

<https://doi.org/10.35336/VA-2022-4-10>

<https://elibrary.ru/YAWOYA>

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ РАДИОАБЛАЦИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ
ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТА С ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ТАХИКАРДИЕЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ
А.Ш.Ревшвили¹, В.А.Васковский¹, Е.А.Артюхина¹, И.А.Таймасова¹, А.В.Голанов², Н.А.Антипина²,
А.А.Николаева², Е.В.Кондратьев¹, Д.Ю.Усачев²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В.Вишневого» Министерства здравоохранения Российской Федерации Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27; ²Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Целью представленного наблюдения является демонстрация первого в России клинического опыта использования методики стереотаксической радиоабляции (СТР) при лечении желудочковых тахикардий (ЖТ) рефрактерных к инвазивным и медикаментозным методам лечения. Представлен результат СТР пациента 57 лет с ишемической ЖТ, рефрактерной к антиаритмической терапии и многократной радиочастотной абляции ЖТ. Данный клинический случай продемонстрировал эффективность и безопасность применения СТР для лечения ЖТ в ранние сроки наблюдения.

Ключевые слова: желудочковая тахикардия; лучевая терапия; электроанатомическое картирование; стереотаксическая радиоабляция тахиаритмий

Конфликт интересов: не заявляется.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 05.04.2022 **Исправленная версия получена:** 21.07.2022 **Принята к публикации:** 28.07.2022

Ответственный автор: Валентин Анатольевич Васковский, E-mail: vvaskov03@mail.ru

А.Ш.Ревшвили - ORCID ID 0000-0003-1791-9163, В.А.Васковский - ORCID ID 0000-0003-3126-7106, Е.А.Артюхина - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, И.А.Таймасова - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, А.В.Голанов - ORCID ID 0000-0002-0976-4547, Н.А.Антипина - ORCID ID 0000-0002-0731-2141, А.А.Николаева - ORCID ID 0000-0003-2419-544X, Е.В.Кондратьев - ORCID ID 0000-0001-7070-3391, Д.Ю.Усачев - ORCID ID 0000-0002-9811-9442

Для цитирования: Ревшвили АШ, Васковский ВА, Артюхина ЕА, Таймасова ИА, Голанов АВ, Антипина НА, Николаева АА, Кондратьев ЕВ, Усачев ДЮ. Применение стереотаксической радиоабляции в клинической практике для лечения пациента с желудочковой тахикардией: клиническое наблюдение. *Вестник аритмологии*. 2022; 29(4): 66-72. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-4-10>.

STEREOTACTIC RADIOABLATION IN CLINICAL PRACTICE FOR THE TREATMENT OF A PATIENT
WITH VENTRICULAR TACHYCARDIA: CASE REPORT

A.Sh.Revishvili¹, V.A.Vaskovsky¹, E.A.Artyukhina¹, I.A.Taymasova¹, A.V.Golanov², N.A.Antipina²,
A.A.Nikolayeva², E.V.Kondratyev¹, D.Yu.Usachev²

¹Federal State Budgetary Educational Institution "A.V.Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, 27 Bolshaya Serpukhovskaya str.; ²Federal State Autonomous Institution "N.N.Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, 16 4th Tverskaya-Yamskaya str.

The aim of the study is the demonstration of the 1st clinical experience of stereotactic arrhythmia radioablation (STAR) of the patient with antiarrhythmic drug (AAD) refractory ventricular tachycardia (VT) in Russia. The results of STAR of 57 years old patient with AAD and multiple radiofrequency ablation refractory VT are described. This clinical study demonstrates efficacy and safety of STAR of VT.

Key words: ventricular tachycardia; radiation therapy; electroanatomical mapping; stereotactic arrhythmia radio-surgery

Conflict of Interests: nothing to declare.

Funding: none.

Received: 05.04.2022 **Revision received:** 21.07.2022 **Accepted:** 27.07.2022

Corresponding author: Valentin Vaskovsky, E-mail: vvaskov03@mail.ru

A.Sh.Revishvili - ORCID ID 0000-0003-1791-9163, V.A.Vaskovsky - ORCID ID 0000-0003-3126-7106, E.A.Artyukhina - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, I.A.Taymasova - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, A.V.Golanov - ORCID ID 0000-0002-0976-4547, N.A.Antipina - ORCID ID 0000-0002-0731-2141, A.A.Nikolayeva - ORCID ID 0000-0003-2419-544X, E.V.Kondratyev - ORCID ID 0000-0001-7070-3391, D.Yu.Usachev - ORCID ID 0000-0002-9811-9442

For citation: Revishvili AS, Vaskovsky VA, Artyukhina EA, Taymasova IA, Golanov AV, Antipina NA, Nikolayeva AA, Kondratyev EV, Usachev DY. Stereotactic radioablation in clinical practice for the treatment of a patient with ventricular tachycardia: case report. *Journal of Arrhythmology*. 2022; 29(4): 66-72. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-4-10>.

Желудочковые аритмии, в том числе желудочковые тахикардии (ЖТ), являются одной из основных причин внезапной сердечной смерти (ВСС) в Российской Федерации и в мире [1]. Так по данным N.Srinivasan et al. (2019) ВСС ежегодно уносит более 4,25 миллиона жизней во всем мире [2]. Жизнеугрожающие ЖТ обычно возникают у пациентов после инфаркта миокарда и со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ). Риск развития таких ЖТ составляет около 3-5%, но постоянно увеличивается в результате улучшения постинфарктной выживаемости и возможности появления ЖТ спустя годы после возникшего инфаркта миокарда в сочетании с прогрессирующим старением населения в мировой популяции [3, 4].

Лечение ЖТ и профилактика ВСС, согласно всем последним клиническим рекомендациям, включает применение антиаритмических препаратов, имплантацию кардиовертера-дефибриллятора (ИКД) для первичной и вторичной профилактики ВСС, применение различных катетерных методов абляции субстрата аритмий, включая эндокардиальные и эпикардиальные доступы, спиртовые абляции [4, 5]. Результаты традиционной стратегии радиочастотной абляции (РЧА) могут быть ограничены в случаях сложной анатомии, структурных заболеваниях сердца, субэп- и субэндокардиального расположения субстрата аритмии. В

ряде клиник мира частота рецидивов после РЧА ЖТ у пациентов со структурной патологией колеблется от 12 до 17% в период наблюдения до одного года [6], при невысокой частоте осложнений процедуры (0,6%) и госпитальной летальности около 0,1% [7].

Появившийся в последние десятилетия новый подход - стереотаксического облучения для лечения ЖТ показал эффективность и безопасность, благодаря появлению точных систем навигации и совершенствование методик планирования с учетом движения различных анатомических структур. Это позволило применять данный метод лечения при патологии подвижных органов, включая сердце. Проведенные экспериментальные и клинические исследования по применению этой технологии для лечения тахиаритмий, показали эффективность и безопасность данного метода лечения в отдаленные сроки наблюдения [8]. Целью представленного наблюдения является демонстрация первого в России клинического опыта использования методики стереотаксической радиоабляции при лечении желудочковых аритмий рефрактерных к медикаментозным и инвазивным методам лечения.

Для проведения стереотаксической абляции выбран пациент 57 лет, с постоянными приступами ЖТ. Из анамнеза: в 2005 году перенес острый инфаркт миокарда и выполнена баллонная ангиопластика правой коронарной артерии (ПКА). С 2007 г. приступы ЖТ, купирующиеся электроимпульсной терапией, с назначением амиодарона без существенного эффекта. В 2010 году при коронарографии выявлен 80% стеноз ПКА, выполнено стентирование ПКА двумя стентами и РЧА аритмогенных зон ЛЖ с использованием трехмерного картирования в антеробазальной области ЛЖ и межжелудочковой перегородки по верхнему периметру постинфарктного рубца.

С 2017 года вновь рецидивы медленной ЖТ с частотой 110-140 уд/мин на фоне приема амиодарона. В 2018 году выполнена повторная РЧА ЖТ с использованием трехмерного картирования в задне-септальной области ЛЖ с временным эффектом и рецидивированием ЖТ в 2020 году. ЖТ купировалась электроимпульсной терапией (рис. 1а). В 2020 году пациент стал рассматриваться как кандидат для проведения стереотаксической абляции. Выполнено трехмерное активационное и вольтажное картирование с интраоперационным использованием неинвазивного многоканального картирования для быстрой верификации зоны выхо-

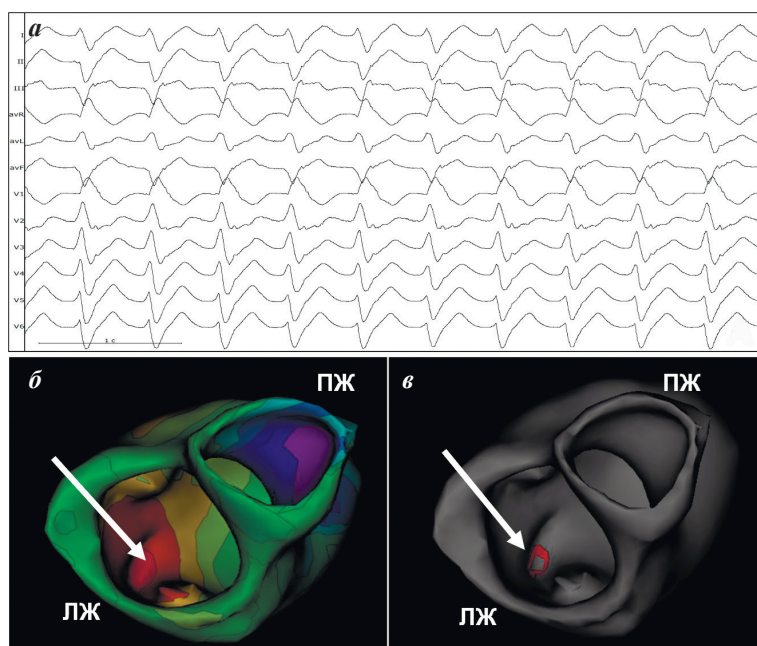


Рис. 1. Левожелудочковая тахикардия с частотой 140 уд/мин: а - электрокардиограмма, б - карта активации, в - карта распространения возбуждения; стрелкой показана красная зона - область ранней активации с эндокардиальной поверхности левого желудочка (ЛЖ).

да тахикардии при ее индукции (рис. 1б,в). Выполнена РЧА в области ранней активации в передне-боковой области ЛЖ и области поздних потенциалов и фрагментированной активности. Однако тахикардия продолжала индуцироваться с переходом в более быструю с нестабильной гемодинамикой, купирующаяся наружной кардиоверсией. Тогда же имплантирован однокамерный ИКД с функцией удаленного мониторинга и сенсингом предсердного сигнала. После отмены амиодарона, по причине тиреотоксикоза, приступы участились, вплоть до ежедневных. Проводилось купирование ЖТ с использованием алгоритмов купирования (антитахистимуляция) ИКД. Назначен соталол 160 мг в сутки, без значимого эффекта.

В 2022 году пациенту предложено и получено информированное согласие на выполнение стереотаксической абляции. Разработан алгоритм подготовки пациента и все мероприятия разделены на 3 этапа: 1) планирование (комплекс диагностических обследований и подготовка пациента), 2) лечение (стереотаксическое облучение), 3) динамическое наблюдение за пациентом.

Первый этап - планирование

В целях предоперационной подготовки выполнено ряд исследований. Эхокардиография (ЭхоКГ) от 2022 г: фракция выброса ЛЖ по Симпсону 49%, конечно-диастолический объем (КДО) 149 мл, конечно-систолический объем (КСО) 76 мл. Увеличены размеры левых полостей сердца (левое предсердие - 42x51 мм) и незначительно правого предсердия - 38x50 мм. Умеренная гипертрофия непораженного миокарда ЛЖ. Нарушения диастолической функции ЛЖ нет. Гипокинезия базального и среднего нижних сегментов ЛЖ. Умеренная митральная недостаточность и легкая трикуспидальная регургитация. Сбросов крови нет. Сократительная функция ЛЖ незначительно снижена.

Магнитно-резонансная томография сердца 2021 г. Фракция выброса ЛЖ 43%; ударный объем 87,8 мл; сердечный выброс 5,2 л/мин; КДО 202 мл; КСО 114 мл; Плотность сердечной мышцы 1,05 г/мл; конечно-диастолический размер 114 мм. Полость ЛЖ расширена. Отмечается отставание сократимости миокарда ЛЖ во всех нижних сегментах. Отмечается истончение миокарда ЛЖ во всех нижних сегментах, толщина миокарда не превышает 3 мм, сигнал от него выраженно снижен. В базальном нижнем, среднем нижнем, среднем нижнебазальном, верхушечном, нижнем сегментах ЛЖ определяются участки отсроченного контрастирования по всей толщине стенки. Левое предсердие 44,5x74 мм, объем увеличен (96,5 мл). Рубцовые изменения в области нижнего базального, среднего нижнего, среднего нижнебазального, верхушечного нижнего сегментов постинфарктного характера. Снижение сократительной функции ЛЖ. Митральная недостаточность 1 степени. Коронарография 2021 г: правый тип коронарного кровоснабжения. В ПКА - ранее имплан-

тированный стент без признаков значимого рестеноза или тромбоза.

Тестирование Biotronik Iforia 7 VR-T. Режим стимуляции VVI 40. Vs - 99%. Порог стимуляции желудочкового электрода: 0,6 В, импеданс стимуляционного канала - 567 Ом, амплитуда сигнала 14 мВ. Импеданс шокового канала 80 Ом. Амплитуда стимуляции 2,5 В, при длительности импульса 0,4 мс. Амплитуда предсердного сигнала 2,7 мВ. Параметры детекции желудочковых событий: зона VT 1 - 520 мс, VT 2 - 500 мс, VF - 300 мс. VT 1 - 1 ATP - 7 Ramp, VT 2 - 10 Ramp, первый и второй шок - 4 и 8 Дж, соответственно. VF - шоки 40 Дж. Включен алгоритм детекции ЖТ- SMART. С 2021 года 20 эпизодов ЖТ в зоне 1, 160 - в зоне 2, все купированы алгоритмами ATP. Заряд батареи 100%, вольтаж батареи ИКД 3,21 В.

Для планирования стереотаксического воздействия в условиях рентгеноперационной выполнено эндокардиальное высокоплотное картирование ЛЖ. Доступ к ЛЖ обеспечен через пункцию межпредсердной перегородки. Через управляемый интродьюсер проведен диагностический многополюсный электрод HD Grid для высокоплотного картирования. К пациенту подключена система навигационного картирования Ensite и выполнена объемная реконструкция ЛЖ с построением вольтажной и активационной карты. По данным вольтажного высокоплотного картирования верифицирована обширная рубцовая зона в межжелудочковой перегородке. В перирубцовой зоне отмечаются области низкоамплитудной активности в перегородочной и апикальных областях ЛЖ, области поздних потенциалов в нижне-базальных и нижне-септальных отделах ЛЖ (рис. 2). При механической индукции ЖТ с длиной цикла 480-460 мс на карте распространения возбуждения определен круг re-entry тахикардии формирующийся в перирубцовой зоне. Все полученные диагностические данные сопоставлены и построена предварительная карта планирования области мишени для проведения стереотаксического облучения (рис. 3).

Второй этап - стереотаксическое облучение

Первым этапом изготавливались фиксирующие приспособления для обеспечения неподвижности и

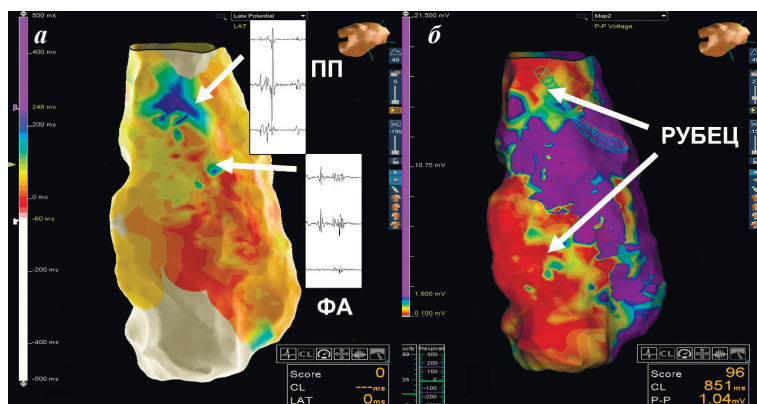


Рис. 2. Высокоплотное картирование левого желудочка: а - карта поздних потенциалов (ПП, указаны стрелками, ФА - фрагментированная активность), б - вольтажная карта в диапазоне амплитуды сигнала от 0,1 до 1,5 мВ (стрелкой показана красная область с минимальным сигналом менее 0,1 мВ - область рубца).

воспроизводимости положения пациента во время топометрической компьютерной томографии (КТ) и последующего высокоточного облучения. Пациент находился в положении лежа на спине с руками за головой. Для его иммобилизации использовался вакуумный матрас, затвердевающий при откачивании воздуха и сохраняющий форму тела пациента. Кроме того, для уменьшения экскурсии легких применялась компрессия брюшной полости (рис. 4).

Далее выполнялась мультиспиральная 4D-КТ зоны интереса с шагом 1,25 мм. Для оценки степени смещения камер сердца за один дыхательный и сердечный циклы и для проведения разметки области интереса выполнялась «нативная» серия КТ с учетом дыхания пациента. Для оценки анатомии камер сердца и смежных органов выполнялась КТ с контрастным усилением.

Следующим этапом являлось оконтуривание на КТ-изображениях зоны воздействия (мишени) и прилегающих критических структур на каждой из выделенных 10 фракций дыхательного цикла. Оконтуривание осуществлялось в системе дозиметрического планирования Eclipse (Varian) в которой есть возможность совмещения нескольких серий исследований различных модальностей, а также просмотра изображений и оконтуривания необходимых структур в различных плоскостях (аксиальной, фронтальной и сагиттальной). Мишень располагалась в области межжелудочковой перегородки и нижне-апикального сегмента ЛЖ в соответствии с 17 сегментарной схемой ЛЖ. Облучение было решено проводить с отслеживанием дыхательного цикла, поэтому при оконтуривании мишени учитывалось ее расположение только в 4-х фазах, соответствующих выдоху. Каждый из 4-х полученных контуров назывался GTV 1-4 (Gross Target Volume - объем мишени, видимый по изображениям). Далее формировался суммарный объем, внутри которого находится мишень в фазе выдоха GTVsum. Конечный объем мишени ITV (Internal Target Volume) формиро-

вался с учетом 4 мм отступа на возможную неточность облучения. Таким образом, мишень включала все возможные положения области «мишени» сердца в пространстве с учетом ее движения, связанного с дыхательным и сердечным циклами, а также дополнительную зону для компенсации механических погрешностей подведения дозы и позиционирования пациента. Кроме мишени, были оконтурены прилегающие критические структуры и нормальные ткани (пищевод, желудок, легкие, дистальная часть шокового электрода ИКД).

Затем выполнялось дозиметрическое планирование облучения, заключающееся в выборе оптимальных направлений подведения дозы, расположения коллимирующих устройств и последующем решении обратной задачи для оптимизации дозового распределения с учетом необходимой дозы в мишени и нормальных тканях пациента (рис. 3). План состоял из двух полных компланарных арок (источник излучения совершал два оборота 360° вокруг пациента в плоскости, перпендикулярной оси его тела). Основные дозиметрические характеристики плана представлены в табл. 1. В скобках приведены соответствующие максимальные допустимые значения доз.

Радиохирургическое облучение было проведено на линейном ускорителе электронов TrueBeam (Varian) с энергией пучка 6 МэВ. Позиционирование пациента выполнялось с помощью КТ в коническом пучке с учетом дыхательных движений пациента. На 95% ITV (46,8 см³) и GTV (17,0 см³) подведена доза 25 и 31,2 Гр, соответственно. Лечение проводилось без седации, с использованием системы ограничения экскурсии передней брюшной стенки (компрессия и фиксация специальным поясом) и контроля дыхания (использование электронного датчика амплитуды экскурсии грудной клетки программно включенного в систему управления линейного ускорителя, что позволяет выполнять воздействие на любой фазе дыхания (вдох/выдох/задержка дыхания) и электрокардиографическим контролем по монитору (рис. 4).

Третий этап - наблюдение за пациентом

Все этапы лечебно-диагностических мероприятий пациент перенес удовлетворительно, нежелательных событий в госпитальный период не отмечалось. По данным суточного мониторинга ЭКГ в послеоперационном периоде отмечается снижение количества желудочковой экстрасистолы с 14559 до 5570 в сутки, при этом не отмечалось ЖТ за весь период госпитализации. По данным ЭхоКГ: жидкости в полости перикарда нет, фракция выброса ЛЖ по Симпсону 49%, КДО 149 мл, КСО 76 мл.

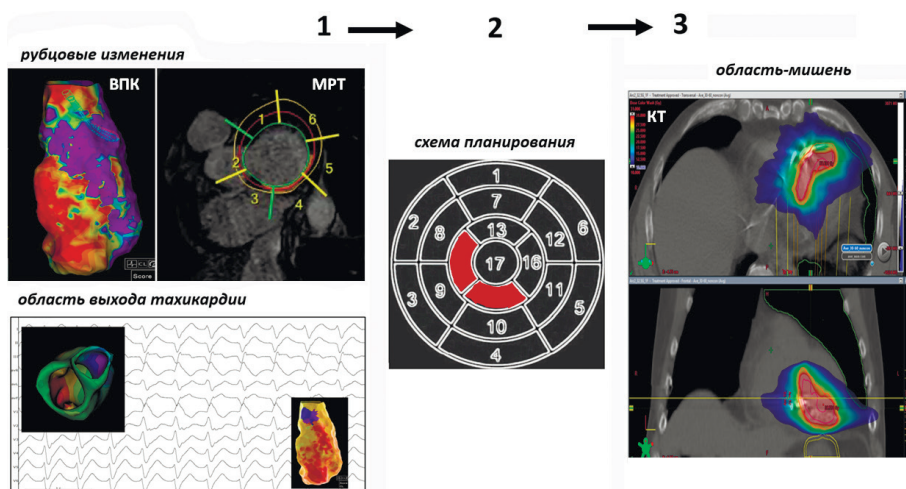


Рис. 3. Алгоритм планирования области-мишени: 1 - сбор информации о рубцовых изменениях и зоне выхода тахикардии, 2 - схематичное определение области-мишени, 3 - проецирование области-мишени в левом желудочке сердца на компьютерную томографию сердца пациента (нативная серия) в системе планирования облучения Eclipse.

Пациент был выписан в удовлетворительном состоянии на 7 сутки после лечения, на антиаритмической (соталол,) антикоагулянтной (ривароксабан), гастропротективной и гипотензивной терапии, определен порядок наблюдения и контроля эффективности процедуры с временными интервалами, а также оценка возможных отдаленных осложнений с помощью инструментальных методов исследований (трансторакальная ЭхоКГ, КТ органов грудной клетки, гастроскопия). При тестировании ИКД в госпитальном периоде не отмечается изменений параметров стимуляции ИКД от исходных, ЖТ не зарегистрированы. После выписки из стационара продолжено наблюдение за пациентом с помощью удаленного мониторинга ИКД. В течение 43 суток ежедневного наблюдения интенсивность возникновения пароксизмов ЖТ оставалась на прежнем дооперационном уровне (5-7 пароксизмов медленной ЖТ (длиной цикла 500-520 мс) в неделю, все купировались алгоритмом АТР), в дальнейшем отмечалось постепенное снижение количества пароксизмов до 2-3 в неделю, а с 62-х по 90 сутки наблюдения - отмечается полное отсутствие пароксизмов ЖТ, не отмечалось изменений в параметрах ИКД, наблюдение за пациентом продолжено. По данным ЭхоКГ в период 30-90 суток изменений от исходных не отмечено, жидкости в полости перикарда нет. Субъективно пациент отмечает улучшение самочувствия к концу раннего (90 суток) периода наблюдения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из наиболее актуальных вопросов в аритмологии является эффективное лечение жизнеугрожающих желудочковых аритмий с высоким риском ВСС, включая пациентов со сниженной насосной и сократительной функцией левого желудочка сердца, в том числе и после перенесенного инфаркта миокарда. Связанный с постинфарктным рубцом механизм «re-entry», является наиболее часто встречаемым и лежащим в основе устойчивой мономорфной ЖТ при ишемической болезни сердца [9].

Катетерные технологии для устранения ЖТ постоянно совершенствуются, что с накоплением опыта и увеличением количества успешно пролеченных пациентов с жизнеугрожающими ЖТ, привело к улучшению клинических результатов и безопасности лечения [10]. Однако часть пациентов остается рефрактерными или имеют противопоказания к различным методам лечения, что привело к поискам новых альтернативных технологий, таких как неинвазивная радиоабляция.

В последние десятилетия стереотаксическое облучение патологических очагов различной природы с помощью линейных ускорителей заряженных частиц становится все более распространенным методом лучевой терапии в онкологии (преимущественно в приложении к новообразованиям центральной нервной системы). В стереотаксической лучевой терапии и радиохирургии используются современные технологии, которые позволяют подводить излучение к «мишени» с большого количества направлений и с высокой степенью прецизионности. Это обеспечивает конформное (совпадающее по размерам с объемом патологического очага) облучение, максимально снижая воздействие на окружающие «здоровые» ткани и минимизируя острые и отсроченные лучевые осложнения [11]. А в последние годы, неинвазивное стереотаксическое лечение с помощью линейных ускорителей заряженных частиц стало многообещающим подходом лечения у пациентов с рефрактерными тахиаритмиями.

Опираясь на опыт, полученный в экспериментальных исследованиях, во многих клиниках разрабатываются протоколы стереотаксической радиоабляции тахиаритмий, применимые в клинической практике. Наиболее разработанной областью для данной методики является лечение желудочковых нарушений ритма [12].

В нашей экспериментальной работе было выполнено исследование на четырех крупных млекопитающих, продемонстрированы высокие показатели эффективности и безопасности методики для создания стойкого повреждения миокарда у экспериментальных животных. Объемы лучевого поражения тканей сердца, анализируемые при аутопсии, положительно коррелировали с распределением дозы вокруг целевого объема повреждения, т.е. воздействия, были в высокой степени конформны (совпадали по объему) и прецизионны [13], что позволило



Рис. 4. Стереотаксическая абляция: положение пациента на столе линейного ускорителя True Beam Varian перед воздействием (представлены вакуумный фиксирующий матрас, изготовленный индивидуально для пациента, со специальным поясом, ограничивающим дыхательные движения, датчик контроля дыхательных движений на груди пациента, укладка пациента для проведения процедуры).

выполнить первое применение технологии в клинической практике.

Актуальность клинического случая обусловлена тем, что он является первым в нашей стране опытом использования линейного ускорителя заряженных частиц при проведении стереотаксической радиоабляции для лечения рефрактерных к другой терапии желудочковых аритмий.

В настоящее время проводится набор пациентов в более чем 10 клинических исследованиях с общим числом участников около 250. Первые окончившиеся клинические исследования у пациентов с рефрактерной к лечению ЖТ, позволяют судить о достаточной эффективности и безопасности данной технологии, относя ее к наиболее перспективным разработкам последних лет для применения у пациентов с рефрактерной к терапии и катетерным процедурам ЖТ, частыми шоковыми срабатываниями ИКД, низкой фракцией выброса ЛЖ, высокой коморбидностью пациентов, отсутствием хирургического доступа, хотя в ряде публикаций не отмечается эффекта от радиоабляции в отдаленный период [10, 12].

Так, в исследовании ENCORE VT Robinson et al., представляющее результаты эффективности и безопасности стереотаксической радиоабляции в наиболее отдаленные сроки, было заявлено о снижении количества желудочковых экстрасистол и ЖТ, которое удалось достичь у 17 пациентов из 18 (1 летальный исход был не связан с процедурой). Эффективность примененного метода относительно ЖТ составила 94% (до процедуры среднее количество эпизодов ЖТ составляло 119, через 6 месяцев после процедуры снизилось до 3 эпизодов) [12]. Среднее количество срабатываний ИКД так же уменьшилось (до абляции 4, после абляции отсутствовали). У пациентов с аритмогенной кардиомиопатией вследствие желудочковой экстрасистол, суточное количество экстрасистол снизилось с 24% до 2%. Прирост фракции выброса ЛЖ составил 13%. У 11 пациентов из группы ЖТ (69%) отмечался возврат ЖТ в течение 6 месяцев. Общая выживаемость пациентов составила 89% через 6 месяцев, 72% через 12 месяцев [10, 12].

Однако описаны и определенные осложнения, связанные с облучением. В качестве осложнений процедуры наблюдались значимые события в виде перикардита (1 пациент), радиационной пневмонии (2 пациента), наличие гемодинамически незначимого

перикардального выпота (5 пациентов). Во всех случаях проведенная терапия дала положительный результат [12]. При анализе публикаций, описывающих осложнения данной методики, случаи функционального повреждения электродов и самих имплантируемых устройств во время воздействия и в отдаленные сроки не зарегистрированы, однако, по нашему мнению, «охлаждение» (снижение дозы воздействия при планировании процедуры) дистального конца электрода ИКД целесообразно, ввиду развития возможного лучевого повреждения места контакта с миокардом, что может приводить к изменению параметров стимуляции и детекции ИКД.

Данное исследование ассоциировано со значимым снижением количества эпизодов ЖТ, редукцией антиаритмической терапии, незначительными случаями осложнений, связанных с процедурой, а также с улучшением качества жизни пациентов. В нашем клиническом наблюдении мы отметили схожие клинические результаты: в госпитальном и раннем периоде наблюдения, отмечалось снижение количества желудочковых экстрасистол более чем в 4 раза, отсутствие пароксизмов ЖТ по прошествии 62 суток после процедуры, хорошая переносимость самой процедуры радиоабляции, прошедшая без осложнений.

Применение данной технологии в рутинной клинической практике и её распространение в аритмологии имеет ряд ограничений, к которым можно отнести: отсутствие результатов рандомизированных и крупных исследований (не более 30 пациентов), сложность предоперационной подготовки пациента, определение показаний и протокола ведения и наблюдения за пациентом, а также и высокая стоимость методики и оборудования [10, 12, 13]. Для успешного и безопасного проведения радиохирургической абляции необходимо создание междисциплинарной команды, включающей интервенционного аритмолога, кардиолога, кардиохирурга, радиотерапевта, анестезиолога и медицинского физика. Однако метод, на наш взгляд, имеет большие перспективы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный клинический случай продемонстрировал эффективность и безопасность применения стереотаксической радиоабляции для лечения желудочковых тахикардий в ранние сроки наблюдения. Комплексное ведение пациентов с ЖТ основано на

целостном подходе, при котором стереотаксическую радиоабляцию следует рассматривать, как одну из методик лечения пациентов с устойчивыми ЖТ, рефрактерными к медикаментозной терапии и инвазивным катетерным процедурам. Окончательный клинический результат определяется правильным отбором пациентов и эффективной оптимизацией планирования и проведения процедуры радиоабляции.

Таблица 1.

Основные дозиметрические характеристики плана

Структура	V, см ³	D _{95%} /D _{5%} /D _{5cm³} , Гр	D _{mean} , Гр	D _{max} , Гр
GTVsum	17,0	31,3	34,2	40,1
ITV	46,8	25,0	31,5	40,1
Желудок	91,8	8,0 (<17,4)	2,4	20,2 (<22)
Желудок + 2 мм	115,1	10,9 (<17,4)	3,0	24,8 (>22)
Шоковый электрод*	1,3	20,3	18,4	21,8

Примечание: * - дистальная часть шокового электрода кардиовертера-дефибриллятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tang PT, Shenasa M, Noel GB, et al. Ventricular arrhythmias and sudden cardiac death. *Cardiac Electrophysiology Clinic*. 2017;9(4): 693-708. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2017.08.004>.
2. Srinivasan NT, Schilling RJ. Sudden cardiac death and arrhythmias. *Arrhythmia Electrophysiology Review*. 2018;7(2): 111 <https://doi.org/10.15420/aer.2018.15.2>.
3. Shivkumar K. Catheter ablation of ventricular arrhythmias. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(6): 1555-64. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1615244>.
4. Vaseghi M, Barwad P, Malavassi Corrales FJ, et al. Cardiac sympathetic denervation for refractory ventricular arrhythmias. *Journal American College of Cardiology*. 2017;69(25): 3070-80. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.04.035>.
5. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, et al. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: Executive summary: A report of the american college of cardiology/american heart association task force on clinical practice guidelines and the heart rhythm society. *Heart Rhythm*. 2018;15(10): e190-e252. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.10.035>.
6. Dukkupati SR, Koruth JS, Choudry S, et al. Catheter ablation of ventricular tachycardia in structural heart disease: Indications, strategies, and outcomes-Part II. *Journal American College of Cardiology*. 2017;70(23): 2924-2941. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.10.030>.
7. Santangeli P, Frankel DS, Tung R, et al. Early mortality after catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with structural heart disease. *Journal American College of Cardiology*. 2017; 69(17): 2105-2115. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.02.044>.
8. Таймасова ИА, Васковский ВА, Ревивили АШ, и др. Возможности и перспективы применения стереотаксической радиохирургии для проведения неинвазивных вмешательств в аритмологии. *Вестник аритмологии*. 2020;27(4): 33-41. [Taimasova IA, Vaskovskiy VA, Revishvili AS, et al. Possibilities and prospects of using stereotactic radiosurgery for non-invasive interventions in arrhythmology. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(4): 33-41 (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2020-4-33-41>.
9. Ревивили АШ, Шляхто ЕВ, Попов СВ, и др. Клинические рекомендации по проведению электрофизиологических исследований, катетерной абляции и применению имплантированных антиаритмических устройств. Всероссийское научное общество специалистов по клинической электрофизиологии, аритмологии и кардиостимуляции (ВНОА). Новая редакция 2017. Москва. 2017, С.596. [Revishvili AS, Shliakhto EV, Popov SV, et al. Clinical guidelines for electrophysiological studies, catheter ablation and the use of implanted antiarrhythmic devices. All-Russian Scientific Society of Specialists in Clinical Electrophysiology, Arrhythmology and Cardiac Stimulation (VNOA). New edition 2017. Moscow. 2017, P. 596 (In Russ.)].
10. Palaniswamy C, Kolte A, Harikrishnan P, et al. Catheter ablation of postinfarction ventricular tachycardia: Ten-year trends in utilization, in-hospital complications, and in-hospital mortality in the United States. *Heart Rhythm*. 2014;11(11): 2056-2063. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.07.012>.
11. Голанов АВ. Стереотаксическое облучение патологии ЦНС на аппарате КиберНож. Монография - ИП Т.А. Алексеева Москва 2017, С. 32. [Golanov AV. Stereotactic irradiation of CNS pathology using the CyberKnife. Monograph. Moscow 2017, С. 32 (In Russ.)].
12. Robinson CG, Samson PP, Moore KM, et al. Phase I/II Trial of Electrophysiology-Guided Noninvasive Cardiac Radioablation for Ventricular Tachycardia. *Circulation*. 2019;139(3): 313-321. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.038261.
13. Васковский ВА, Таймасова ИА, Ревивили АШ, и др. Применение стереотаксической радиохирургии в эксперименте на крупных животных для проведения неинвазивных вмешательств в аритмологии. *Вестник аритмологии*. 2021;28(1): 5-13. [Vaskovskiy VA, Taimasova IA, Kalinin DV, et al. Experimental use of stereotactic radiosurgery for non-invasive interventions in arrhythmology. *Journal of Arrhythmology*. 2021;28(1): 5-13. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35336/VA-2021-1-5-13>.