12,20	37,55 ± 11,85	0.330

Достоверность различий между группами при $P < 0.05^*$ и $P < 0.001^{***}$

Зависимость степени механической асинхронности от количества ЛС

В табл. 5 приведены результаты корреляционного анализа между значением параметров асинхронности и количеством ЛС в ЛЖ у спортсменов. Видно, чем больше ЛС в ЛЖ, тем в большей мере нарушается региональная механика сердца. Качественно похожий результат был получен для выборки из лиц группы сравнения. В частности, коэффициент корреляции между dT и количеством ЛС в ЛЖ оказался равен 0,73 ($P < 0.01$).

Таблица 5

Значения коэффициентов корреляции между количеством ЛС и показателями механической асинхронности у спортсменов (n=66)

Показатель	Cv СФУ на КСК региона	Cv V	dT
Количество ЛС в ЛЖ	,53**	,48**	,51**

Достоверность при $P < 0.01^{**}$

Результаты корреляционного анализа были подтверждены данными сравнительного анализа. Для этого группа спортсменов (n=66) была разделена на две подгруппы по критерию среднего значения числа ЛС в ЛЖ. Подгруппа I оказалась представлена лицами, у которых в полости ЛЖ было визуализировано одно или два ЛС (n=39), и подгруппа II с количеством ЛС 3 и более единиц (n=27). Атлеты в подгруппах не отличались по возрасту и основным антропометрическим показателям. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 6. Видно, что у атлетов с количеством ЛС в ЛЖ больше двух все показатели механической асинхронности достоверно больше, чем у спортсменов из подгруппы I.

Таблица 6

Средние значения ($M \pm \sigma$) и достоверность различий между показателями механической асинхронности в подгруппах спортсменов

Показатели	Подгруппа I (n=39)	Подгруппа II (n=27)	<i>P</i>
C_v СФУ на КСК ЛЖ, %	23,87 ± 8,31	29,19 ± 11,68*	0.017
C_v СФУ на КСК региона, %	20,69 ± 6,71	24,85 ± 8,57*	0.015
$C_v V$, %	21,90 ± 6,94	25,48 ± 8,35*	0.031
$C_v V_{max}$, %	32,38 ± 9,39	37,30 ± 11,52*	0.031
dT , мс	35,27 ± 9,72	44,07 ± 13,67**	0.003

Достоверность различий между группами при $P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$

Вклад анатомического расположения ложных сухожилий в повреждение механики левого желудочка сердца

Чтобы оценить вклад локализации ЛС в ЛЖ в степень повреждения региональной механики ЛЖ у молодых спортсменов был выполнен факторный анализ. Использовали одномерный многофакторный дисперсионный анализ при помощи метода «обобщенной линейной модели» (GLM). В качестве зависимой переменной был выбран один из интегральных параметров механической асинхронности $C_v V$ (%). Факторами являлись различные варианты анатомического расположения ЛС в 3D-модели ЛЖ. Сравнивались друг с другом средние значения каждой выборки, и вычислялся общий уровень значимости различий.

Установлено, что наибольший вклад в повреждение механики вносят ЛС, соединяющие МЖП и латеральную стенку ЛЖ ($P=0.005$), МЖП и заднюю стенку ЛЖ ($P=0.015$), комбинация этих факторов ($P=0.007$), а также базальные косые ЛС, соединяющие МЖП и заднебоковую стенку ЛЖ ($P=0.031$). Полученные данные хорошо согласуются с результатами одномерного однофакторного дисперсионного анализа, выполненного на основе процедуры сравнения средних значений выборок. Оказалось, что ЛС, соединяющие МЖП и заднебоковую стенку ЛЖ, достоверно влияют на параметры асинхронности ЛЖ $C_v V$ ($P=0.022$), $C_v V_{max}$ ($P=0.05$), dT ($P=0.022$). При этом ЛС с точками крепления на передней стенке значимо не влияли ни на один из перечисленных параметров.

Таким образом, наибольшее влияние на нарушение механики стенки ЛЖ оказывают ЛС, соединяющие МЖП и заднебоковые отделы свободной стенки ЛЖ, расположенные в базальных и срединных регионах камеры.

Особенности адаптации спортсменов с ЛС в ЛЖ к физическим нагрузкам

По результатам нагрузочного тестирования атлетов установлено, что в среднем, показатель, характеризующий аэробную производительность, составил 14 ± 3 (8,8-18) METs. Это свидетельствует о высокой толерантности атлетов к

физической нагрузке (ACC/AHA 2002 Guideline update for exercise testing). Средние значения интегральных параметров, характеризующих ФРС, имели следующие величины: ИР – $25,0 \pm 12,4$ (6-80) мм рт.ст.; ХР – $124,5 \pm 24,9$ (52-176) уд/мин; ДП нагрузки – $279,4 \pm 39,2$ (153-353) уд/м-мм рт.ст.; прирост ДП – $188,4 \pm 43,1$ (64-259) уд/мин-мм рт.ст. Значение ЧСС на 5 минуте восстановления после максимальной нагрузки составило $112,2 \pm 13,0$ (81-135) уд/мин.

Согласно полученным результатам, все атлеты имели высокий уровень физической работоспособности, средние значения показателей ФРС соответствовали известным данным об адаптации сердца спортсменов к физическим нагрузкам (Белоцерковский З.Б., 2005, 2012). Вместе с тем, обращает на себя внимание тот факт, что все показатели ФРС варьировали в широком диапазоне. Следовательно, индивидуальная способность адаптироваться к нагрузкам у атлетов существенно отличалась друг от друга.

В табл. 7 приведены результаты сравнительного анализа параметров, характеризующих ФРС в подгруппах спортсменов в зависимости от количества ЛС в ЛЖ. Достоверное увеличение ряда показателей ФРС (подгруппа II) указывает на снижение экономизации расходования ФРС по мере увеличения количества ЛС в ЛЖ. Качественно такой же вывод вытекает из данных корреляционного анализа. В частности, были обнаружены значимые корреляции между количеством ЛС в ЛЖ и показателями ДП нагрузки ($r=0,38$; $P < 0,01$, $n=66$), прироста ДП ($r=0,39$; $P < 0,01$) и METs ($r=-0,51$; $P < 0,01$).

Таблица 7

Средние значения ($M \pm \sigma$) и достоверность различия между показателями ФРС в подгруппах спортсменов

Показатели	Подгруппа I (n=39)	Подгруппа II (n=27)	<i>P</i>
METs	$14,25 \pm 3,02$	$13,62 \pm 3,07$	0.218
ХР, уд/мин	$119,63 \pm 29,19$	$131,67 \pm 15,02^*$	0.021
ДП нагрузки, уд/м-мм рт.ст.	$281,89 \pm 43,41$	$306,00 \pm 32,29^{**}$	0.009
Прирост ДП, уд/м-мм рт.ст.	$189,10 \pm 50,60$	$217,53 \pm 29,51^{**}$	0.004

Достоверность различий между группами при $P < 0,05^*$, $P < 0,01^{**}$

В табл. 8 приведены результаты многофакторного анализа, выполненного с целью оценки вклада локализации ЛС в ЛЖ в степень вовлечения ФРС у молодых спортсменов. В качестве зависимых переменных были выбраны показатель аэробной производительности METs и интегральный показатель ФРС – прирост ДП. Факторами являлись различные варианты анатомического расположения ЛС в 3D-модели ЛЖ. Из материалов таблицы следует, что на параметр аэробной производительности достоверно влияют базальные и срединные ЛС ($P < 0,05$), а также ЛС, соединяющие МЖП и заднебоковую стенку ЛЖ ($P < 0,05$). На параметр прироста ДП влияют поперечные базальные

ЛС, соединяющие МЖП и заднюю стенку ЛЖ ($P < 0.05$), поперечные срединные ЛС ($P < 0.05$), а также косые базальные и срединные ЛС ($P < 0.05$).

Таблица 8

Результаты одномерного многофакторного дисперсионного анализа методом обобщенной линейной модели (GLM)

Зависимая переменная	Фактор	P
Прирост ДП, уд/мин-мм рт.ст.	II+III+V	0.022
	V+VI	0.043
	III+IV+VI	0.030
METs	III+VI	0.020
	I+II	0.050

I – ЛС, соединяющие МЖП и латеральную стенку; II – ЛС, соединяющие МЖП и заднюю стенку; III – базальные ЛС; IV – косые ЛС; V – поперечные ЛС, VI – срединные ЛС. Достоверность при $P < 0.05$ *

Таким образом, приведенные в данном разделе факты указывают на существование закономерности: чем больше количество ЛС в ЛЖ у спортсменов молодого возраста, тем в большей степени вовлекается ФРС при адаптации к физическим нагрузкам. Причем, эта степень зависит от локализации ЛС в ЛЖ.

Связь между параметрами региональной функции миокарда и характеристиками ФРС у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ

В табл. 9 приведены результаты корреляционного анализа между параметрами механической асинхронности и ФРС. В частности, достоверная обратная связь между величиной METs и параметрами механической асинхронности C_v СФУ указывает на то, что снижение ФРС ассоциируется с увеличением степени механической асинхронности в ЛЖ. Результаты однофакторного дисперсионного анализа сравнения средних значений показали, что уровень ФРС, оцененный по параметру METs, достоверно оказывает значимое влияние на характеристики асинхронности: $C_v V_{\max}$ ($P < 0.01$), C_v СФУ на конечно-диастолический кадр региона ($P < 0.05$) и ЛЖ в целом ($P < 0.05$).

Таблица 9

Значения коэффициентов корреляции между параметрами асинхронности и показателями ФРС

	C_v СФУ на КСК ЛЖ	C_v СФУ на КСК региона	$C_v V$	$C_v V_{\max}$	dT
METs	-,463**	-,484**	-,489**	-,465**	-,337*
ДП нагрузки	,024	,316*	,320*	,089	,510**
Прирост ДП	,093	,346**	,606**	,128	,266*
ХР	,130	,220	,305*	,036	,162

Достоверность при $P < 0.05$ * и $P < 0.01$ **

Таким образом, снижение ФРС у молодых спортсменов с ЛС в ЛЖ приводит к повреждению механики ЛЖ. Другими словами, чем хуже адаптируется сердце к физическим нагрузкам, тем выше степень механической асинхронности.

Суммируя представленные результаты можно заключить, что ЛС в ЛЖ приводят к нарушению региональной механики миокарда, которое проявляется в увеличении механической асинхронности в регионах сердечной стенки. Причем, степень асинхронности тем выше, чем больше число ЛС в левом сердце и, чем больше интенсивность выполняемых нагрузок лицами с аномалиями в сердце. Способность сердца атлетов адаптироваться к физическим нагрузкам снижается по мере увеличения количества ЛС в ЛЖ и, соответственно, возрастания степени механической асинхронности.

Известно, что ключевые источники ФРС, то есть способности, прежде всего, ЛЖ адаптироваться к нагрузкам, заключены в особенностях строения (структуры) камеры ЛЖ и сократимости миокарда (Blyakhman F., 2007). Для нормального (здорового) ЛЖ, где априори нативная структура и высокая степень сократимости миокарда, имеет место самый большой уровень ФРС. Возникновение в сердце противоречия между выполняемой миокардом нагрузкой и количеством энергетического субстрата, необходимого на ее обеспечение, запускается цепь адаптационных реакций для минимизации потерь. На уровне структуры целого ЛЖ компенсация происходит за счет ремоделирования миокарда, что проявляется, прежде всего, гипертрофией сердечной стенки. Это приводит к нормализации относительной нагрузки на единицу поперечного сечения миокарда за счет синтеза дополнительной массы контрактильных белков в саркомерах кардиомиоцитов.

Данные анализа глобальной и региональной структуры ЛЖ с ЛС подтверждают вовлечение процесса ремоделирования миокарда для адаптации к интенсивным физическим нагрузкам (см. табл. 2, 3). В частности, по данным стандартной эхокардиографии, толщина МЖП и задней стенки ЛЖ в некоторых случаях достигала 12,3 и 13,4 мм, соответственно. При анализе региональной структуры ЛЖ было обнаружено, что толщина стенки достигала 13 мм в базальных отделах, 14 мм на уровне сосочковых мышц и 17 мм в регионах верхушки ЛЖ.

Принято считать, что гипертрофия спортивного сердца является обратимой, поскольку ее возникновение есть лишь адаптивная реакция ЛЖ к высоким физическим нагрузкам (Белоцерковский З.Б., 2012). Предполагается, что у атлетов гипертрофия не связана с патологическими изменениями в сократимости миокарда. Известна, однако, точка зрения, согласно которой формирование гипертрофии на молекулярном уровне все же затрагивает механизмы, лежащие в основе регулирования сократимости. Поэтому после

исчезновения фактора спортивных нагрузок, толщина сердечной стенки полностью не восстанавливается, и проявляются признаки патологических изменений в миокарде (Гаврилова Е.А., 2007; Maron V.J. et al., 2002, 2006). Косвенно, на нарушение сократимости миокарда говорят факты данного исследования, согласно которым у некоторых атлетов (6 % исследуемых) отмечалось существенное превышение нормативных значений показателя трансмитрального потока E/A (см. табл.2). Следовательно, мы не можем исключать повреждающее действие ЛС в ЛЖ спортсменов, связанное с нарушением сократимости миокарда при адаптации к физическим нагрузкам. Патогенез повреждения механики сердца с ЛС в ЛЖ у спортсменов молодого возраста можно представить в виде гипотетической схемы (рис.3).

Таким образом, ЛС в ЛЖ увеличивают степень асинхронности, что приводит к снижению эффективности работы сердца и, следовательно, к вовлечению ФРС для адаптации насосной функции ЛЖ в сложившихся условиях. Кроме того, у атлетов с ЛС в ЛЖ дополнительно задействуется ФРС для адаптации к интенсивным физическим нагрузкам. Следовательно, степень вовлечения ФРС у спортсменов с ЛС в ЛЖ больше, чем у лиц, профессионально не занимающихся спортом. Поэтому интенсивные физические нагрузки потенциально увеличивают риск внезапной смерти у лиц с ЛС в ЛЖ.



Рис. 3. Гипотетическая схема патогенеза повреждения механики сердца с ложными сухожилиями в ЛЖ у спортсменов молодого возраста

ВЫВОДЫ

1. Разработанные алгоритмы для трехмерной реконструкции ЛЖ по данным стандартной трансторакальной эхокардиографии позволили детально описать топологию ЛС с учетом анатомических особенностей камеры сердца, на основании чего была создана морфологическая классификация ЛС в ЛЖ.

2. Документально подтверждена известная точка зрения, согласно которой лица молодого возраста с ЛС в ЛЖ имеют сохранную (нормальную) глобальную функцию сердца в покое. Спортсмены с ЛС в ЛЖ демонстрируют высокую толерантность к физическим нагрузкам, которая соответствует расчетным значениям максимальных нагрузок для атлетов (14-18 METs).

3. У лиц молодого возраста с ЛС в ЛЖ имеет место утолщение миокарда в регионах стенки ЛЖ, причем, у атлетов толщина стенки во всех сечениях ЛЖ достоверно больше, чем у лиц, не занимающихся спортом. Кроме того, у ряда атлетов с ЛС толщина стенки превышает нормативные значения для «спортивного сердца», достигая величины в 17 мм у верхушки ЛЖ.

4. Региональная функция миокарда у лиц молодого возраста с ЛС в ЛЖ имеет четко выраженную механическую асинхронность, которая проявляется различной динамикой в движении межжелудочковой перегородки и свободной стенки ЛЖ, причем, степень повреждения механики ЛЖ у атлетов достоверно больше, чем у лиц, не занимающихся спортом.

5. Степень механической асинхронности миокарда у спортсменов с ЛС в ЛЖ тем выше, чем больше количество аномальных сухожилий в ЛЖ, причем, наибольший вклад в повреждение механики сердца оказывают ЛС, соединяющие межжелудочковую перегородку и заднебоковую стенку ЛЖ, ориентированные перпендикулярно или под небольшим углом к длинной оси ЛЖ.

6. Чем больше количество ЛС в ЛЖ у спортсменов и, соответственно, выше степень механической асинхронности ЛЖ, тем ниже эффективность адаптации сердца к физическим нагрузкам, что проявляется увеличением ДП нагрузки до 366 уд/м-мм рт.ст. и приростом ДП до 276 уд/м-мм рт.ст.

7. Интенсивные занятия спортом лиц с ЛС в ЛЖ увеличивают степень повреждения механики сердца за счет его адаптации к структурным аномалиям и интенсивным физическим нагрузкам, что в целом снижает ФРС.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выявлении фенотипических признаков дисплазии соединительной ткани у молодых спортсменов рекомендуется расширить стандартный протокол эхокардиографических исследований с целью выявления детальной топологии ЛС на основе предложенной технологии трехмерной реконструкции ЛЖ.

2. При выявлении ЛС в ЛЖ поперечного или косоого направления, соединяющих МЖП и заднебоковые отделы свободной стенки ЛЖ в количестве более двух единиц/ЛЖ, рекомендуется проводить анализ региональной структуры и функции миокарда ЛЖ.

3. Лицам с вышеозначенными ЛС в ЛЖ рекомендуется ограничить мощность выполняемых физических нагрузок до 10 METs (70 % от максимально допустимой мощности нагрузки) при превышении критических значений следующих параметров региональной структуры и функции миокарда: толщины стенки – 12 мм; dT – 35 мс; $Cv V$ – 22 % и Cv СФУ – 20 %.

4. С целью снижения риска внезапной смерти атлетов с ЛС в ЛЖ рекомендуется при занятиях спортом регулярно мониторировать ДП, чтобы исключить физические нагрузки, при которых прирост ДП превышает 300 уд/м-мм рт.ст.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Журналы из списка ВАК и приравненные к ним зарубежные издания

1. Мехдиева К.Р. Анализ физической работоспособности студентов с дисплазией соединительной ткани, членов мужской и женской команд Уральского Федерального Университета по баскетболу / К.Р. Мехдиева, В.Э. Тимохина, Ф.А. Бляхман // Вестник ЮУрГУ «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Т.14, № 1. – С. 54-62.

2. Особенности структуры и функции сердца молодых баскетболистов мужской сборной Уральского Федерального Университета / К.Р. Мехдиева, В.Э. Тимохина, Ю.А. Зиновьева, Ф.А. Бляхман // Спортивная медицина: наука и практика. – 2014. – № 4. – С. 48-55.

3. Мехдиева К.Р. Особенности функционирования сердца у молодых спортсменов с ложными сухожилиями в левом желудочке / К.Р. Мехдиева, Ф.А. Бляхман // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2014. – № 6. – С. 37-45.

4. Cardiac regional function of sportsmen with false tendons in the left ventricle / К. Mekhdieva, V. Timokhina, S.Yu. Sokolov, F.A. Blyakhman // Journal of Mechanics in Medicine and Biology, World Scientific. – 2015. – Vol.15, No. 2. – P. 1-6.

5. Mapping of false tendons in the left ventricle based on the heart transthoracic ultrasound visualization / Yu.A. Zinovieva, K.R. Mekhdieva, S.Yu. Sokolov, F.A. Blyakhman // Journal of Medical Imaging and Health Informatics, American Scientific Publishers. – Vol.5, No.6. – 2015. – P. 1217-1222.

6. Mekhdieva K. The heart functional reserve of young basketball players and their sports achievements / К. Mekhdieva, V. Timokhina, F. Blyakhman // European Journal of Sports Medicine, EFSMA. – 2013. – Vol. 1, Suppl. 1. – P.156.

7. 100 % Of Ural Federal University student basketball players have false tendons in the heart / K. Mekhdieva, V. Timokhina, Yu. Zinovieva, F. Blyakhman // Journal of Sports Sciences, Taylor & Francis. – 2014. – Vol.32, supp.2. – P. 31-32.

8. Sokolov S.Yu. 3D Reconstruction of the Left Ventricle by Use a Limited Number of Ultrasonic Sections for Assessment of the Heart Functions / S.Yu. Sokolov, K.R. Mekhdieva, F.A. Blyakhman // IFMBE Proceedings, Springer, – 2015. – Vol. 48 (in press).

Материалы конференций (наиболее значимые из 13 опубликованных)

9. The impact of false tendons on the regional mechanics of left ventricle in young sportsmen with the syndrome of connective tissue dysplasia / K. Mekhdieva, V. Timokhina, S. Sokolov, F. Blyakhman // Proceedings of ICMMB2014, Ed. R. Zannoli, Romano, I. Corazza, R. Stagni, UNIBO. – Bologna, 2014. – P. 338-343.

10. Development of the left ventricle 3D model to determine the topology of false tendons / S. Sokolov, K. Mekhdieva, Yu. Zinovieva, F. Blyakhman // Proceedings of ICMMB2014, Ed. R. Zannoli, Romano, I. Corazza, R. Stagni, UNIBO. – Bologna, 2014. – P. 343-346.

11. Влияние локализации ложных сухожилий в левом желудочке на региональную функцию миокарда / К.Р. Мехдиева, Ю.А. Зиновьева, В.Э. Тимохина, Ф.А. Бляхман // Тезисы докладов V Международного конгресса «Кардиология на перекрестке наук» совместно с IX Международным симпозиумом по эхокардиографии и сосудистому ультразвуку, XXI ежегодной научно-практической конференцией «Актуальные вопросы кардиологии». – Тюмень, 2014. – С.138-139.

12. Влияние ложных сухожилий левого желудочка на функциональный резерв сердца у молодых спортсменов / В.Э. Тимохина, К.Р. Мехдиева, В.И. Самойлов, Ф.А. Бляхман // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Нижневартовск, 2015 г. – Нижневартовск, 2015. – С. 280-282.

13. Вклад ложных сухожилий левого желудочка в региональную механику миокарда у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом / К.Р. Мехдиева, А.М. Найдич, В.Э. Тимохина, Ф.А. Бляхман // Тезисы докладов VI Международного конгресса «Кардиология на перекрестке наук» совместно с X Международным симпозиумом по эхокардиографии и сосудистому ультразвуку, XXII ежегодной научно-практической конференцией «Актуальные вопросы кардиологии». – Тюмень, 2015. – С. 106-107.

Часть результатов, представленных в настоящей работе, была получена в ходе исследований, поддержанных Грантом РФФИ (№12-08-00789а)

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АД – артериальное давление;
- ДАД – диастолическое артериальное давление;
- ДП – двойное произведение;
- ДСТ – дисплазия соединительной ткани;
- ИММ – индекс массы миокарда;
- КДТР – конечно-диастолическая толщина региона;
- КДО – конечно-диастолический объем;
- КДР – конечно-диастолический размер;
- КСК – конечно-систолический кадр;
- КСО – конечно-систолический объем;
- КСР – конечно-систолический размер;
- МЖП – межжелудочковая перегородка;
- САД – систолическое артериальное давление;
- СМ – сосочковые мышцы левого желудочка;
- СФУ – сегментарная фракция укорочения;
- УО – ударный объем;
- ФИ – фракция изгнания левого желудочка сердца;
- ФРС – функциональный резерв сердца;
- ХР – хронотропный резерв;
- ЧСС – частота сердечных сокращений;
- C_v – коэффициент вариации;
- dT – среднеквадратичное отклонение по длительности систолического укорочения для 12 регионов ЛЖ;
- V , V_{max} – средняя и максимальная скорости укорочения региона ЛЖ.

Мехдиева Камилия Рамазановна

ПОВРЕЖДЕНИЕ МЕХАНИКИ СЕРДЦА МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ
С ЛОЖНЫМИ СУХОЖИЛИЯМИ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ
ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

14.03.03 – Патологическая физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Автореферат напечатан по решению диссертационного совета
Д 208.102.03 ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России от 28.09.2015 г.

Подписано в печать 28.09.2015. Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.
Заказ №. 115. Отпечатано в типографии ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России,
г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3