

КОНДРАШОВА Ксения Владимировна

**КОМПЛЕКСНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ПРАВЫХ КАМЕР СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С
ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ**

АВТОРЕФЕРАТ

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

3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки)

Москва – 2025

Диссертационная работа выполнена на кафедре ультразвуковой диагностики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Рыбакова Марина Константиновна, доктор медицинских наук.

Оппоненты:

Барышникова Ирина Юрьевна, доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, руководитель группы ультразвуковых инновационных решений в педиатрии.

Седов Всеволод Парисович, доктор медицинских наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится «12» ноября 2025 года в «12» часов на заседании диссертационного совета 21.3.054.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1 с.1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 125445, г. Москва, ул. Беломорская, д. 19/38 и на сайте: www.rmapo.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2025 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Самсонова Любовь Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На протяжении многих лет роль правого желудочка (ПЖ) в патофизиологии сердечно-сосудистых заболеваний не получала должной оценки, и лишь в последнее время его дисфункция была признана независимым фактором, определяющим риск заболеваемости и смертности кардиологических пациентов [Lejeune S. et.al., 2020]. Правожелудочковая недостаточность (ПЖН) – это комплексный патологический синдром, характеризующийся множественными нарушениями в работе и строении ПЖ, что приводит к серьезным клиническим последствиям вне зависимости от первопричины заболевания [Чучалин, 2019]. Недостаточность ПЖ считается основной причиной смерти при острой тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Ключевыми факторами развития гемодинамического коллапса и смерти при острой ТЭЛА являются дилатация ПЖ, недостаточность трикуспидального клапана (ТК), увеличение напряжения стенки ПЖ, увеличение потребности миокарда в кислороде, ишемия и гипоксическое состояние миокарда ПЖ. Эти факторы приводят к снижению сократимости и ударного объема ПЖ, снижению преднагрузки на левый желудочек, снижению системного артериального давления, коронарной перфузии и доставки кислорода к миокарду ПЖ. При этом отсутствие нестабильной гемодинамики не исключает начала и прогрессирования дисфункции ПЖ и повышения риска неблагоприятного исхода [Konstantinides S.V. et.al., 2020]. Установлено, что при хронической сердечной недостаточности (ХСН) в 15-20% отмечается дисфункция ПЖ, что является важным прогностическим фактором выживания этих пациентов [Трисветова Е.Л. и соавт., 2017]. Длительная перегрузка ПЖ давлением или объемом первоначально способствует компенсаторной гипертрофии миокарда, а при сохранении чрезмерной нагрузки ПЖ переходит в стадию декомпенсации, сопровождающуюся некрозом кардиомиоцитов и формированием фиброзных изменений [Чучалин А.Г., 2019]. По мере истощения компенсаторных резервов ПЖ происходит нарушение целостности кардиопульмонального комплекса, что приводит к разобщению ПЖ и системы лёгочной артерии [Исламова М.Р. и соавт., 2018]. Важная роль в оценке функции ПЖ принадлежит трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ), которая в отличие от компьютерной и магнитно-резонансной томографии и катетеризации правых камер, является неинвазивной, недорогой и выполнимой у постели больного методикой. Учитывая специфическую форму ПЖ, особенности его расположения и некоторые трудности в визуализации, рекомендовано несколько измерений, чтобы оценить его функцию при ЭхоКГ [Lang R.M. et. al., 2015, Mukherjee M. et. al., 2025, Рыбакова М.К. и соавт., 2008]. Вследствие особенностей строения миокарда ПЖ в сокращении его преобладает продольное направление [Apostolakis S. et. al., 2012]. В связи с этим высокую ценность приобретает исследование продольной деформации миокарда ПЖ, которое имеет большое прогностическое значение у пациентов с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями [Tadic M. et. al., 2018]. Несмотря на наличие нескольких рекомендованных параметров оценки работы ПЖ при ЭхоКГ, ни один

из них изолированно не является маркером его дисфункции, а диагностическая ценность каждого показателя ограничена, поэтому для формирования целостной картины состояния ПЖ требуется их комплексное применение [Исламова М.Р. и соавт., 2018]. В то же время, ранняя диагностика нарушений функции ПЖ в сочетании с грамотной коррекцией обнаруженных отклонений обеспечивает благоприятный прогноз и улучшает качество жизни пациентов.

Степень разработанности темы исследования

В действующих рекомендациях по эхокардиографии выделено несколько параметров оценки функции ПЖ [86,104]. В рамках проведения двухмерной ЭхоКГ рекомендованы такие показатели, как фракционное изменение площади (ФИП) ПЖ, амплитуда движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion – TAPSE), скорость движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана в режиме тканевой импульсноволновой доплерографии (скорость пика s), индекс миокардиальной производительности (right-sided index of myocardial performance – RIMP), измеренный в режиме импульсноволновой доплерографии или в режиме тканевой импульсноволновой доплерографии, а также предложены нормативные значения этих показателей. Но оценка работы ПЖ с помощью стандартной ЭхоКГ является сложной задачей. Например, основные ограничения TAPSE заключаются в том, что этот показатель зависит от угла наклона и измеряет смещение лишь одного сегмента свободной стенки ПЖ. Кроме того, TAPSE не учитывает радиальное и переднезаднее сокращение и, следовательно, не отражает глобальную систолическую функцию ПЖ. ФИП ПЖ отражает как продольное, так и радиальное укорочение ПЖ, но пренебрегает сокращением выводного тракта, а RIMP ненадежен у пациентов с повышенным давлением в правом предсердии и не корректен при нарушениях ритма [89]. Для оценки фракции выброса ПЖ, в отличие от ЛЖ, рекомендована только трехмерная эхокардиография, которая имеется не в каждой эхокардиографической лаборатории. Отмечено, что оценка продольной деформации позволяет повысить точность функционального анализа ПЖ и выявить его дисфункцию на стадии, предшествующей снижению фракции выброса [90, 91, 94, 104, 105, 107, 109, 113]. Однако несмотря на растущее количество работ, до сих пор не существует «идеального» параметра для количественной оценки функции ПЖ [78, 84, 89]. Для повышения эффективности своевременной диагностики нарушений работы ПЖ необходимо применять комплексный подход к исследованию его функции и взаимодействия с малым кругом кровообращения [3, 4, 12, 22, 137, 147]. Таким образом, гипотеза исследования состоит в том, что комплексный подход в ультразвуковой оценке функционального состояния правых камер сердца, включающий традиционные и современные методики визуализации (в том числе двухмерную спекл трекинг эхокардиографию), позволит выявить специфические паттерны дисфункции правого желудочка и нарушения правожелудочково-артериального сопряжения у пациентов с ПЖН, что обеспечит более точную диагностику, прогнозирование течения заболевания и оптимизацию лечебной тактики.

Цель исследования

Повышение эффективности своевременной диагностики нарушения функции правого желудочка у пациентов с правожелудочковой недостаточностью.

Задачи исследования

1. Изучить показатели систолической функции правого желудочка у пациентов с правожелудочковой недостаточностью.
2. Провести анализ диастолической функции правого желудочка у пациентов с правожелудочковой недостаточностью.
3. Определить показатели глобальной деформации и деформации свободной стенки правого желудочка и оценить их внутриисследовательскую и межисследовательскую воспроизводимость.
4. Оценить диагностическую значимость параметров продольной деформации и скорости деформации миокарда правого желудочка у пациентов с правожелудочковой недостаточностью.
5. Проанализировать показатели правожелудочково-артериального сопряжения у здоровых лиц и пациентов с правожелудочковой недостаточностью.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются пациенты с правожелудочковой недостаточностью. Предмет исследования – ультразвуковая оценка функционального состояния правых камер сердца.

Научная новизна

Показано значение комплексного подхода в исследовании функции ПЖ у пациентов с правожелудочковой недостаточностью различной этиологии, включая показатели продольной деформации и правожелудочково-артериального сопряжения.

Определена воспроизводимость метода измерения продольной деформации миокарда ПЖ.

Доказана взаимосвязь параметров продольной деформации миокарда ПЖ с величиной систолического давления в легочной артерии.

Определены пороговые значения продольной деформации для диагностики дисфункции ПЖ при правожелудочковой недостаточности различной этиологии.

Установлены пороговые значения показателей правожелудочково-артериального сопряжения при острой и хронической правожелудочковой недостаточности для выявления разобщения кардиопульмональной системы.

Разработан диагностический алгоритм эхокардиографического исследования у пациентов с правожелудочковой недостаточностью различной этиологии,

включающий оценку систолической, диастолической функции, продольной деформации ПЖ, оценку состояния правожелудочково-артериального сопряжения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработана научная идея, позволяющая улучшить представления об ультразвуковых параметрах для оценки функции ПЖ. Решена научная задача по выявлению комплекса изменений функции ПЖ и признаков нарушения правожелудочково-артериального взаимодействия при правожелудочковой недостаточности.

Комплексное эхокардиографическое исследование ПЖ позволяет детально изучить его систолическую и диастолическую функцию, а также дать оценку состоянию правожелудочково-артериального сопряжения, что имеет большое значение для своевременного выявления изменений функционального состояния ПЖ у больных с острой и хронической правожелудочковой недостаточностью различной этиологии.

Разработанный алгоритм эхокардиографического исследования обеспечивает оптимальный баланс между информативностью исследования и рациональным использованием диагностических ресурсов и позволяет получить максимально полную информацию о состоянии ПЖ, исключая при этом избыточные и неинформативные параметры и оптимизируя время исследования.

Методология и методы исследования

Исследование было организовано в соответствии с современными принципами научного познания и поставленными задачами, предусматривая комплексный подход с использованием общенаучных и специальных методов исследования. В процессе работы применялись анамнестические, клинические, лабораторные и инструментальные методы. Анализ полученных данных осуществлялся согласно общепринятым статическим методам с применением программы MedCalc (версия 22.005-64bit) (MedCalc Software Ltd., Бельгия). Это обеспечило достоверность сформулированных положений и выводов.

Научные положения, выносимые на защиту

1. У пациентов с правожелудочковой недостаточностью отмечаются нарушения систолической и диастолической функции ПЖ разной степени выраженности, связанные с длительностью заболевания и состоянием малого круга кровообращения.
2. Показатели продольной деформации демонстрируют высокую диагностическую значимость в выявлении нарушения функции ПЖ у пациентов с правожелудочковой недостаточностью различной этиологии.
3. Параметры правожелудочково-артериального сопряжения имеют большое значение в выявлении разобщения кардиопульмональной системы у пациентов с правожелудочковой недостаточностью.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается включением достаточного количества обследованных пациентов (115 пациентов), использованием современных инструментальных методов обследования пациентов и статистическим анализом полученных данных (акт проверки первичной документации от 30 мая 2025г). Полученные результаты согласуются с данными других авторов и отвечают современным представлениям о данной проблеме.

Проведение диссертационного исследования одобрено Независимым этическим комитетом ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (протокол заседания № 14 от 13 ноября 2024 года). Название темы диссертации утверждено на заседании Ученого совета Медико-диагностического факультета ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (протокол №8 от 16 декабря 2024г).

Результаты исследования были представлены и обсуждены на конференциях: IX Съезд Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (1-3 ноября 2023г, г. Москва), V Калужский медицинский конгресс «Циолковские чтения» (3-4 декабря, г. Калуга).

Апробация диссертации состоялась на научной конференции кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (протокол №1-07/22 от 10 июня 2025г).

Внедрение результатов исследования

Данные, полученные в исследовании, внедрены в практику работы отделения ультразвуковой диагностики регионального сосудистого центра ГБУЗ «Калужская областная клиническая больница» при проведении эхокардиографического исследования (акт внедрения от 30.05.2025г).

Полученные в результате исследования данные используются в учебном процессе кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (акт внедрения от 27.05.2025г).

Личный вклад автора

Автором самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Автор непосредственно проводила сбор клинико-anamnestических данных, выполнение трансторакальной эхокардиографии и анализ показателей деформации миокарда ПЖ. Автором лично проведена статистическая обработка полученных данных, написан текст диссертации. Совместно с научным руководителем подготовлены печатные работы по теме исследования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа «Комплексная ультразвуковая оценка функционального состояния правых камер сердца у пациентов с правожелудочковой недостаточностью» соответствует паспорту научной

специальности 3.1.25. «Лучевая диагностика (медицинские науки)» и направлениям исследования: п.1 – диагностика и мониторинг физиологических и патологических состояний, заболеваний, травм и пороков развития (в том числе внутриутробно) путем оценки качественных и количественных параметров, получаемых с помощью методов лучевой диагностики; п.2 - определение нормативных качественных и количественных параметров, оценка воспроизводимости результатов, получаемых с помощью методов лучевой диагностики; п.3 – определение информативности отдельных параметров (диагностических симптомов) и их сочетания (диагностических синдромов) для углубленного изучения этиологии, патогенеза, диагностики, эффективности лечения и исхода заболеваний, травм, патологических состояний и врожденных пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики; п.4 – исследование эффективности и качества медицинских изделий, технологий, программных средств для получения, анализа и хранения медицинских изображений или другой информации, получаемой с помощью методов лучевой диагностики.

Научные публикации по теме диссертации

По материалам диссертации опубликованы 5 научных работ, из них 3 статьи в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 146 страницах. Состоит из введения и четырех глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты исследования», «Обсуждение результатов»; заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список литературы содержит 146 источников, из них 23 отечественных и 123 зарубежных. Диссертация включает 27 таблиц, 27 рисунков и 2 схемы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Всего в исследование включено 115 человек, обследованных в условиях регионального сосудистого центра ГБУЗ КО «Калужская областная клиническая больница с декабря 2022г по декабрь 2024г:

1. Группа острой ПЖН (группа 1). В нее включено 37 человек с острой субмассивной/массивной ТЭЛА, подтвержденной данными КТ-ангиопульмонографии с болюсным внутривенным контрастированием. Основными жалобами при поступлении были одышка, слабость, кровохарканье. Критерии включения: возраст старше 18 лет, верификация субмассивной/массивной ТЭЛА по данным КТ-ангиопульмонографии с болюсным внутривенным контрастированием, наличие ЛГ по данным трансторакальной ЭхоКГ, синусовый ритм по данным ЭКГ, информированное согласие на участие в исследовании. Критерии не включения: острый инфаркт миокарда; тромбоэмболия мелких ветвей легочной артерии; поражение ТК вследствие инфекционного эндокардита; протезирование или

пластика ТК в анамнезе; сочетание ХСН и ТЭЛА; фибрилляция/трепетание предсердий, ЧСС более 90 в мин, наличие электрокардиостимулятора, тяжелая сопутствующая патология (хроническая болезнь почек, стадия 5; острое повреждение почек, стадия 3), неудовлетворительное качество изображения, затрудняющее проведение и трактовку результатов ЭхоКГ.

Всем пациентам данной группы помимо эхокардиографического исследования проводили дуплексное сканирование вен нижних конечностей для выявления тромбоза глубоких вен. Острый тромбоз глубоких вен нижних конечностей выявлен у 21 (56,76%). Также у большинства пациентов при поступлении исследовали уровень Д-димера (86,49%), средний показатель Д-димера был $2,09 \pm 1,61$ мкг/мл (норма 0-0,50 мкг/мл).

2. Группа хронической ПЖН (группа 2). В нее включено 38 пациентов с ХСН вследствие ишемической болезни сердца или дилатационной кардиомиопатии, поступивших в стационар с основными жалобами на одышку, снижение толерантности к физической нагрузке. Все пациенты на догоспитальном этапе получали многокомпонентную терапию и находились под диспансерным наблюдением по поводу основного заболевания. Критерии включения: возраст старше 18 лет, наличие ХСН III-IV ФК (по Нью-Йоркской ассоциации сердца – NYHA), развившейся в результате ишемической болезни сердца или дилатационной кардиомиопатии, информированное согласие на участие в исследовании. Критерии невключения: острый инфаркт миокарда, ЧСС/частота желудочковых сокращений более 90 ударов в мин, поражение ТК вследствие инфекционного эндокардита; протезирование или пластика ТК в анамнезе; сочетание ХСН и острой (хронической) ТЭЛА; неудовлетворительное качество изображения, затрудняющее проведение и трактовку результатов ЭхоКГ.

3. Группа контроля, в которую включено 40 человек. Критерии включения: возраст старше 18 лет, отсутствие жалоб со стороны сердечно-сосудистой системы, отсутствие по данным инструментальных методов обследования объективных признаков дисфункции сердца в покое, информированное согласие на участие в исследовании.

Все три группы были сопоставимы по возрасту. Возраст пациентов колебался от 40 до 87 лет (Таблица 1).

Таблица 1 - Распределение пациентов исследуемых групп по возрасту и полу

Группа	Контроль (n=40)	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	Всего (n= 115)
Возраст, лет, М $\pm$ SD min-max	59,50 $\pm$ 11,52 40 -78	62,91 $\pm$ 13,57 40 - 87	69,45 $\pm$ 10,10 43 - 86	63,89 $\pm$ 12,41 40-87
Мужчины, n (%)	12 (30,00)	19 (51,35)	28 (73,68)	59 (51,30)
Женщины, n (%)	28 (70,00)	18 (46,65)	10 (26,32)	56 (48,70)

Частота выявления сопутствующей патологии в виде артериальной гипертензии и сахарного диабета у пациентов с ХСН была значительно выше (Таблица 2). В этой группе у 12 пациентов (31,6%) при ЭКГ регистрировался синусовый ритм, у 19 пациентов (50%) была постоянная форма

фибрилляции/трепетания предсердий, у 7 пациентов (18,4%) ранее был имплантирован ЭКС.

Таблица 2 - Параметры сопутствующей патологии в исследуемых группах

Группа	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	p
Артериальная гипертензия, n (%)	10 (27,03)	24 (63,16)	< 0,0001
Сахарный диабет, n (%)	3 (8,11)	13 (34,21)	< 0,0001

Специальные методы исследования

Трансторакальную эхокардиографию выполняли на ультразвуковой системе экспертного класса Vivid E95 фирмы GE (США) с последующей обработкой полученных изображений на программном комплексе EchoPack. Все измерения проводились в соответствии с действующими рекомендациями [Lang R.M. et. al., 2015, Mukherjee M. et. al., 2025, Рыбакова М.К. и соавт., 2008]. Измерения ПП включали: длину, ширину, площадь и объем с индексацией к площади поверхности тела. Измерения ПЖ: в парастернальной позиции по длинной оси ЛЖ измеряли проксимальный и дистальный диаметры выносящего тракта ПЖ. В апикальной 4-х камерной позиции измеряли базальный и средний диаметр ПЖ, длину ПЖ, конечно-диастолическую и конечно-систолическую площади ПЖ. Для оценки систолической функции ПЖ использовались следующие показатели: амплитуда движения латеральной части фиброзного кольца ТК – TAPSE (М-режим), фракционное изменение площади (ФИП) ПЖ (В-режим), в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии измеряли скорость движения латеральной части фиброзного кольца ТК – скорость пика s и индекс миокардиальной производительности – RIMP (у пациентов с сохраненным синусовым ритмом). Диастолическая функция ПЖ оценивалась при сохраненном синусовом ритме путем измерения пиков Е, А, времени замедления - DTE (непрерывноволновая доплерография транстрикуспидального потока), измерения пиков е, а (тканевая импульсно-волновая доплерография).

Продольная деформация ПЖ измерялась из апикального четырехкамерного доступа с ориентацией области интереса на ПЖ, при этом на протяжении всего сердечного цикла должна была быть визуализирована верхушка ПЖ. Учитывались показатели пиковой систолической деформации свободной стенки ПЖ и глобальной продольной систолической деформации ПЖ, а также значения скорости глобальной деформации и свободной стенки ПЖ в систолу и диастолу.

Состояние правожелудочково-артериального сопряжения определяли как отношение параметров систолической функции и продольной деформации ПЖ (TAPSE, ФИП, s , глобальная продольная деформация и деформация свободной стенки ПЖ) к величине систолического давления в легочной артерии (СДЛА).

СДЛА оценивали с помощью непрерывноволновой доплерографии потока трикуспидальной регургитации по модифицированному уравнению Бернулли: $СДЛА = 4V_{TP}^2 + \text{давление в правом предсердии}$, где V_{TP} – пиковая скорость потока

трикуспидальной регургитации. Давление в правом предсердии рассчитывали путем измерения диаметра нижней полой вены и его изменения в зависимости от фаз дыхания [Lang R.M. et. al., 2015, Mukherjee M. et. al., 2025, Рыбакова М.К. и соавт., 2008].

Для оценки межоператорской воспроизводимости анализ производился двумя независимыми исследователями у 20 случайно выбранных пациентов на серошальных изображениях. Для оценки внутриоператорской воспроизводимости был проведен анализ одним оператором с разницей более 4 недель у 20 случайно выбранных пациентов.

Статистическую обработку проводили с использованием пакета программ MedCalc (версия 22.005-64bit) (MedCalc Software Ltd., Бельгия). Корреляционный анализ в исследовании включал в себя применение коэффициента Пирсона (для нормально распределенных величин) и коэффициента корреляции рангов Спирмена (для величин с распределением, отличным от нормального), вычисление корреляционной матрицы, расчет 95% доверительных интервалов (ДИ) для статистически значимых коэффициентов. Достоверность различий между группами оценивали с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни. Для сравнения трёх независимых выборок (группа контроля с группами 1 и 2) использовался Критерий Краскела–Уоллиса. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$. В процессе работы использовали ROC-анализ с представлением пороговых значений, чувствительности и специфичности предлагаемых тестов, а также площади под кривой (area under the curve – AUC) с 95%-м ДИ. При оценке воспроизводимости рассчитывался коэффициент вариации (CV) и коэффициент внутригрупповой корреляции. Слабой считалась вариабельность при $CV < 10\%$, средней при CV от 10 до 20%, сильной – при $CV > 20\%$. При значении коэффициента внутригрупповой корреляции менее 0,5 воспроизводимость классифицировалась как плохая, при 0,50-0,75 – умеренная, 0,75-0,90 – хорошая, и более 0,90 – отличная.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе параметров систолической функции ПЖ выявлено статистически значимое снижение большинства показателей систолической функции ПЖ у пациентов обеих групп патологии по сравнению с контрольной группой. При этом показатели пика s , RIMP и VTI ВТПЖ не выявили достоверных различий между острой и хронической формами ПЖН. Такие показатели, как TAPSE и ФИП в группе 2 были значимо ниже, чем при острой ТЭЛА (Таблица 3). В группе пациентов с острой ТЭЛА из 37 человек снижение TAPSE менее 17мм отмечено в 24,32%, снижение скорости пика s менее 9,5см/с – также в 24,32%. В группе больных с ХСН ($n=38$) снижение TAPSE ниже нормы отмечено в 55,26%, снижение скорости пика s – в 42,11%.

Таблица 3 – Параметры систолической функции правого желудочка у пациентов с острой тромбоэмболией легочной артерии, больных с хронической сердечной недостаточностью и практически здоровых лиц

Показатель / группа	Контроль (n=40)	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	p
TAPSE, мм	23,50 22,00;25,00 18,00–30,00	20,00 17,50;22,00 10,00–35,00	16,00 13,00;18,00 6,00–29,00	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,0004*
Скорость пика s, мс	14,50 13,00;16,00 10,00–22,00	12,00 9,75;15,00 6,00–20,00	11,00 8,00;13,00 6,00–23,00	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,1096
ФИП ПЖ, %	48,50 43,50;52,50 37,00–67,00	39,00 30,75;48,00 17,00–55,00	32,50 24,00;38,00 16,00–60,00	p (контроль-группа 1) = 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,0078*
RIMP (тканевая доплерография)	0,45 0,37;0,50 0,26–0,57	0,63 0,51;1,04 0,36–1,75	Синусовый ритм, n=12 0,77 0,50;0,96 0,38–2,68	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,8342
VTI ВТПЖ, см	17,30 16,20;18,90 12,40–23,70	16,50 14,40;19,38 10,80–24,00	15,65 12,20;29,95 6,20–24,80	p (контроль-группа 1) = 0,03588 p (контроль-группа 2) = 0,3301 p (группа 1-группа 2) = 0,5455
dp/dt, мм рт. ст. /с	600,00 410,00;841,00 262,00–1819,00	688,00 560,50;957,50 244,00–1668,00	409,00 326,50;764,50 244,00–1763,00	p (контроль-группа 1) = 0,0706 p (контроль-группа 2) = 0,6529 p (группа 1-группа 2) = 0,0306*

Примечание: здесь и далее количественные данные представлены в виде медианы (1-я строка ячейки), интерквартильного размаха (2-я строка ячейки), Min–Max (3-я строка ячейки); * выделены показатели со значением $p \leq 0,05$ (различия достоверны).

Параметр ФИП ПЖ оказался наиболее информативным традиционным показателем функции ПЖ в отношении корреляции с СДЛА (Таблица 4).

Таблица 4 – Корреляции между величиной систолического давления в легочной артерии и параметрами систолической функции правого желудочка

Группа/показатель	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	Общая группа патологии (n=75)
TAPSE, мм	rho = 0,235; p = 0,1609	rho = 0,274; p = 0,0956	rho = 0,332; p = 0,0036*
Скорость пика s, мс	rho = 0,309; p = 0,0629	rho = 0,234; p = 0,1567	rho = 0,321; p = 0,0049*
ФИП ПЖ, %	rho = 0,632; p < 0,0001*	rho = 0,496; p = 0,0015*	rho = 0,590; p < 0,0001*
RIMP TDI	rho = 0,148; p = 0,3819	rho = 0,063; p = 0,7091	rho = 0,116; p = 0,3232
VTI ВТПЖ, см	rho = 0,325; p = 0,0495*	rho = 0,138; p = 0,4080	rho = 0,200; p = 0,0850
dp/dt, мм рт. ст. /с	rho = 0,163; p = 0,3348	rho = 0,0223; p = 0,8933	rho = 0,123; p = 0,2926

Примечание: здесь и далее rho- коэффициент корреляции рангов Спирмена (для величин с распределением, отличным от нормального), * выделены показатели со значением $p \leq 0,05$ (различия достоверны).

В группе пациентов с острой ПЖН, обусловленной острой ТЭЛА, выявлена положительная корреляционная связь между размерами ПЖ и величиной СДЛА. Наиболее сильная связь отмечена для среднего диаметра ПЖ ($r = 0,736$, $p < 0,0001$). У пациентов группы 2 только средний диаметр ПЖ и проксимальный диаметр ВТПЖ умеренно коррелировали с величиной СДЛА ($\rho = 0,38$, $p = 0,02$ и $\rho = 0,33$, $p = 0,04$ соотв.).

Распределение групп по степени нарушения диастолической функции (при сохраненном синусовом ритме) представлено на диаграммах (рисунок 1). Оценка чувствительности и специфичности различных эхокардиографических показателей выявила наибольшую информативность параметров скорости пиков Е, е и их отношения Е/е для диагностики диастолической дисфункции. При использовании установленных пороговых значений у 61,54% пациентов с фибрилляцией предсердий или наличием электрокардиостимулятора были выявлены нарушения диастолической функции ПЖ.

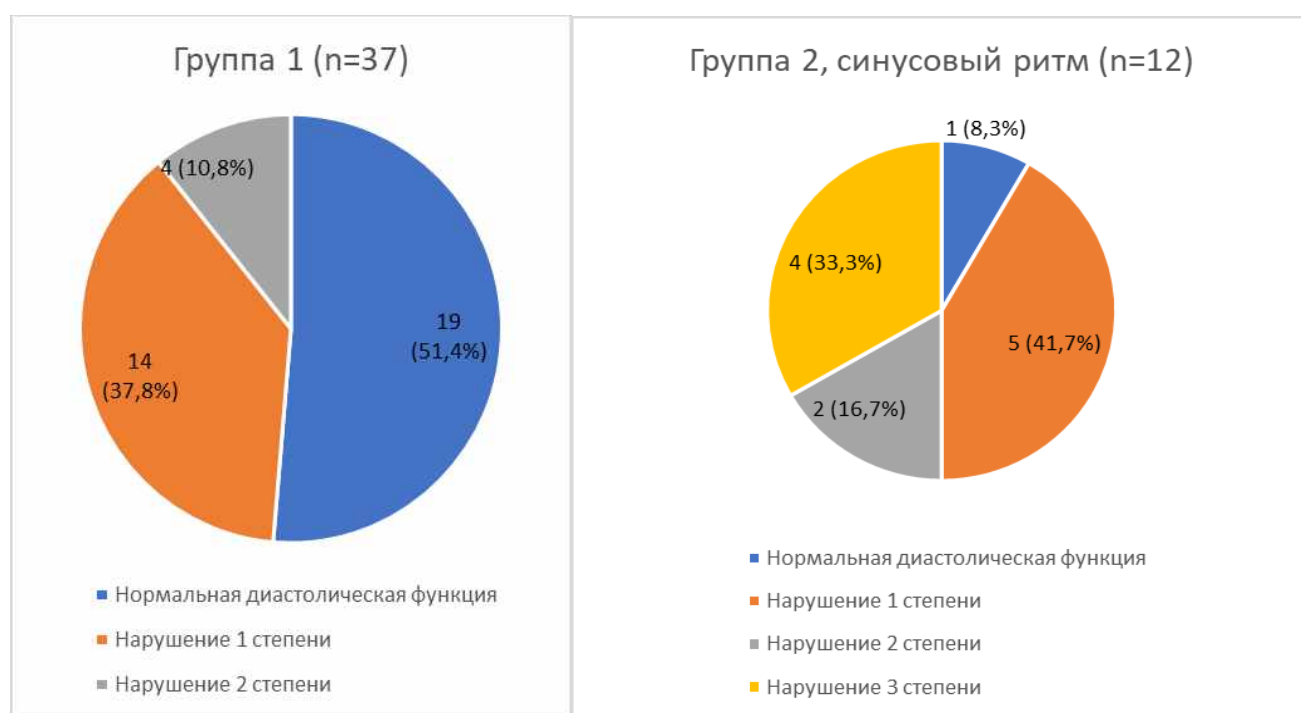


Рисунок 1 – Диаграммы распределения нарушения диастолической функции в исследуемых группах

Показатели глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки ПЖ, а также скорости деформации в систолу в обеих группах патологии достоверно отличались от таковых в группе контроля. Однако не выявлено отличий этих тестов между группами с хронической и острой ПЖН (Таблица 5).

Таблица 5 – Показатели продольной деформации и скорости деформации правого желудочка у пациентов с острой тромбоэмболией легочной артерии, больных с хронической сердечной недостаточностью и практически здоровых лиц

Группа/показатель	Контроль (n=40)	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	p
ГПД ПЖ, %	22,45 20,60;23,75 18,30–29,00	16,80 12,28;20,63 4,40–25,20	15,55 10,90;18,00 6,10–25,70	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,2209
ДСС ПЖ, %	25,10 22,70;27,75 20,20–33,50	18,40 12,53;21,98 8,60–29,10	16,90 12,80;22,10 6,90–31,00	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,9662
SR S _{глоб} , с ⁻¹	1,31 1,13;1,48 0,94–2,23	0,96 0,75;1,15 0,39–1,53	0,91 0,59;1,03 0,35–1,60	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,1083
SR S _{св} , с ⁻¹	1,44 1,26;1,72 1,01–2,38	1,08 0,76;1,32 0,27–2,76	0,94 0,76;1,35 0,28–1,97	p (контроль-группа 1) < 0,0001* p (контроль-группа 2) < 0,0001* p (группа 1-группа 2) = 0,9030

Примечание: SR S_{глоб} – глобальная скорость продольной деформации ПЖ в систолу, SR S_{св} – скорость продольной деформации свободной стенки ПЖ в систолу. ГПД – глобальная продольная деформация, ДСС – деформация свободной стенки

Показатели глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки ПЖ коррелировали с глобальной продольной деформацией ЛЖ: $\rho = 0,632$, $p < 0,0001$ и $\rho = 0,500$, $p < 0,0001$ соответственно. Отмечена умеренная корреляционная связь глобальной продольной деформации ПЖ с базальным ($r = 0,3415$, $p=0,0027$) и средним ($r = 0,3080$, $p=0,0072$) диаметрами ПЖ, а также с проксимальным ($\rho = 0,306$, $p=0,0075$) и дистальным ($\rho = 0,410$, $p=0,0003$) диаметрами ВТПЖ. Деформация свободной стенки ПЖ слабо коррелировала с базальным диаметром ПЖ ($r = 0,2419$, $p=0,0365$), умеренно коррелировала с дистальным диаметром ВТПЖ ($\rho = 0,339$, $p=0,0029$).

Для изучения диагностической значимости параметров продольной деформации и скорости деформации в систолу проведен ROC-анализ (значение ФИП ПЖ менее 35% в данном случае явилось пороговым показателем наличия или отсутствия дисфункции ПЖ). При острой ТЭЛА пороговым значением для глобальной деформации ПЖ явилась величина 14%, для деформации свободной стенки она составила 17,4%, при ХСН пороговое значение глобальной деформации составило 19,1%, деформации свободной стенки – 21,8% (Рисунки 2,3).

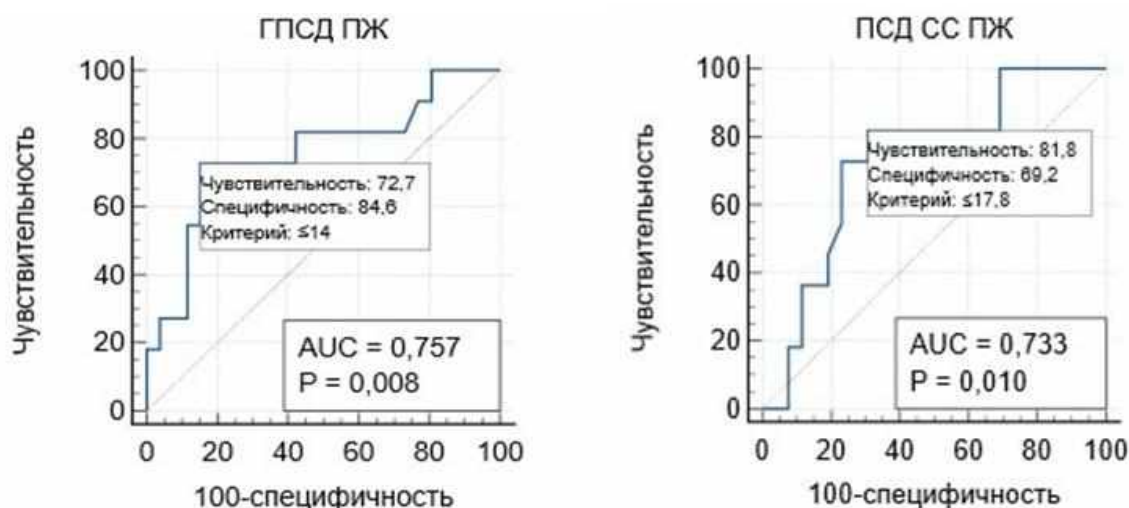


Рисунок 2 – Прогностическая значимость параметров глобальной продольной деформации правого желудочка (ГПСД ПЖ) и деформации свободной стенки (ПСД СС ПЖ) в группе 1

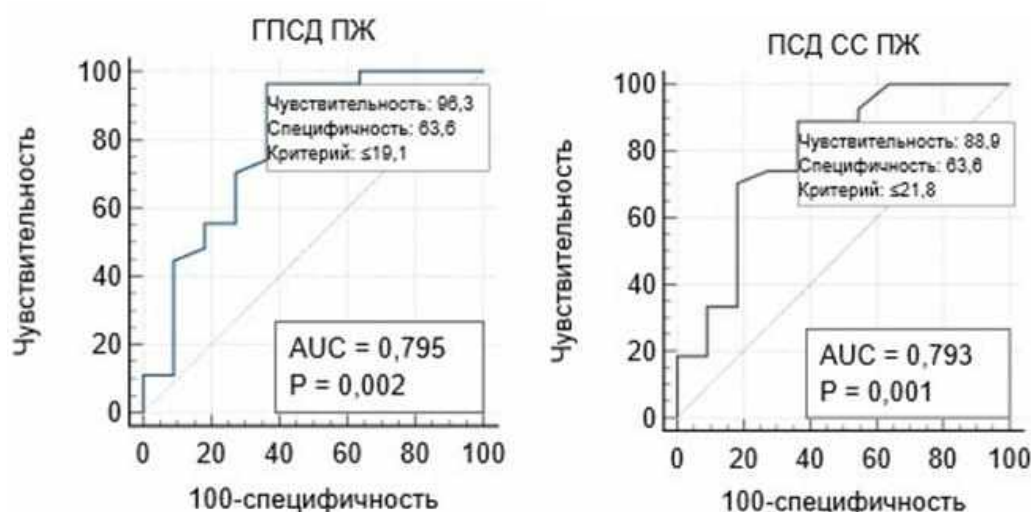


Рисунок 3 – Прогностическая значимость параметров глобальной продольной деформации правого желудочка (ГПСД ПЖ) и деформации свободной стенки (ПСД СС ПЖ) в группе 2

Параметры продольной деформации миокарда ПЖ демонстрируют умеренную корреляционную связь с СДЛА в обеих группах патологии (Таблица 6).

Таблица 6 – Корреляции между величиной систолического давления в легочной артерии и параметрами продольной деформации.

Группа/показатель	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	Общая группа патологии (n=75)
Глобальная деформация ПЖ, %	$\rho = 0,473$; $p = 0,0033^*$	$\rho = 0,340$; $p = 0,0367^*$	$\rho = 0,437$; $p = 0,0001^*$
Продольная деформация свободной стенки ПЖ, %	$\rho = 0,446$; $p = 0,0057^*$	$\rho = 0,358$; $p = 0,0273^*$	$\rho = 0,412$; $p = 0,0002^*$
SR $S_{\text{глоб}}$, с^{-1}	$\rho = 0,374$; $p = 0,0226^*$	$\rho = 0,490$; $p = 0,0018^*$	$\rho = 0,452$; $p < 0,0001^*$
SR $S_{\text{СС}}$, с^{-1}	$\rho = 0,435$; $p = 0,0071^*$	$\rho = 0,401$; $p = 0,0127^*$	$\rho = 0,424$; $p = 0,0002^*$

Параметры коэффициента внутригрупповой корреляции показали отличную воспроизводимость методики измерения продольной деформации ПЖ (Таблица 7).

Таблица 7 – Оценка коэффициента внутригрупповой корреляции

Вид корреляции/ значение	Глобальная продольная деформация ПЖ	Продольная деформация свободной стенки ПЖ
Межоператорская	0,98	0,96
Внутриоператорская	0,96	0,96

Внутриоператорская воспроизводимость для деформации свободной стенки ПЖ составила 11,81%, для глобальной деформации – 9,57%. Межоператорская воспроизводимость для деформации свободной стенки составила 10,13%, для глобальной деформации ПЖ – 6,50%.

Нормативные значения параметров правожелудочково-артериального сопряжения в настоящее время остаются предметом изучения. Наиболее изученным является отношение TAPSE/СДЛА, для которого в рекомендациях по ХСН от 2024г определено пороговое значение, равное 0,55 [Галявич А.С., 2024]. В качестве показателей систолической функции ПЖ используются такие показатели, как TAPSE, скорость пика s, ФИП ПЖ, а также показатели продольной деформации ПЖ. Показатели правожелудочково-артериального сопряжения в группах патологии достоверно отличались от таковых в контрольной группе. Однако параметры ГПД/ СДЛА и ДСС/ СДЛА не продемонстрировали достоверных различий при острой и хронической ПЖН (Таблица 8).

Таблица 8 – Показатели правожелудочково-артериального сопряжения у пациентов с острой тромбоэмболией легочной артерии, больных с хронической сердечной недостаточностью и практически здоровых лиц

Показатель/ группа	Контроль (n=40)	Группа 1 (n=37)	Группа 2 (n=38)	р
TAPSE/СДЛА, мм/мм рт. ст.	1,00 0,86;1,30 0,66-2,19	0,47 0,30;0,67 0,11-1,21	0,31 0,24;0,43 0,11-0,82	р (контроль-группа 1) < 0,0001* р (контроль-группа 2) < 0,0001* р (группа 1-группа 2) = 0,0051*
ФИП ПЖ/СДЛА, %/мм рт. ст.	2,12 1,75;2,61 1,35-5,15	0,87 0,54;1,43 0,18-2,26	0,68 0,35;0,92 0,20-2,14	р (контроль-группа 1) < 0,0001* р (контроль-группа 2) < 0,0001* р (группа 1-группа 2) = 0,0164*
s/СДЛА, см/с/мм рт. ст.	0,63 0,51;0,84 0,32-1,83	0,31 0,18;0,40 0,06-0,71	0,21 0,14;0,30 0,08-0,82	р (контроль-группа 1) = 0,0001* р (контроль-группа 2) < 0,0001* р (группа 1-группа 2) = 0,0344*
ГПД/СДЛА, %/мм рт. ст.	0,98 0,83;1,22 0,66-2,36	0,41 0,24;0,58 0,08-1,03	0,32 0,19;0,38 0,10-0,91	р (контроль-группа 1) < 0,0001* р (контроль-группа 2) < 0,0001* р (группа 1-группа 2) = 0,0635
ДСС/СДЛА, %/мм рт. ст.	1,15 0,93;1,38 0,68-2,66	0,43 0,22;0,61 0,10-1,20	0,37 0,21;0,46 0,10-1,04	р (контроль-группа 1) < 0,0001* р (контроль-группа 2) < 0,0001* р (группа 1-группа 2) = 0,2351

Примечание: ГПД – глобальная продольная деформация правого желудочка, ДСС – продольная деформация свободной стенки правого желудочка

Показатели правожелудочково-артериального сопряжения достоверно коррелировали с размерами ПЖ и индексированным объемом ПП (Таблица 9).

Таблица 9 – Корреляции параметров правожелудочково-артериального сопряжения с объемом правого предсердия и линейными размерами правого желудочка

Показатель	Индексированный объем ПП	Средний диаметр ПЖ	Базальный диаметр ПЖ	Проксимальный диаметр ВТПЖ	Дистальный диаметр ВТПЖ
TAPSE/СДЛА	$\rho = 0,428$, $p = 0,0001^*$	$\rho = 0,555$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,463$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,518$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,532$, $p < 0,0001^*$
ФИП ПЖ/СДЛА	$\rho = 0,407$, $p = 0,0003^*$	$\rho = 0,640$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,504$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,563$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,529$, $p < 0,0001^*$
s/СДЛА	$\rho = 0,390$, $p = 0,0005^*$	$\rho = 0,593$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,500$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,532$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,485$, $p < 0,0001^*$
ГПД/СДЛА	$\rho = 0,247$, $p = 0,0325^*$	$\rho = 0,532$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,455$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,445$, $p = 0,0001^*$	$\rho = 0,458$, $p < 0,0001^*$
ДСС/СДЛА	$\rho = 0,301$, $p = 0,0087^*$	$\rho = 0,500$, $p < 0,0001^*$	$\rho = 0,418$, $p = 0,0002^*$	$\rho = 0,419$, $p = 0,0002^*$	$\rho = 0,452$, $p < 0,0001^*$

Примечание: ГПД – глобальная продольная деформация правого желудочка, ДСС – продольная деформация свободной стенки правого желудочка

Все использованные параметры правожелудочково-артериального сопряжения продемонстрировали высокую диагностическую значимость в выявлении разобщения системы ПЖ – легочная артерия (Таблица 10). Значения правожелудочково-артериального сопряжения, где в качестве показателей систолической функции ПЖ используются традиционные параметры, показывают высокую чувствительность, тогда как параметры правожелудочково-артериального сопряжения с применением деформационных методик характеризуются большей специфичностью.

Таблица 10 – Прогностическая значимость показателей правожелудочково-артериального сопряжения, общая группа патологии (n=75)

Показатели	Чувствительность, %	Специфичность, %	Пороговое значение	AUC (95%-й ДИ)	ПЦПР	ПЦОР	P
ФИП ПЖ/СДЛА	98,15	90,48	$\leq 1,13$	0,970 (0,903–0,996)	95,09	96,31	$< 0,0001$
s/СДЛА	96,30	90,48	$\leq 0,32$	0,966 (0,897–0,994)	94,99	92,88	$< 0,0001$
ГПД/СДЛА	87,04	95,24	$\leq 0,4$	0,951 (0,876–0,988)	97,17	79,67	$< 0,0001$
ДСС/СДЛА	85,19	95,24	$\leq 0,44$	0,932 (0,850–0,977)	97,11	77,42	$< 0,0001$

Примечание: ПЦПР – прогностическая ценность положительного результата, ПЦОР – прогностическая ценность отрицательного результата, p – уровень значимости. AUC – площадь под кривой, ДИ – доверительный интервал. ГПД – глобальная продольная деформация правого желудочка, ДСС – продольная деформация свободной стенки правого желудочка

На основании результатов исследования предложен алгоритм эхокардиографического обследования пациентов с подозрением на ПЖН.

Этап 1. Оценка систолической функции ПЖ при трансторакальной эхокардиографии (схема 1). Измерение показателей систолической функции ПЖ, включающих в себя TAPSE, скорость пика s , RIMP в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии (при сохранённом синусовом ритме). При изменении двух и более показателей (снижение TAPSE <17 мм, скорости пика $s < 9,5$ см/с, увеличение RIMP $>0,55$) выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. При изменении одного показателя необходимо измерение ФИП ПЖ. Если значения ФИП ПЖ снижены ($<35\%$), выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. Если значения ФИП ПЖ не снижены, необходима оценка показателей продольной деформации ПЖ (глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки). При снижении одного или двух показателей продольной деформации (глобальная продольная деформация $<17\%$, деформация свободной стенки $<20\%$) выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. Если оба параметра продольной деформации находятся в пределах нормы, то выносится заключение об отсутствии нарушения систолической функции ПЖ.

Этап 2. Вне зависимости от наличия или отсутствия признаков нарушения систолической функции рекомендуется оценка диастолической функции ПЖ при трансторакальной эхокардиографии. Для этого у пациентов с сохранённым синусовым ритмом необходимо измерить следующие показатели: скорость пика E , пика e , отношения E/A , E/e и DTE. При E/A от 0,8 до 2,0; $E/e < 6$, DTE от 120 до 230 мс выносится заключение о нормальной диастолической функции; при $E/A < 0,8$; E/e от 6 до 7,3, DTE от 87 до 120 мс – о нарушении диастолической функции 1-й степени; при E/A от 0,8 до 2,1; E/e от 7,3 до 8,4, DTE от 57 до 87 мс – о нарушении диастолической функции 2-й степени; при $E/A > 2,1$, $E/e \geq 8,5$, DTE < 57 мс – о нарушении 3-й степени.

У пациентов с нарушениями ритма и имплантированным ЭКС при значениях пика $E \leq 45$ см/с, пика $e \leq 8,0$ см/с и $E/e > 6$ выносится заключение о нарушении диастолической функции без указания её степени.

Этап 3. Вне зависимости от наличия или отсутствия признаков нарушения систолической и/или диастолической функции рекомендуется оценка состояния правожелудочково-артериального сопряжения при трансторакальной эхокардиографии (схема 2).

Измерение отношений TAPSE/СДЛА и s /СДЛА. Если значения TAPSE/СДЛА $<0,55$ и s /СДЛА $\leq 0,32$, выносится заключение о признаках разобщения ПЖ и ЛА. Если значения TAPSE/СДЛА и/или s /СДЛА больше вышеуказанных пороговых значений, определяются отношение ФИП/СДЛА, отношение глобальной продольной деформации к величине СДЛА и отношение деформации свободной стенки ПЖ к величине СДЛА. При снижении двух и более вышеуказанных отношений выносится заключение о признаках разобщения ПЖ и ЛА. Если

выявлено снижение только одного отношения, то делается вывод об отсутствии признаков разобщения ПЖ и ЛА.

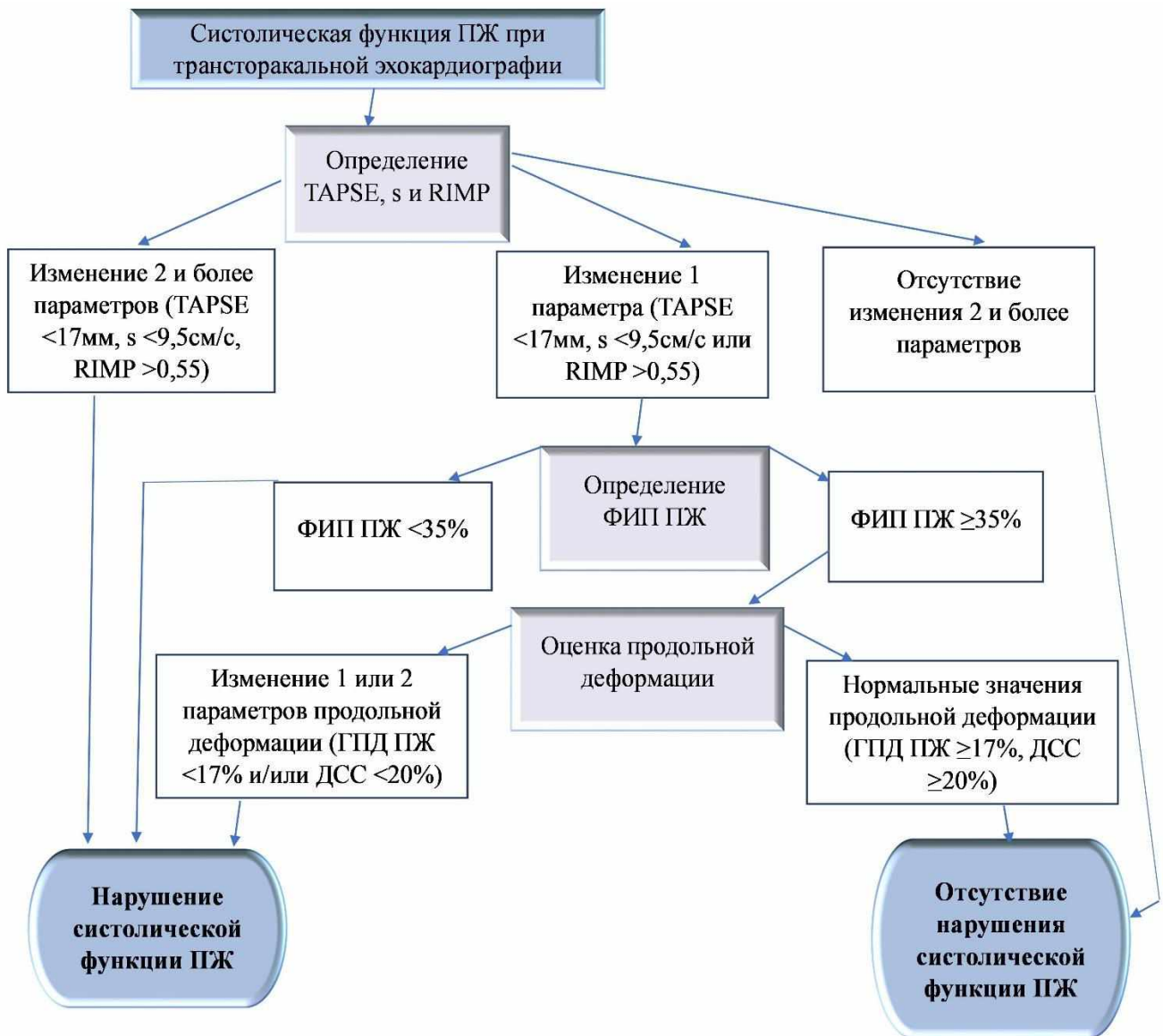


Схема 1 – Алгоритм оценки систолической функции правого желудочка

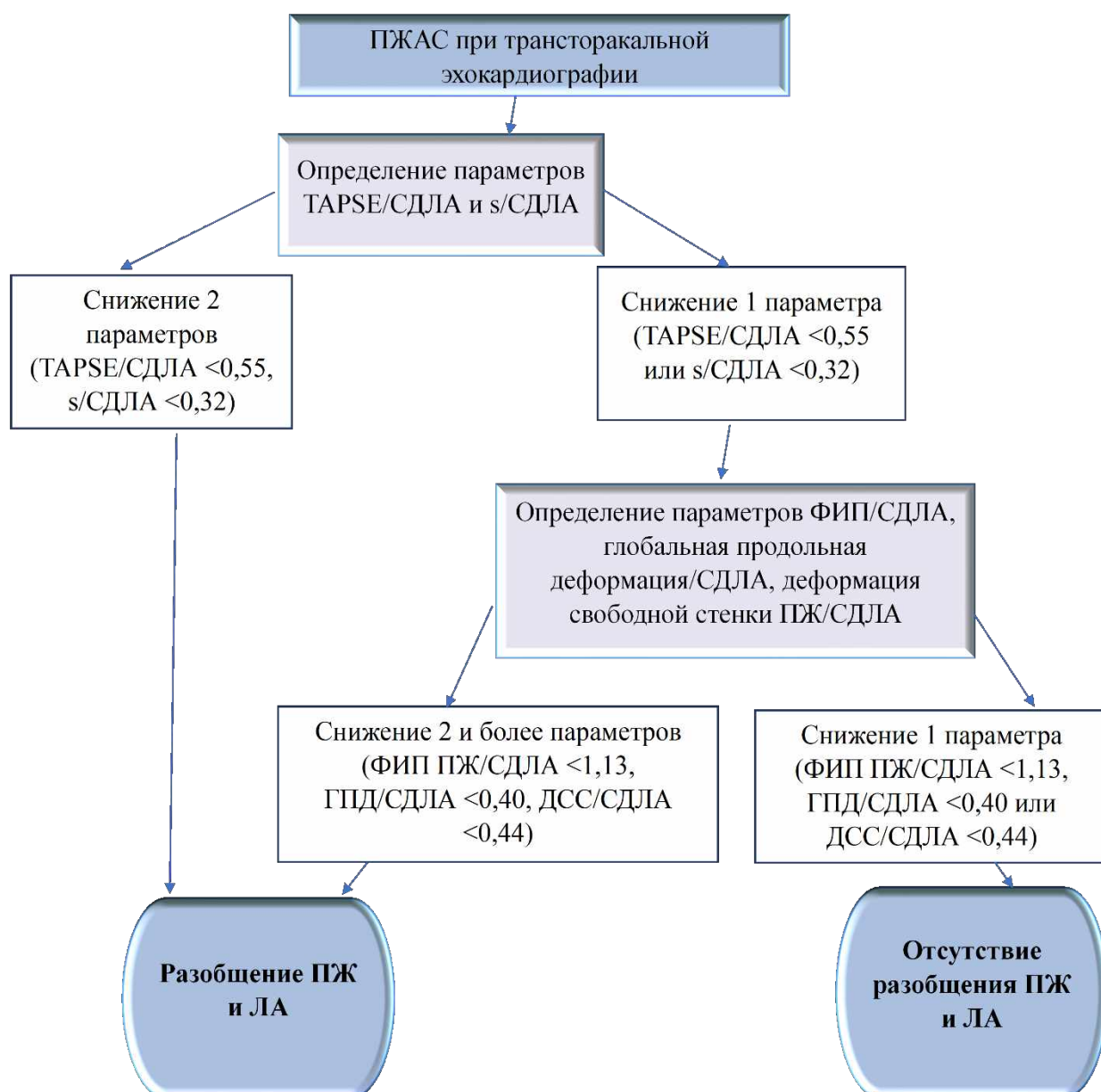


Схема 2 – Алгоритм оценки правожелудочково-артериального сопряжения.

Заключение

В результате решения поставленных цели и задач доказано, что комплексная эхокардиографическая оценка ПЖ, включающая исследование систолической и диастолической функции, продольной деформации, а также анализ правожелудочково-артериального сопряжения, позволяет получить целостное представление о состоянии ПЖ и его взаимодействии с лёгочным кровотоком.

Внедрение в практику результатов исследования позволяет повысить выявление нарушений в работе ПЖ, своевременная коррекция которых может существенно повлиять на прогноз и качество жизни пациентов.

Выводы

1. У пациентов с правожелудочковой недостаточностью наблюдалось снижение показателей систолической функции ПЖ. У больных с ХСН значения TAPSE, фракционного изменения площади и RIMP были статистически значимо ($p \leq 0,05$) ниже по сравнению с острой ТЭЛА: у пациентов с ХСН (Me (Q25; Q75)) TAPSE 16,00 (13,00;18,00) мм, фракционное изменение площади 32,50 (24,00;38,00) %, RIMP 0,77 (0,50;0,96); у пациентов с острой ТЭЛА – TAPSE 20 (17,50;22,00) мм, фракционное изменение площади 39,00 (30,75;48,00) %, RIMP 0,63 (0,51;1,04).
2. У больных с ХСН наблюдались более выраженные ($p \leq 0,05$) нарушения диастолической функции ПЖ по сравнению с острой ТЭЛА: нарушение 1-й степени – в 41,7%, 2-й степени – в 16,7%, 3-й степени – в 33,3% случаев. При острой ТЭЛА в 51,4% случаев нарушения диастолы ПЖ не отмечено, в 37,8% случаев выявлено нарушение 1-й степени, в 10,8% – нарушение 2-й степени.
3. Показатели глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки ПЖ обладают хорошей воспроизводимостью (внутриисследовательская воспроизводимость – коэффициент вариации при измерении глобальной деформации = 9,6%, при измерении деформации свободной стенки ПЖ = 11,8%; межисследовательская воспроизводимость – коэффициент вариации при измерении глобальной деформации = 10,1%, при измерении деформации свободной стенки ПЖ = 6,5%).
4. Значения продольной деформации ПЖ в группе здоровых лиц составили: глобальная продольная деформация 22,45 (20,60;23,75) %, деформация свободной стенки ПЖ – 25,10 (22,70;27,75) %. У пациентов с правожелудочковой недостаточностью наблюдалось статистически значимое ($p < 0,0001$) снижение показателей продольной деформации ПЖ по сравнению с контрольной группой. В группе острой ТЭЛА глобальная деформация составила 16,80 (12,28;20,63) %, деформация свободной стенки – 18,40 (12,53;21,98) %. У пациентов с ХСН глобальная деформация составила 15,55 (10,90;18,00) %, деформация свободной стенки – 16,9 (12,80;22,10) %. Значения глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки ПЖ статистически значимо не различались ($p > 0,05$) у пациентов с ХСН и ТЭЛА. Отмечена умеренная корреляционная связь значений СДЛА с глобальной продольной деформацией ($\rho = 0,437$, $p = 0,0001$) и деформацией свободной стенки ПЖ ($\rho = 0,412$, $p = 0,0002$). Пороговое значение глобальной продольной деформации для выявления систолической дисфункции ПЖ при острой ТЭЛА – 14,0% (чувствительность 72,7%, специфичность 84,6%), при ХСН – 19,1% (чувствительность 96,3%, специфичность 63,6%); деформации свободной стенки ПЖ при острой ТЭЛА – 17,8% (чувствительность 81,8%, специфичность 69,2%), при ХСН – 21,8% (чувствительность 88,9%, специфичность 63,6%).
5. Значения скорости деформации в систолу в группе здоровых лиц составили: глобальная скорость деформации 1,31 (1,13;1,48) с^{-1} , скорость деформации свободной стенки – 1,44 (1,26;1,72) с^{-1} . У пациентов с правожелудочковой

недостаточностью наблюдалось статистически значимое ($p < 0,0001$) снижение глобальной скорости деформации и скорости деформации свободной стенки ПЖ по сравнению с контрольной группой. В группе острой ТЭЛА скорость глобальной деформации составила $0,96 (0,75;1,15) \text{ с}^{-1}$, скорость деформации свободной стенки – $1,08 (0,76;1,32) \text{ с}^{-1}$. У пациентов с ХСН скорость глобальной деформации составила $0,91 (0,59;1,03) \text{ с}^{-1}$, скорость деформации свободной стенки – $0,94 (0,76;1,35) \text{ с}^{-1}$. Значения скорости глобальной деформации и скорости деформации свободной стенки ПЖ статистически значимо не различались ($p > 0,05$) у пациентов с ХСН и ТЭЛА. Значения СДЛА коррелировали со скоростью глобальной деформации ($\rho = 0,452, p < 0,0001$) и скоростью деформации свободной стенки ПЖ ($\rho = 0,424, p = 0,0002$). Для выявления нарушения систолической функции ПЖ пороговое значение скорости глобальной деформации при острой ТЭЛА – $0,91 \text{ с}^{-1}$ (чувствительность 81,8%, специфичность 73,1%), при ХСН – $0,96 \text{ с}^{-1}$ (чувствительность 77,8%, специфичность 81,8%); пороговое значение скорости деформации свободной стенки при острой ТЭЛА – $84,6 \text{ с}^{-1}$ (чувствительность 72,7%, специфичность 84,6%), при ХСН – $1,35 \text{ с}^{-1}$ (чувствительность 92,6%, специфичность 63,6%).

6. Значения параметров правожелудочково-артериального сопряжения у здоровых лиц составили: TAPSE/СДЛА $1,00 (0,86;1,30) \text{ мм/мм рт. ст.}$; ФИП/СДЛА $2,12 (1,75;2,61) \text{ \%/мм рт. ст.}$; s/СДЛА $0,63 (0,51;0,84) \text{ см/с/мм рт. ст.}$; ГПД/СДЛА $0,98 (0,83;1,22) \text{ \%/мм рт. ст.}$; ДСС/СДЛА $1,15 (0,93;1,38) \text{ \%/мм рт. ст.}$. Значения правожелудочково-артериального сопряжения при острой ТЭЛА составили: TAPSE/СДЛА $0,47 (0,30;0,67) \text{ мм/мм рт. ст.}$; ФИП/СДЛА $0,87 (0,54;1,43) \text{ \%/мм рт. ст.}$; s/СДЛА $0,31 (0,18;0,40) \text{ см/с/мм рт. ст.}$; ГПД/СДЛА $0,41 (0,24;0,58) \text{ \%/мм рт. ст.}$; ДСС/СДЛА $0,43 (0,22;0,61) \text{ \%/мм рт. ст.}$. Значения параметров правожелудочково-артериального сопряжения у пациентов с ХСН составили: TAPSE/СДЛА $0,31 (0,24;0,43) \text{ мм/мм рт. ст.}$; ФИП/СДЛА $0,68 (0,35;0,92) \text{ \%/мм рт. ст.}$; s/СДЛА $0,21 (0,14;0,30) \text{ см/с/мм рт. ст.}$; ГПД/СДЛА $0,32 (0,19;0,38) \text{ \%/мм рт. ст.}$; ДСС/СДЛА $0,37 (0,21;0,46) \text{ \%/мм рт. ст.}$. У пациентов с правожелудочковой недостаточностью отмечалось статистически значимое ($p \leq 0,05$) снижение всех показателей правожелудочково-артериального сопряжения по сравнению со здоровыми лицами. Однако при сравнении групп пациентов с ХСН и острой ТЭЛА статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) наблюдались только для отношений TAPSE/СДЛА, ФИП/СДЛА, s/СДЛА. Степень нарушения правожелудочково-артериального сопряжения коррелировала с индексированным объемом правого предсердия и линейными размерами ПЖ ($\rho 0,247-0,640, p \leq 0,05$).

Практические рекомендации

Первичная оценка систолической функции правого желудочка у пациентов с правожелудочковой недостаточностью включает наиболее быстро и легко воспроизводимые параметры для выявления снижения систолической функции правого желудочка (TAPSE, s, RIMP). При изменении двух и более показателей (снижение TAPSE $< 17 \text{ мм}$, скорости пика s $< 9,5 \text{ см/с}$, увеличение RIMP $> 0,55$) выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. При изменении

одного показателя необходимо измерение ФИП ПЖ. Если значения ФИП ПЖ снижены ($<35\%$), выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. Если значения ФИП ПЖ не снижены, необходима оценка показателей продольной деформации ПЖ (глобальной продольной деформации и деформации свободной стенки). При снижении одного или двух показателей продольной деформации (глобальная продольная деформация $<17\%$, деформация свободной стенки $<20\%$) выносится заключение о наличии систолической дисфункции ПЖ. Если оба параметра продольной деформации находятся в пределах нормы, то выносится заключение об отсутствии нарушения систолической функции ПЖ.

Для оценки диастолической функции ПЖ необходимо измерить следующие показатели: скорость пика E , пика e , отношения E/A , E/e и DTE. При E/A от 0,8 до 2,0; $E/e < 6$, DTE от 120 до 230 мс выносится заключение о нормальной диастолической функции; при $E/A < 0,8$; E/e от 6 до 7,3, DTE от 87 до 120 мс – о нарушении диастолической функции 1-й степени; при E/A от 0,8 до 2,1; E/e от 7,3 до 8,4, DTE от 57 до 87 мс – о нарушении диастолической функции 2-й степени; при $E/A > 2,1$, $E/e \geq 8,5$, DTE < 57 мс – о нарушении 3-й степени. У пациентов с нарушениями ритма и имплантированным ЭКС при значениях пика $E \leq 45$ см/с, пика $e \leq 8,0$ см/с и $E/e > 6$ выносится заключение о нарушении диастолической функции без указания её степени.

Вне зависимости от наличия или отсутствия признаков нарушения систолической и/или диастолической функции рекомендуется оценка состояния правожелудочково-артериального сопряжения. Первичная оценка включает измерения отношений TAPSE/СДЛА и $s/СДЛА$. Если значения TAPSE/СДЛА $<0,55$ и $s/СДЛА <0,32$, выносится заключение о признаках разобщения ПЖ и ЛА. Если значения TAPSE/СДЛА и/или $s/СДЛА$ больше вышеуказанных пороговых значений, определяются отношения ФИП/СДЛА (в норме $>1,13$), отношение глобальной продольной деформации к величине СДЛА (в норме $>0,40$) и отношение деформации свободной стенки ПЖ к величине СДЛА (в норме $>0,44$).

Перспективы дальнейшей разработки темы

Настоящее исследование представляет собой ретроспективное одноцентровое исследование, проведенное на ограниченной группе пациентов, что может влиять на возможность обобщения полученных результатов. Ограничением работы является отсутствие корреляции эхокардиографических параметров с данными катетеризации правых камер сердца и результатами магнитно-резонансной томографии, что обусловлено редкой применимостью данных методик в нашем центре. Для дальнейшего развития темы необходимы многоцентровые исследования с комплексным сопоставлением эхокардиографических показателей и результатов других методов обследования правого желудочка. Это позволит более точно определить признаки правожелудочковой недостаточности и выявить группу пациентов, которые получают максимальную пользу от проводимой терапии. Расширение методологии исследования и увеличение выборки пациентов помогут

повысить достоверность результатов и улучшить понимание механизмов развития заболевания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кондрашова, К.В. Комплексная оценка функции правого желудочка при острой тромбоэмболии легочной артерии / К.В. Кондрашова, М.К. Рыбакова, М.Д. Митькова, В.В. Митьков // Медицинская визуализация. 2024;28(3):89-98. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1461>. ИФ – 0,470. 10/1,4с.

2. Кондрашова, К.В. Комплексная оценка функции правого желудочка при острой тромбоэмболии легочной артерии / К.В. Кондрашова, Томах С.Г., М.К. Рыбакова, В.В. Митьков // Тезисы IX Съезда Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. ISSN 16070771 (Print) ISSN 24089494 (Online). 1/0,5с.

3. Кондрашова, К.В. Роль спекл-трекинг-эхокардиографии в оценке функции правого желудочка у пациентов с хронической сердечной недостаточностью и легочной гипертензией / К.В. Кондрашова, М.К. Рыбакова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2025;31(1):74-84. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-317>. ИФ – 0,419. 11/5,5с.

4. Кондрашова, К.В. Продольная деформация правого и левого желудочков при острой тромбоэмболии легочной артерии / К.В. Кондрашова, М.К. Рыбакова // Тезисы "XIX Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2025». 1/0,5с.

5. Кондрашова, К.В. Оценка правожелудочково-артериального сопряжения у пациентов с хронической сердечной недостаточностью и легочной гипертензией / К.В. Кондрашова, М.К. Рыбакова // «Вестник медицинского института «РЕАВИЗ: Реабилитация, Врач и Здоровье». 1/2с. ИФ – 0,300. 8/4с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГПД – глобальная продольная деформация

ДСС – деформация свободной стенки

ВТПЖ – выносящий тракт правого желудочка

ЛЖ – левый желудочек

ПП – правое предсердие

ПЖ – правый желудочек

ПЖН – правожелудочковая недостаточность

СДЛА – систолическое давление в легочной артерии

ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии

ФИП – фракционное изменение площади

ХСН – хроническая сердечная недостаточность

ЭхоКГ – эхокардиография