

Оптимизация имплантации левожелудочкового электрода на основании комбинации данных перфузионной сцинтиграфии миокарда и рентгеновской компьютерной томографии

А.И. Мишкина, Т.А. Атабеков, С.И. Сазонова, Р.Е. Баталов, С.В. Попов, К.В. Завадовский
Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Для успешного выполнения сердечной ресинхронизирующей терапии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью большое значение имеет выбор места имплантации левожелудочкового электрода. Для оптимизации выбора целевой вены и повышения эффективности интервенционного вмешательства может быть полезен гибридный визуализирующий подход, объединяющий данные компьютерной томографии вен сердца и перфузионной сцинтиграфии миокарда.

Цель исследования. Оценить возможности применения мультимодального лучевого подхода для оптимизации имплантации левожелудочкового электрода при проведении сердечной ресинхронизирующей терапии.

Методы. Проведено наблюдательное одноцентровое проспективное нерандомизированное контролируемое исследование. В него включены пациенты с хронической сердечной недостаточностью и показаниями для проведения сердечной ресинхронизирующей терапии согласно современным рекомендациям. Пациентам перед данной процедурой выполняли компьютерную томографию вен сердца для визуализации их анатомии и перфузионную сцинтиграфию миокарда для оценки выраженности нарушения перфузии левого желудочка. Оптимальное место для имплантации левожелудочкового электрода определяли на основании 3D-реконструкции коронарного синуса, совмещённой с данными перфузионной сцинтиграфии миокарда. Для оценки эффективности гибридного подхода набрана группа сравнения, в которой имплантацию ресинхронизирующего устройства проводили по стандартной методике без предоперационной оценки анатомии коронарных вен и наличия рубцовых изменений. Через 6 мес. после сердечной ресинхронизирующей терапии всем пациентам выполняли эхокардиографию для оценки эффективности лечения. Критерием эхокардиографического ответа являлось снижение конечно-систолического объёма левого желудочка и/или увеличение его фракции выброса на 15 и 5% и более соответственно.

Результаты. В группу визуализации включены 40 пациентов с хронической сердечной недостаточностью, в группу сравнения — 30 пациентов с аналогичным диагнозом. Через 6 мес. после сердечной ресинхронизирующей терапии в группе визуализации положительный ответ на лечение отмечен у 33 пациентов (82%), что статистически значимо превышает количество в группе сравнения — 17 пациентов (57%), $p=0,031$. У пациентов группы визуализации снижение конечно-систолического объёма левого желудочка было статистически значимым относительно аналогичного показателя группы сравнения и составило $-52 [-71; -22,5]$ против $-21 \text{ мл} [-64; -1]$ соответственно, $p=0,039$. Увеличение фракции выброса левого желудочка в группах визуализации и сравнения составило $7,5 [4,5; 15]$ и $4,5\% [0; 13]$ соответственно, однако различия оказались статистически незначимыми ($p=0,082$).

Заключение. Использование методов сердечно-сосудистой визуализации, включая компьютерную томографию вен сердца и перфузионную сцинтиграфию миокарда, ассоциировано с увеличением доли пациентов, ответивших на сердечную ресинхронизирующую терапию.

Ключевые слова: компьютерная томография коронарных вен; перфузионная сцинтиграфия миокарда; хроническая сердечная недостаточность; сердечная ресинхронизирующая терапия.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Мишкина А.И., Атабеков Т.А., Сазонова С.И., Баталов Р.Е., Попов С.В., Завадовский К.В. Оптимизация имплантации левожелудочкового электрода на основании комбинации данных

Рукопись получена: 22.08.2024

Рукопись одобрена: 25.09.2024

Опубликована online: 16.06.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International

© Эко-Вектор, 2025

Optimization of an appropriate pacing position based on fusion myocardial perfusion imaging and computed tomography data

Anna I. Mishkina, Tariel A. Atabekov, Svetlana I. Sazonova, Roman E. Batalov, Sergey V. Popov, Konstantin V. Zavadovsky
Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Currently, the choice of the left ventricular (LV) lead implantation site is important for the successful result of cardiac resynchronization therapy (CRT) in chronic heart failure patients (CHF). Hybrid imaging approach, which include cardiac vein CT and myocardial perfusion imaging (MPI), may be useful for optimization of the target vein choice and may increase the intervention effectiveness.

AIM: To evaluate the feasibility of using a multimodality imaging approach to optimize left ventricular CRT lead placement.

METHODS: The study included CHF patients with II and III functional class (NYHA) and indications for CRT, based on current ESC guidelines. Before CRT, patients underwent cardiac CT to visualize cardiac veins anatomy and MPI to assess myocardial perfusion. An appropriate pacing position was selected based on 3D reconstruction of the fusion coronary sinus and MPI imaging. Control group was included CHF patients, who had standard technique of the resynchronization device implantation. Six months after CRT, all patients underwent echocardiography to assess the treatment effectiveness. The criterion for echocardiographic response was a decrease in LV end-systolic volume (LVESV) by 15% or more and/or an increase in LV ejection fraction (LVEF) by 5% or more.

RESULTS: The imaging group included 40 CHF patients, the control group included 30 CHF patients. At 6 months after CRT, a higher number of responders were observed in the imaging group - 33 (82%) patients, than in the control group - 17 (57%) patients ($p=0.031$). In the imaging group, the LVESV decrease was significantly higher than in the control group: -52 (-71 – -22.5) ml versus -21 (-64 – -1) ml, $p=0.039$. The LVEF increase was also higher in the imaging group, but significance was not achieved: 7.5 (4.5 – 15) % versus 4.5 (0 – 13) %, $p=0.082$.

CONCLUSION: The use of cardiovascular imaging, including cardiac CT veinography and MPI allows for an increase responders to CRT.

Keywords: coronary vein computed tomography; myocardial perfusion imaging; chronic heart failure; cardiac resynchronization therapy.

TO CITE THIS ARTICLE:

Mishkina AI, Atabekov TA, Sazonova SI, Batalov RE, Popov SV, Zavadovsky KV. Optimization of an appropriate pacing position based on fusion myocardial perfusion imaging and computed tomography data. *Digital Diagnostics*. 2025;6(2):XX–XX. DOI: 10.17816/DD635333 EDN: JPGZLU

Submitted: 22.08.2024

Accepted: 25.09.2024

Published online: 16.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) — одна из основных проблем современной кардиологии. Несмотря на достижения в лечении, прогноз пациентов с ХСН II–III функционального класса (ФК) по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA) остаётся неблагоприятным [1, 2]. Медикаментозная терапия не всегда обеспечивает адекватный контроль симптомов и улучшение прогноза у данной группы пациентов. В связи с этим всё больше внимания уделяют применению интервенционных методов, включая имплантацию кардиологических устройств [3].

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) является эффективным методом лечения пациентов с ХСН со сниженной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) и нарушениями желудочковой проводимости. Данный метод лечения направлен на синхронизацию электрической активности желудочков сердца, что приводит к восстановлению их сократительной способности и снижению ФК ХСН. При этом уменьшается частота госпитализаций по поводу её декомпенсации и увеличивается выживаемость пациентов [4]. В то же время в 40% случаев не отмечают положительного эффекта от СРТ [5, 6]. Одним из основных способов повышения её эффективности является оптимизация отбора пациентов на имплантацию устройства [7, 8].

Для решения этой задачи активно используют методы сердечно-сосудистой визуализации [9–11], обладающие высокой точностью в определении потенциальных респондеров¹ на СРТ [12]. Современные исследования демонстрируют, что эффективность СРТ у пациентов с ишемической кардиомиопатией ниже, чем при некоронарогенных формах заболевания [13]. При этом наличие выраженных рубцовых изменений миокарда в зоне установки левожелудочкового электрода ассоциировано с отсутствием положительного ответа на СРТ [14]. В связи с этим на этапе планирования интервенционного вмешательства важно определить локализацию рубцовых изменений миокарда для последующего выбора области оптимальной для его имплантации [14]. Одним из методов, позволяющих решать эту задачу, является перфузионная сцинтиграфия миокарда (ПСМ), обеспечивающая одновременную оценку миокардиальной перфузии и сократительной функции ЛЖ. Однако из-за вариабельности анатомии коронарных вен во время операции не всегда удаётся определить «целевую вену» для имплантации электрода, соответствующую зоне миокарда с сохранённым кровоснабжением. Это обуславливает необходимость предварительной неинвазивной визуализации коронарных вен с помощью компьютерной томографии (КТ-венография) [15]. Мы предположили, что применение гибридного визуализирующего подхода, в частности, совмещение данных КТ-венографии и ПСМ позволит оптимизировать выбор целевой вены для имплантации левожелудочкового электрода при проведении СРТ, что, в свою очередь, повысит эффективность интервенционного вмешательства.

ЦЕЛЬ

Оценить возможности применения мультимодального лучевого подхода для оптимизации имплантации левожелудочкового электрода при проведении СРТ.

МЕТОДЫ

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено наблюдательное одноцентровое проспективное нерандомизированное контролируемое исследование.

КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ

Критерии включения:

- пациенты с ХСН II и III ФК по классификации NYHA ишемической и неишемической этиологии с показаниями для проведения СРТ согласно современным рекомендациям [4];

¹ Респондер — пациент, положительно реагирующий на лечение, то есть показывающий ожидаемый положительный эффект на терапию.

- снижение ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ по данным эхокардиографии (ЭхоКГ);
- ширина комплекса $QRS > 130$ мс;
- полная блокада левой ножки пучка Гиса.

Критерии исключения:

- острый инфаркт миокарда;
- аортокоронарное шунтирование или стентирование коронарных артерий в течение последних 3 мес.;
- нестабильная стенокардия;
- острый миокардит;
- тяжёлый первичный стеноз или недостаточность митрального, трёхстворчатого и аортального клапана;
- психическая или физическая неспособность участвовать в исследовании;
- хроническое заболевание почек тяжёлой степени (расчётная скорость клубочковой фильтрации — < 30 мл/мин/1,73 м²).

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ

В исследование включены пациенты, госпитализированные для интервенционного вмешательства в отделение хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции Научно-исследовательского института (НИИ) кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра (НИМЦ). Сцинтиграфические исследования выполняли на базе Центра коллективного пользования научно-исследовательского оборудования «Медицинская геномика» Томского НИМЦ.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в период с мая 2020 по февраль 2024 г. Всех пациентов, включённых в исследование, через 6 мес. после интервенционного вмешательства повторно госпитализировали для оценки эффективности лечения.

ОПИСАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

ПСМ проводили в состоянии функционального покоя с внутривенным введением радиофармпрепарата (РФП) ^{99m}Tc-метокси-изобутил-изонитрил (^{99m}Tc-МИБИ) в дозе 370–450 МБк. Сцинтиграфические изображения записывали в режиме синхронизации с электрокардиограммой (ЭКГ-синхронизация) (16 кадров на сердечный цикл) через 90 мин после инъекции РФП. Продолжительность записи составила 10 мин. Полученные изображения обрабатывали с использованием специализированного программного обеспечения с построением нормализованной 17-сегментарной полярной карты ЛЖ, отражающей перфузию миокарда (рис. 1).

КТ-венографию сердца проводили с использованием мультиспирального компьютерного томографа и с внутривенным введением 90–110 мл неионного рентгенконтрастного препарата йопромид (370 мг) через кубитальный катетер. При необходимости вводили β-адреноблокатор для поддержания частоты сердечных сокращений менее 70 в мин. Запись изображений проводили с ЭКГ-синхронизацией в ретроспективном режиме. Момент начала сканирования выбирали с учётом времени достижения плотного контрастирования нисходящего отдела аорты на уровне коронарного синуса при введении контрастного вещества с технической задержкой 6 с. Из полученных срезов КТ-венографии реконструировали 3D-модель сердца и коронарных вен (рис. 2, а), используя специализированную рабочую станцию Advantage Workstation VolumeShare® (GE Healthcare, Соединённые Штаты Америки). На основе полученной модели проводили оценку анатомии вен сердца. После этого выполняли совмещение результатов 3D-реконструкции коронарных вен с изображениями ПСМ (см. рис. 2, б). На основании полученных данных определяли вену коронарного синуса для установки левожелудочкового электрода. Вену считали целевой при её соответствии зоне без наличия гипоперфузии (накопление РФП в сегменте $> 50\%$). Сегменты ЛЖ со снижением накопления РФП $< 50\%$ (Summed Rest Score, SRS — более 2 баллов) исключали при выборе места установки электрода.

Общая эффективная лучевая нагрузка двух исследований составила $\sim 8,33$ мЗв.

Пациентам обеих групп имплантировали кардиоресинхронизирующее устройство с функцией дефибрилляции по стандартной методике для бивентрикулярной электрокардиостимуляции. Программирование осуществляли в соответствии с международными стандартами [16].

ОСНОВНОЙ ИСХОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Первичная конечная точка исследования — ответ на СРТ через 6 мес. после вмешательства, оценённый по данным ЭхоКГ. Среди критериев положительного ответа выделяли: снижение КСО ЛЖ и/или увеличение его ФВ на 15 и 5% и более соответственно.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСХОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вторичная конечная точка исследования — наступление неблагоприятного сердечно-сосудистого события: развитие больших сердечно-сосудистых событий (MACE); смерть по причине сердечно-сосудистой патологии; госпитализация в связи с декомпенсацией ХСН.

АНАЛИЗ В ГРУППАХ

Проспективно набрана первая группа — группа визуализации. Всем пациентам этой группы перед проведением СРТ выполняли комплекс лучевых методов исследования, включающий КТ-венографию сердца с контрастированием для оценки анатомических особенностей коронарных вен и ПСМ для оценки миокардиальной перфузии ЛЖ. Ретроспективно набрана группа сравнения. Пациентам этой группы имплантацию ресинхронизирующего устройства проводили по стандартной методике без предоперационной оценки анатомии коронарных вен и наличия рубцовых изменений.

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИСХОДОВ

Оценку исходов проводили с помощью ЭхоКГ, выполненной через 6 мес. после интервенционного вмешательства.

ЭТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Проведение исследования одобрено комитетом по биомедицинской этике НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 232 от 26.10.2022).

Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Принципы расчёта выборки. Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного пакета MedCalc® 12.1.14.0 (MedCalc Software Ltd, Бельгия) и STATISTICA® 10.0 (StatSoft Inc., Соединённые Штаты Америки). Количественные признаки представлены в виде $Me [Q1; Q3]$, где Me — медиана, $Q1$ и $Q3$ — 1- и 3-й квартиль соответственно. Нормально распределённые количественные показатели представлены в виде $M \pm SD$, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение. Категориальные показатели представлены в виде абсолютных (n) и относительных (%) частот. Статистическую значимость межгрупповых различий количественных признаков оценивали в соответствии с непараметрическим критерием Манна–Уитни. Категориальные показатели сравнивали с помощью точного критерия Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинико-демографическая характеристика пациентов и данные ЭхоКГ в группах представлены в табл. 1. Группы статистически значимо не различались по клиническим характеристикам, объёму и сократимости ЛЖ по данным ЭхоКГ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В группе визуализации у всех пациентов левожелудочковый электрод имплантировали в целевую вену, выбранную по результатам 3D-реконструкции коронарного синуса, совмещённой с данными ПСМ. В группе сравнения его размещали по стандартной методике без применения данных визуализации. Частота использования различных коронарных вен в качестве целевой продемонстрирована в табл. 2. Следует отметить, что между группами выявлены статистически значимые различия по частоте выбора боковой вены в качестве целевой для установки левожелудочкового электрода ($p=0,015$); в остальных случаях статистически значимых различий не выявлено.

Для оценки влияния визуализирующего подхода на ход операции проанализированы значения дозы и времени флюороскопии во время операции. Статистически значимых различий между группами по этим показателям не выявлено (табл. 3). При этом необходимо учитывать дозу

облучения, полученную пациентами группы визуализации при проведении дополнительных лучевых исследований на предоперационном этапе [средняя эффективная эквивалентная доза на весь протокол исследования составила $8,2 \pm 0,8$ мЗв (от 7,6 до 9,1) на пациента].

Через 6 мес. после интервенционного вмешательства получены статистически значимые различия частоты достижения первичной конечной точки ($p=0,031$):

- в группе визуализации — 33 пациента (82%);
- в группе сравнения — 17 пациентов (57%).

В обеих группах достижения вторичной конечной точки не выявлено.

Сравнительная характеристика изменений объёма и сократимости ЛЖ после СРТ в исследуемых группах продемонстрирована в табл. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

РЕЗЮМЕ ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам данного исследования установлено, что для повышения эффективности СРТ важную роль в планировании интервенционного вмешательства играет комплексный визуализирующий подход, включающий КТ-венографию сердца для оценки анатомии коронарных вен и ПСМ для выявления зоны рубцовых изменений миокарда ЛЖ. Применение данной стратегии ассоциировано с увеличением числа пациентов, ответивших на СРТ, а также более значительным снижением КСО ЛЖ после операции.

ОБСУЖДЕНИЕ ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что одним из факторов, приводящих к отсутствию ответа на проводимую СРТ, является неоптимальное расположение левожелудочкового электрода. В ранее проведённых исследованиях показано, что имплантация данного электрода в область рубца не приводит к значимому улучшению гемодинамики после СРТ. При этом установка левожелудочкового электрода в вену сердца, соответствующую жизнеспособному миокарду, а также области поздней механической активации может быть полезна для повышения частоты и эффективности имплантаций ресинхронизирующих устройств [17]. Понимание анатомии коронарных вен перед имплантацией устройства позволяет спланировать ход операции, оценить соответствующий доступ к оптимальному месту стимуляции. Кроме того, это позволяет сократить время операции, лучевую нагрузку на пациента и объём используемого контрастного вещества.

Эффективность СРТ зависит от наличия достаточного количества жизнеспособного миокарда, который сможет сокращаться в ответ на стимуляцию. Метод магнитно-резонансной томографии является «золотым стандартом» количественной оценки рубцовых изменений в миокарде и рекомендован пациентам с ХСН [18]. Однако его широкое применение ограничивает сложность и длительность кардио-протокола, высокая стоимость исследования, а также необходимость введения контрастного препарата. Альтернативным методом оценки выраженности рубцовых изменений в миокарде ЛЖ может выступать ПСМ, которая характеризуется относительной доступностью и простотой выполнения. Она имеет высокую внутри- и межоператорскую воспроизводимость [19], не требует введения контрастного вещества. В нашем исследовании продемонстрирована высокая эффективность применения ПСМ и КТ-венографии для оптимального выбора целевой вены при имплантации левожелудочкового электрода СРТ.

Результаты представленного исследования согласуются с данными работ, опубликованных ранее. Так, Т. Tada и соавт. [20] предложили способ оптимизации эффективности имплантации ресинхронизирующего устройства, основанный на анализе предоперационных результатов ПСМ и КТ-венографии сердца с контрастированием. Используя полученные данные, авторы оценивали анатомию коронарных вен и миокардиальную перфузию ЛЖ с целью определения оптимального места для имплантации и подбора левожелудочкового электрода, соответствующего анатомическим особенностям целевой вены. У всех пациентов отмечен положительный ответ на СРТ. Однако данный метод не апробирован на большой выборке пациентов (включено 4 пациента). Результаты нашего исследования показали, что применение методов кардиовизуализации для предоперационной оценки анатомии коронарного синуса и перфузии миокарда способствует увеличению доли пациентов, положительно ответивших на СРТ. При использовании данного подхода доля респондеров¹ достигает 82%, тогда как в группе сравнения — 57% ($p=0,031$).

По данным литературы, мультимодальный визуализирующий подход перед имплантацией кардиоресинхронизирующего устройства может способствовать снижению неблагоприятных воздействий на пациента за счёт сокращения времени операции, объёма контрастного вещества и времени лучевого воздействия. Однако в нашем исследовании не выявлено статистически значимых различий по времени рентгеноскопии и эффективной дозы облучения, полученной во время операции у пациентов двух групп. Тем не менее проведение КТ-венографии и ПСМ перед выполнением СРТ предоставляет врачу дополнительную информацию для подбора левожелудочкового электрода с оптимальной длиной и формой изгиба, соответствующими анатомии целевой вены.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ограничением данного исследования является небольшой объём выборки. Кроме того, при планировании и проведении исследования размер выборки для достижения требуемой статистической мощности результатов не рассчитывали. В связи с этим полученная в ходе исследования выборка участников не может считаться в достаточной степени репрезентативной, что не позволяет экстраполировать полученные результаты и их интерпретацию на генеральную совокупность аналогичных пациентов за пределами исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение методов сердечно-сосудистой визуализации, включая КТ-венографию сердца и ПСМ, позволяет определить оптимальное место для имплантации левожелудочкового электрода при планировании СРТ. Такой подход ассоциирован с увеличением доли пациентов, положительно отвечающих на неё. Тем не менее необходимы дальнейшие многоцентровые исследования для выявления его клинической эффективности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.И. Мишкина — проведение и интерпретация лучевых исследований, сбор и анализ литературных данных, заполнение и анализ базы данных, написание и редактирование текста рукописи; Т.А. Атабеков — отбор и курация пациентов, хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ клинической части базы данных, сбор и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи; С.И. Сазонова, Р.Е. Баталов, С.В. Попов — сбор и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи; К.В. Завадовский — концепция исследования, сбор и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 232 от 26.10.2022). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внешний рецензент и один член редакционной коллегии журнала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Abdin A, Anker SD, Butler J, et al. “Time is prognosis” in heart failure: time-to-treatment initiation as a modifiable risk factor. *ESC Heart Failure*. 2021;8(6):4444–4453. doi: [10.1002/ehf2.13646](https://doi.org/10.1002/ehf2.13646) EDN: [FYILWM](#)
2. Garganeeva AA, Bauer VA, Borel KN. The pandemic of the xxi century: chronic heart failure is the burden of the modern society. Epidemiology (literature review). *The Siberian Medical Journal*. 2014;29(3):8–12. EDN: [TWKRHJ](#)
3. Sze E, Samad Z, Dunning A, et al. Impaired recovery of left ventricular function in patients with cardiomyopathy and left bundle branch block. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;71(3):306–317. doi: [10.1016/j.jacc.2017.11.020](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.11.020) EDN: [YHSJTF](#)
4. 2021 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(7):289–370. doi: [10.15829/1560-4071-2022-5159](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5159) EDN: [UTOINY](#)
5. Tokavanich N, Mongkonsritragoon W, Sattawatthamrong S, et al. Outcomes of cardiac resynchronization therapy in congenital heart disease: A meta-analysis and systematic review. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2023;35(2):249–257. doi: [10.1111/jce.16144](https://doi.org/10.1111/jce.16144) EDN: [TNDUOD](#)
6. Daubert C, Behar N, Martins RP, et al. Avoiding non-responders to cardiac resynchronization therapy: a practical guide. *European Heart Journal*. 2017;38(19):1463–1472. doi: [10.1093/eurheartj/ehw270](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw270) EDN: [YDAKAX](#)
7. Dhesi S, Lockwood E, Sandhu RK. Troubleshooting Cardiac Resynchronization Therapy in Nonresponders. *Canadian Journal of Cardiology*. 2017;33(8):1060–1065. doi: [10.1016/j.cjca.2017.04.007](https://doi.org/10.1016/j.cjca.2017.04.007)
8. Zou J, Hua W, Su Y, et al. SPECT-Guided LV lead placement for incremental CRT efficacy. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2019;12(12):2580–2583. doi: [10.1016/j.jcmg.2019.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.07.009)
9. Hu X, Xu H, Hasse SRA, et al. Comparative efficacy of image-guided techniques in cardiac resynchronization therapy: a meta-analysis. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2021;21(1):255. doi: [10.1186/s12872-021-02061-y](https://doi.org/10.1186/s12872-021-02061-y) EDN: [IZWCJW](#)
10. Borgquist R, Carlsson M, Markstad H, et al. Cardiac resynchronization therapy guided by echocardiography, MRI, and CT Imaging. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2020;6(10):1300–1309. doi: [10.1016/j.jacep.2020.05.011](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2020.05.011) EDN: [DOYWDC](#)
11. Zavadovskij KV, Saushkin VV, Varlamova YV, et al. Mechanical dyssynchrony for prediction of the cardiac resynchronization therapy response in patients with dilated cardiomyopathy. *Kardiologiia*. 2021;61(7):14–21. doi: [10.18087/cardio.2021.7.n1420](https://doi.org/10.18087/cardio.2021.7.n1420) EDN: [JWDUSY](#)
12. Viveiros Monteiro A, Martins Oliveira M, Silva Cunha P, et al. Time to left ventricular reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy: Better late than never. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2016;35(3):161–167. doi: [10.1016/j.repc.2015.11.008](https://doi.org/10.1016/j.repc.2015.11.008)
13. Mareev VYu, Fomin IV, Ageev FT, et al. Russian Heart Failure Society, Russian Society of Cardiology. Russian Scientific Medical Society of Internal Medicine Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiia*. 2018;17(S6):8–158. doi: [10.18087/cardio.2475](https://doi.org/10.18087/cardio.2475) EDN: [XUAREL](#)
14. Butter C, Georgi C, Stockburger M. Optimal CRT implantation—where and how to place the left-ventricular lead? *Current Heart Failure Reports*. 2021;18(5):329–344. doi: [10.1007/s11897-021-00528-9](https://doi.org/10.1007/s11897-021-00528-9) EDN: [PMWWDH](#)
15. Boonyasirinant T, Halliburton SS, Schoenhagen P, et al. Absence of coronary sinus tributaries in ischemic cardiomyopathy: An insight from multidetector computed tomography cardiac venographic study. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*. 2016;10(2):156–161. doi: [10.1016/j.jcct.2016.01.015](https://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.01.015)
16. Stiles MK, Fauchier L, Morillo CA, Wilkoff BL. 2019 HRS/EHRA/APHRS/LAHRs focused update to 2015 expert consensus statement on optimal implantable cardioverter-defibrillator programming and testing. *Heart Rhythm*. 2020;17(1):e220–e228. doi: [10.1016/j.hrthm.2019.02.034](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2019.02.034) EDN: [REAGXG](#)
17. Wang J, Wang Y, Yang M, et al. Mechanical contraction to guide CRT left-ventricular lead placement instead of electrical activation in myocardial infarction with left ventricular dysfunction: An experimental study based on non-invasive gated myocardial perfusion imaging and invasive electroanatomic mapping. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2020;27(2):419–430. doi: [10.1007/s12350-019-01710-2](https://doi.org/10.1007/s12350-019-01710-2) EDN: [DVOUZZ](#)
18. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(1):117–224.

19. Mansour N, Nekolla SG, Reyes E, et al. Multi-center study of inter-rater reproducibility, image quality, and diagnostic accuracy of CZT versus conventional SPECT myocardial perfusion imaging. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2023;30(2):528–539. doi: [10.1007/s12350-022-03054-w](https://doi.org/10.1007/s12350-022-03054-w)
 EDN: [XJIKCA](#)

20. Tada T, Osuda K, Nakata T, et al. A novel approach to the selection of an appropriate pacing position for optimal cardiac resynchronization therapy using CT coronary venography and myocardial perfusion imaging: FIVE STaR method (fusion image using CT coronary venography and perfusion SPECT applied for cardiac resynchronization therapy). *Journal of Nuclear Cardiology*. 2021;28(4):1438–1445. doi: [10.1007/s12350-019-01856-z](https://doi.org/10.1007/s12350-019-01856-z)

ОБ АВТОРАХ/ AUTHORS' INFO

Автор, ответственный за переписку:	
* Мишкина Анна Ивановна , канд. мед. наук; адрес: Россия, 634012, Томск, ул. Киевская, д. 111а; ORCID: 0000-0001-9453-1635 ; eLibrary SPIN: 9792-6033; e-mail: anna123.2013@gmail.com	* Anna I. Mishkina , MD, Cand. Sci. (Medicine); address: 111a Kievskaya st, Tomsk, Russia, 634012; ORCID: 0000-0001-9453-1635 ; eLibrary SPIN: 9792-6033; e-mail: anna123.2013@gmail.com
Соавторы:	
Атабеков Тариель Абдилазимович , канд. мед. наук; ORCID: 0000-0003-2645-4142; eLibrary SPIN: 3274-6898; e-mail: kgma1011@mail.ru	Tariel A. Atabekov , MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-2645-4142; eLibrary SPIN: 3274-6898; e-mail: kgma1011@mail.ru
Сазонова Светлана Ивановна , д-р мед. наук; ORCID: 0000-0003-2799-3260; eLibrary SPIN: 3787-2774; e-mail: sazonova_si@mail.ru	Svetlana I. Sazonova , MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-2799-3260; eLibrary SPIN: 3787-2774; e-mail: sazonova_si@mail.ru
Баталов Роман Ефимович , д-р мед. наук; ORCID: 0000-0003-1415-3932; eLibrary SPIN: 1371-4429; e-mail: romancer@cardio-tomsk.ru	Roman E. Batalov , MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-1415-3932; eLibrary SPIN: 1371-4429; e-mail: romancer@cardio-tomsk.ru
Попов Сергей Валентинович , д-р мед. наук, профессор, академик РАН; ORCID: 0000-0002-9050-4493; eLibrary SPIN: 6853-7180 e-mail: svp@cardio-tomsk.ru	Sergey V. Popov , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, academician of the Russian Academy of Science; ORCID: 0000-0002-9050-4493; eLibrary SPIN: 6853-7180; e-mail: svp@cardio-tomsk.ru
Завадовский Константин Валерьевич , д-р мед. наук; ORCID: 0000-0002-1513-8614; eLibrary SPIN: 5081-3495; e-mail: konstzav@gmail.com	Konstantin V. Zavadovsky , MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-1513-8614; eLibrary SPIN: 5081-3495; e-mail: konstzav@gmail.com

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов группы визуализации и сравнения

Показатель	Группа визуализации (n=40)	Группа сравнения (n=30)	p
Пол (мужчины/женщины), n	26/14	16/14	0,338
Возраст, лет	59,5 [55; 68]	58 [48; 64]	0,183
Сердечная недостаточность: функциональный класс NYHA II/III, n	22/18	11/19	0,224
Этиология хронической сердечной недостаточности (ишемическая/неишемическая), n	15/25	10/20	0,804
Длительность комплекса QRS, мс	171 [160; 184]	166 [160; 180]	0,284
Сахарный диабет, n (%)	5 (12)	3 (10)	0,712
Индекс массы тела	28,4 [24,3; 31,1]	30,2 [25; 32,2]	0,446
Конечно-диастолический объём левого желудочка, мл	240 [210; 283]	226 [190; 254]	0,202
Конечно-систолический объём левого желудочка, мл	181 [146; 203]	161 [125; 195]	0,306
Фракция выброса левого желудочка, %	30 [25; 32]	29 [24; 32]	0,711

Примечание. Данные представлены в виде Ме [Q1; Q3], где Ме — медиана, Q1 и Q3 — 1- и 3-й квартиль соответственно; NYHA — Нью-Йоркская ассоциация сердца.

Таблица 2. Частота использования различных вен в качестве целевой при имплантации левожелудочкового электрода в группах

Целевая вена	Группа визуализации, n (%)	Группа сравнения, n (%)
Боковая вена	24 (60)	8 (27)
Заднебоковая вена	10 (25)	14 (47)
Переднебоковая вена	4 (10)	6 (20)
Задняя вена левого желудочка	2 (5)	2 (6)

Таблица 3. Сравнение дозы и времени флюороскопии во время операции в группах визуализации и сравнения

Показатель	Группа визуализации	Группа сравнения	p
Эффективная доза облучения, мЗв	0,96 [0,52; 2]	1,5 [0,82; 2,1]	0,082
Время флюороскопии, мин	15,5 [10; 18]	15 [10; 17]	0,832

Примечание. Данные представлены в виде Ме [Q1; Q3], где Ме — медиана, Q1 и Q3 — 1- и 3-й квартиль соответственно.

Таблица 4. Сравнительная характеристика изменений объёма и сократимости левого желудочка после сердечной ресинхронизирующей терапии в группах визуализации и сравнения

Показатель	Группа визуализации	Группа сравнения	p
Δ Конечно-систолический объём левого желудочка, мл	-52 [-71; -22,5]	-21 [-64; -1]	0,039 ¹
Δ Фракции выброса левого желудочка, %	7,5 [4,5; 15]	4,5 [0; 13]	0,082

Примечание. Данные представлены в виде Ме [Q1; Q3], где Ме — медиана, Q1 и Q3 — 1- и 3-й квартиль соответственно; 1 — статистически значимые различия между группами.

РИСУНКИ

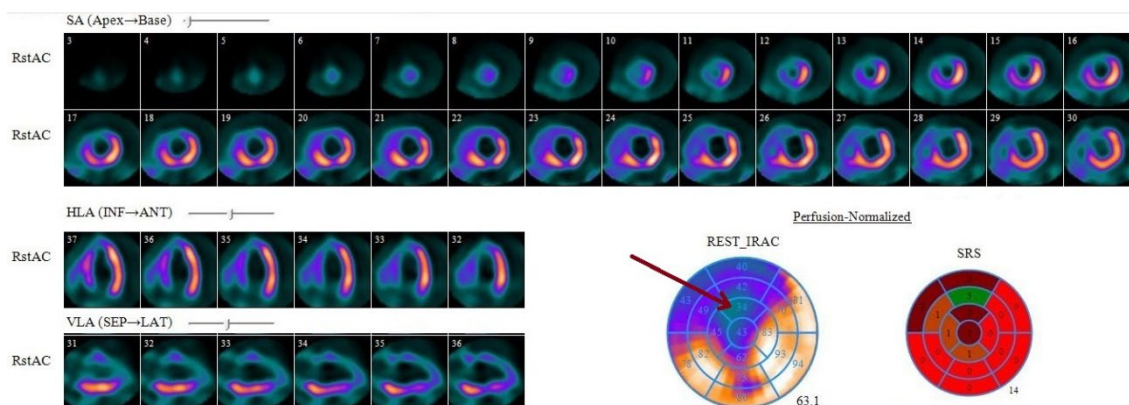


Рис. 1. Результаты перфузионной сцинтиграфии миокарда левого желудочка пациента с хронической сердечной недостаточностью: срезы по короткой и длинной осям, а также 17-сегментарная полярная карта левого желудочка (стрелкой обозначен дефект перфузии, охватывающий верхушку, переднюю и передне-перегородочную области). SA (Short Axis) — короткая ось; HLA (Horizontal Long Axis) — горизонтальная длинная ось; VLA (Vertical Long Axis) — вертикальная длинная ось; Apex — верхушка; Base — основание; INF — нижняя стенка; ANT — передняя стенка; SEP — перегородочная стенка; LAT — боковая стенка; REST_IRAC (Rest Integrated Regional Activity Counts) — интегральная активность в каждом сегменте миокарда в покое; SRS (Summed Rest Score) — суммарный балл в покое.

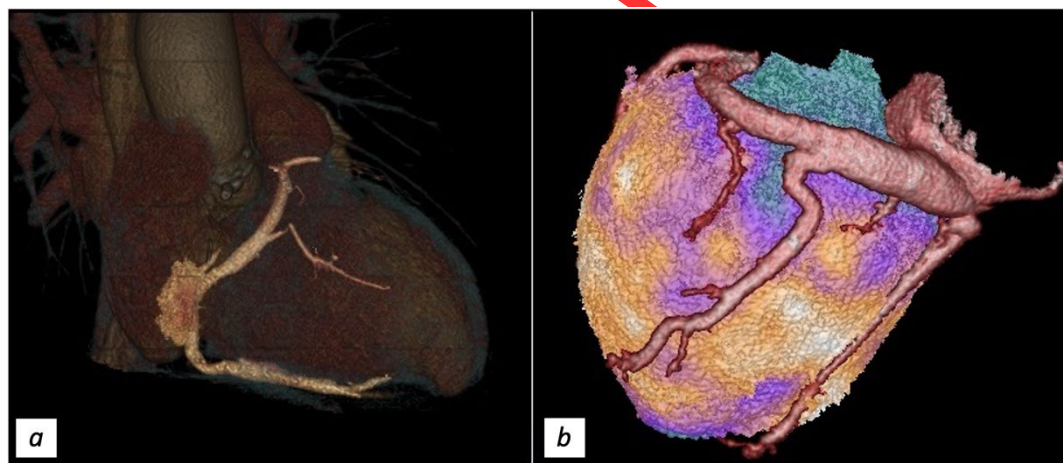


Рис. 2. 3D-реконструкция сердца и коронарного синуса: *a* — модель по данным компьютерной томографии; *b* — совмещение данных компьютерной томографии коронарных вен с результатами перфузионной сцинтиграфии миокарда левого желудочка.