

## Возможности лучевой диагностики при выявлении поражения сердца у пациентов на фоне системной противоопухолевой терапии

Е.И. Зяблова<sup>1,2\*</sup>, М.В. Виценья<sup>3</sup>, О.В. Стукалова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского» Минздрава Краснодарского края, Краснодар, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Краснодар, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава РФ, Москва, Россия

\* Е.И. Зяблова, Научно-исследовательский институт Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, [elenazyablova@inbox.ru](mailto:elenazyablova@inbox.ru)

### Резюме

Основой современной онкологии является системная противоопухолевая терапия, которая открывает перспективы и даёт надежду на излечение миллионам пациентов. Современные противоопухолевые препараты обладают широким спектром побочных эффектов, начиная от лёгких проявлений и заканчивая угрожающими жизни состояниями. Тем не менее ухудшение самочувствия больного далеко не всегда объясняется исключительно токсичностью лекарств; причинами могут служить прогрессирование основной опухоли, присоединение вторичной инфекции либо обострение сопутствующей патологии.

Особенную значимость приобретает магнитно-резонансная томография с использованием контрастных веществ, позволяет эффективно диагностировать кардиотоксичность. Своевременно выявленные осложнения и своевременно начатая терапия способны значительно улучшить самочувствие онкологических пациентов и увеличить вероятность успешного исхода лечения.

**Ключевые слова:** кардиотоксичность, противоопухолевая терапия, МРТ сердца

## Radiologic Diagnosis of Cardiac Injury in Patients Undergoing Systemic Anticancer Therapy

Elena I. Zyablova<sup>1,2\*</sup>, Marina V. Vitsenia<sup>3</sup>, Olga V. Stukalova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, Krasnodar Krai, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>3</sup> National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

\* Elena I. Zyablova, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, 167 1 Maya St., Krasnodar, 350086, Russian Federation, [annagerasuta@mail.ru](mailto:annagerasuta@mail.ru)

### Abstract

Systemic anticancer therapy is a cornerstone of modern oncology, offering hope to millions of patients worldwide. Modern anticancer agents are associated with a broad spectrum of adverse effects, ranging from mild symptoms to life-threatening complications. Deterioration in a patient's clinical condition is not always attributable exclusively to drug toxicity; it may also result from progression of the primary tumor, the development of secondary infections, or exacerbation of comorbid diseases. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging plays a particularly important role in the accurate diagnosis of cardiotoxicity. Early recognition of complications and timely initiation of appropriate therapy can substantially improve the quality of life and increase the probability of favorable outcomes in cancer patients.

**Keywords:** cardiotoxicity, antineoplastic therapy, cardiac MRI

### Введение

Рак и его лечение могут вызывать разнообразные нарушения в функционировании сердечно-сосудистой системы, своевременное выявление которых требует применения современных лучевых диагностических методик, таких как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и позитронно-эмиссионная томография в сочетании с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ).

Механизмы развития этих нарушений довольно сложны и пока недостаточно изучены. Тем не менее предполагается, что они включают как непосред-

ственное кардиотоксическое действие препаратов, так и активизацию ранее существующих сердечно-сосудистых патологий, а также развитие аутоиммунных воспалительных процессов, возникающих вследствие лечения [1–3].

Ранняя диагностика сердечных побочных эффектов у онкологических больных чрезвычайно важна, поскольку позволяет предотвратить серьёзные осложнения, способные представлять угрозу для жизни пациента. Большинство больных, получающих потенциально кардиотоксичную терапию, регулярно обследуются с применением трансторакальной

эхокардиографии (ТТЭ) и радионуклидной скintiграфии миокарда. Вместе с тем МРТ с контрастированием также играет важную роль благодаря своей способности точно оценивать объёмы и фракцию выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) независимо от формы сердца и квалификации врача, обеспечивает высокое качество визуализации тканей и обладает высокой информативностью в диагностике состояния правого желудочка (ПЖ). Использование контрастных агентов на основе гадолиния значительно повышает точность выявления изменений в структуре миокарда, оценку патологии перикарда и паракардиального пространства [4].

Кардиотоксичность, возникающая как побочный эффект лечения, может проявляться в клинической практике через широкий спектр симптомов. Эти симптомы варьируются от неспецифических (усталость и миалгия), до более серьёзных проявлений, включая боли в груди, одышку, а в некоторых случаях даже обмороки и внезапную сердечную смерть [5–8]. В международном многоцентровом реестре было установлено, что почти половина пациентов с миокардитом, связанным с применением ингибиторов контрольных точек иммунного ответа, сталкивается с серьёзными неблагоприятными сердечно-сосудистыми событиями. К таким событиям относятся предсердные и желудочковые аритмии, полная блокада сердца, сердечная недостаточность, кардиогенный шок и даже летальный исход [5, 6].

Начало кардиотоксичности может зависеть от множества факторов, включая класс противоопухолевых

препаратов, их дозировку, способ введения и продолжительность терапии. Кроме того, индивидуальные факторы риска также играют значительную роль в развитии кардиотоксичности. Побочные эффекты, связанные с кардиотоксичностью, могут быть как обратимыми, когда сердечная функция восстанавливается после прекращения терапии, так и необратимыми, когда происходит повреждение и потеря кардиомиоцитов. Субклиническая токсическая дисфункция миокарда, которая может развиваться в будущем, может привести к сердечной недостаточности. Некоторые виды злокачественных новообразований могут предрасполагать пациентов к сердечным осложнениям, что подчеркивает необходимость ранней неинвазивной диагностики для своевременного и адекватного лечения [1].

В последние десятилетия было задокументировано множество кардиотоксических эффектов, связанных с различными классами химиотерапевтических препаратов, а также с таргетной и иммунотерапией. Научные исследования подтвердили, что риск кардиотоксичности значительно возрастает при использовании комбинаций различных препаратов в процессе лечения [9].

МРТ располагает широким спектром инструментов (импульсных последовательностей для выявления различных проявлений кардиотоксичности) (табл. 1).

На рисунке 1 схематично отражены различные механизмы повреждения сердца во время или после терапевтического лечения онкологических пациентов, которые можно выявлять с помощью МРТ.

**Таблица 1. Методики, применяемые при МРТ сердца**  
**Table 1. Methods used in cardiac MRI**

Поставленная задача	Методика
Оценка анатомии камер сердца, магистральных сосудов, клапанов	МРТ «с черной кровью» (турбо спин-эхо-TSE) МРТ «со светлой кровью» (True-FISP, FLASH)
Оценка локальной сократимости и глобальной функции ЛЖ, оценка потоков	Кино-МРТ «со светлой кровью» (True-FISP, FLASH)
Исследование зон повреждения миокарда (миокардит, инфаркт миокарда, постинфарктные рубцы), визуализация участков фиброза, тромбов	Инверсия-восстановление (IR), фазочувствительное восстановление с инверсией (PSIR) после введения контрастного препарата, отсроченное контрастирование, T1-картирование
Оценка отёка миокарда при миокардите	Турбо спин-эхо (T2-взвешенные изображения)
Исследование перфузии миокарда	Turbo-FLASH, EPI
Количественная оценка соотношения системного и легочного кровотока	Фазово-контрастная МРА
Оценка накопления железа в миокарде	T2* мульти-эхо
Оценка накопления амилоида	Отсроченное контрастирование T1-картирование, T1-картирование с контрастом, T2-картирование, отсроченное контрастирование
Оценка перикарда	Инверсия-восстановление (IR), фазочувствительное восстановление с инверсией (PSIR) после введения контрастного препарата, отсроченное контрастирование, T1-картирование, T2-взвешенные изображения

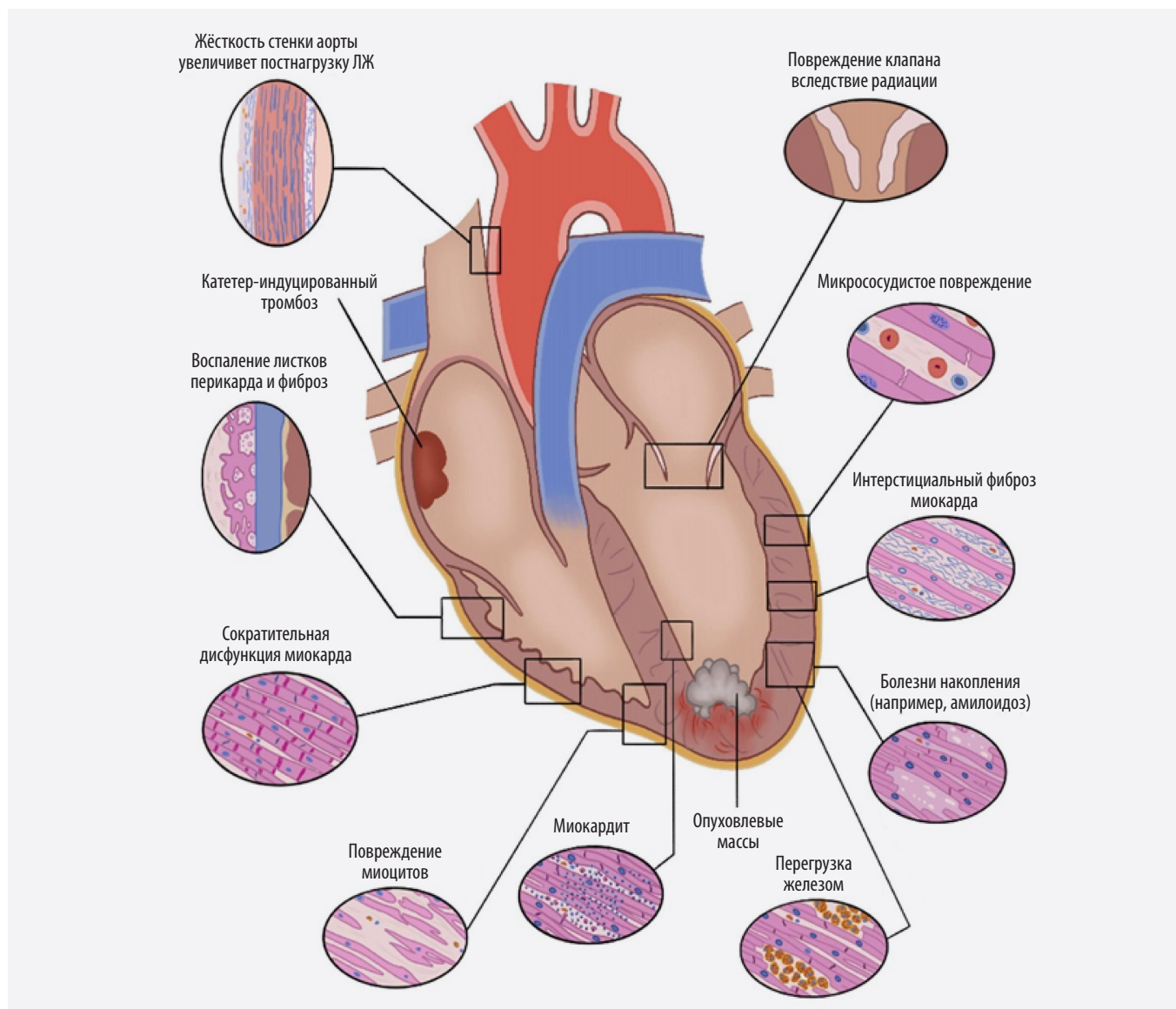


Рисунок 1. Различные механизмы повреждения сердца во время или после терапевтического лечения онкологических пациентов

Figure 1. Various mechanisms of heart injury during or after therapeutic treatment of cancer patients

### Дисфункция левого желудочка

Кардиотоксичность – это термин, который в последние годы стал все более актуальным в области кардиоонкологии, однако его определение до сих пор не является общепринятым в клинической практике. В целом, кардиотоксичность характеризуется снижением сердечной функции у пациентов, получающих лечение от рака. Одним из ключевых показателей, позволяющих оценить состояние сердца, является ФВ ЛЖ.

Неинвазивные методы для измерения ФВ ЛЖ включают 2-хмерную и 3-хмерную эхокардиографию (ЭхоКГ), компьютерную томографию сердца и МРТ [10–15]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, но МРТ выделяется благодаря высокому пространственному и временно-му разрешению, а также точности количественного

определения ФВ ЛЖ. Это особенно важно, поскольку субклиническое снижение ФВ ЛЖ может проявляться уже через месяц после начала кардиотоксической терапии [16, 17]. Данные о диастолической дисфункции левого желудочка, вызванной терапией рака, пока ограничены. В клинической практике для ее определения чаще всего используется ЭхоКГ. На показатели деформации миокарда могут влиять такие факторы, как преднагрузка и постнагрузка левого желудочка. Например, у пациентов, проходящих лечение от рака, может наблюдаться снижение аппетита, тошнота, рвота или диарея, что приводит к снижению преднагрузки и, как следствие, к уменьшению ФВ ЛЖ и растяжимости миокарда.

При выявлении на МРТ снижения ФВЛЖ важно уточнить, связано ли увеличение объёма левого желудочка с аномалией миокарда или с факторами,

не связанными с ним. Например, состояния, повышающие постнагрузку ЛЖ, могут возникать из-за уплотнения аорты или повышенного сосудистого сопротивления, что может быть вызвано приёмом антрациклиновых препаратов, ингибиторов тирозинкиназы или антагонистов рецепторов эндотелия [18, 19]. На МРТ фракцию выброса определяют с помощью программного обеспечения на основе кино-МРТ «со светлой кровью» (True-FISP, FLASH), выполненных по короткой оси [30].

### **Миокардит**

Миокардит представляет собой одно из наиболее распространённых нежелательных явлений, возникающих в ходе иммунотерапии. Это состояние часто связано с серьёзными клиническими проявлениями и, как правило, развивается в течение первых нескольких недель после начала лечения [3, 20].

Исследования, проведенные под руководством С. Szuchan и соавт. (2020), показывают, что средний срок, в течение которого может развиваться миокардит, составляет примерно от 2-х до 3-х месяцев [21]. Кардиотоксичность, связанная с иммунотерапией, может проявляться в любой момент на протяжении всего курса лечения, более того, в некоторых случаях миокардит может возникнуть даже после завершения терапии, что объясняется длительным действием препаратов, используемых в иммунотерапии [22].

Согласно данным международного многоцентрового реестра, общая распространенность миокардита, связанного с иммунотерапией, составляет 1,14%, но этот показатель может увеличиваться до 2,4% в случае применения комбинации двух или более препаратов [5, 21]. Это подчёркивает важность мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов, которые получают такие комбинированные схемы лечения. Например, среди пациентов, проходящих терапию с использованием ниволумаба, было зафиксировано повышение уровней тропонина у 10% из них без явной причины. Это обстоятельство позволяет предположить, что истинная частота случаев субклинического или «тлеющего» миокардита может быть значительно выше, чем регистрируется в клинической практике [23]. Истинная распространенность миокардита, связанного с ингибиторами контрольных точек иммунного ответа, остается неопределенной и, вероятно, недооцененной. Это может быть связано с несколькими факторами: во-первых, многие пациенты могут не проявлять типичных клинических симптомов, что затрудняет диагностику; во-вторых, миокардит может сочетаться с другими сердечно-сосудистыми заболеваниями, что также усложняет его выявление [5].

Миокардит представляет собой воспалительное заболевание, которое поражает кардиомиоциты, это состояние может проявляться различными симптомами, среди которых выделяются отклонения в уровне

определённых биомаркеров, что можно обнаружить в сыворотке крови, а также такие клинические проявления, как усталость, боли в области груди, сердечная недостаточность и аритмия. В некоторых случаях миокардит может привести к внезапной смерти пациента [24]. Причинами развития этого заболевания могут быть вирусные или бактериальные инфекции, а также аутоиммунные заболевания [25].

Особое внимание следует уделить пациентам с онкологическими заболеваниями, у которых наблюдаются неспецифические или специфические сердечно-сосудистые симптомы. В этом контексте необходимо учитывать различные состояния, которые могут быть схожи с миокардитом: острый коронарный синдром, который может проявляться острыми болями в груди и другими симптомами, стрессовую кардиомиопатию, инфаркт миокарда II типа, а также вирусный миокардит и пневмонит. Кроме того, иммуноопосредованный миокардит также может быть в числе возможных диагнозов. Клинические проявления миокардита могут быть достаточно неспецифичными, что затрудняет его дифференциацию от других сердечно-сосудистых заболеваний, таких как токсическое поражение миокарда. Поэтому для более точной диагностики часто необходимы дополнительные исследования. Например, коронарная компьютерная томографическая ангиография или инвазивная коронарная ангиография могут сыграть решающую роль в исключении острого коронарного синдрома и других серьёзных состояний. Многие пациенты, получающие лечение от рака, могут находиться на комбинированной терапии и ранее принимать препараты, обладающие кардиотоксичными свойствами, такими как антрациклины. Негативные сердечно-сосудистые эффекты, связанные с этими препаратами, также необходимо учитывать при проведении дифференциальной диагностики. Особенно это актуально в случаях, когда у пациента, проходящего иммунотерапию, наблюдаются сердечные симптомы в сочетании с другими иммуноопосредованными побочными эффектами. В таких ситуациях вероятность наличия миокардита значительно возрастает. Статистически миокардит чаще регистрируется у пациентов с миастенией и миозитом, которые связаны с иммуноонкологическими препаратами (ICI), по сравнению с другими иммуноопосредованными побочными эффектами [5, 25, 26]. Предполагаемый механизм этой связи – наличие общих антигенов на сердечной и скелетной мускулатуре.

Миокардит и другие иммуноопосредованные заболевания, такие как миозит и миастения, представляют собой серьёзные медицинские состояния, которые могут приводить к тяжелым последствиям, включая летальный исход. Статистика показывает, что смертность в таких случаях может достигать 60% [27]. При этом неврологические симптомы, как правило,

проявляются раньше, чем сердечные, что может усложнять диагностику и лечение.

Для оценки состояния сердца и выявления различных заболеваний, включая миокардит, эхокардиография считается «золотым стандартом» благодаря своей доступности и эффективности [28, 29]. Однако для более детального анализа воспалительных процессов в миокарде, связанных с миокардитом, применяется магнитно-резонансная томография. МРТ предоставляет уникальные возможности для визуализации различных изменений в миокарде, таких как внутриклеточный и интерстициальный отёк, увеличение проницаемости капилляров, гиперемия, некроз клеток и реактивный фиброз. Эти изменения являются ключевыми индикаторами воспалительного процесса в сердечной мышце. Для диагностики миокардита были предложены критерии, известные как Lake Louise Criteria, согласно которым, для постановки диагноза миокардита необходимо оценивать несколько факторов. В частности, необходимо оценить миокардиальный отёк, а также гиперемию и патологическое накопление контрастного вещества. Диагноз миокардита может быть установлен, если выполняется хотя бы два из следующих условий: первое – это локальное или глобальное повышение интенсивности сигнала на T2 ВИ; второе – это увеличение отношения между интенсивностью сигнала миокарда и скелетной мускулатурой в раннюю фазу контрастирования; третье – наличие хотя бы одного участка, где наблюдается накопление контрастного препарата в отсроченной фазе, при этом этот участок не должен быть

связан с ишемией. Позднее эти критерии были обновлены и расширены добавлением в протокол МРТ-исследования T2-картирования и T1-картирования до и после контрастирования. Применение картирования значительно повышает чувствительность и специфичность МРТ для выявления миокардита. Дополнительными критериями миокардита являются также наличие дисфункции левого желудочка и/или перикардального выпота.

Типы накопления контрастного препарата, характерные для воспалительного поражения миокарда, отображены на рисунках 2, 3.

При наличии как минимум двух положительных критериев, определяемых при помощи МРТ, диагностическая точность достигает 78%. При этом чувствительность составляет 67%, а специфичность – 91%. Если же рассматривать только отсроченное контрастирование, то показатели диагностической точности снижаются до 68%, чувствительности – до 59%, а специфичности – до 86% [30]. Сочетание T1 и T2 ВИ с поздним контрастированием демонстрирует чувствительность 76% и специфичность 96% при подтверждённом патологоанатомическом диагнозе миокардита [30–32]. Воспалительные процессы в тканях сердца часто сопровождаются регионарной вазодилатацией, что, в свою очередь, приводит к повышенному поглощению контрастных веществ на ранних стадиях заболевания. Это означает, что контрастирование миокарда на ранних стадиях с использованием T1-взвешенных изображений

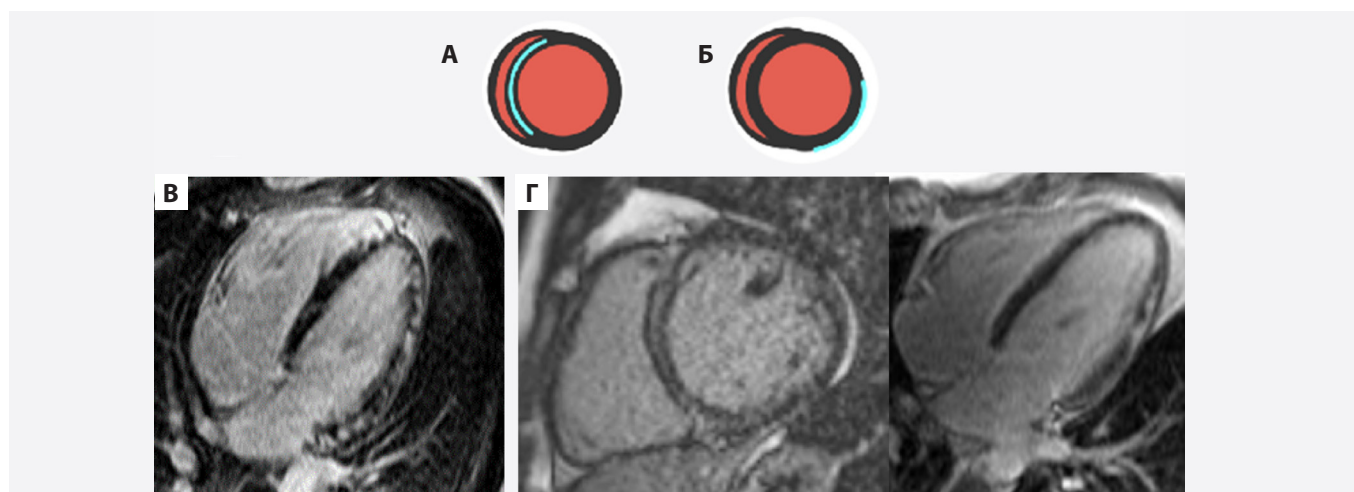


Рисунок 2. Виды контрастирования, характерные для миокардита:

А – интрамиокардиальный тип накопления контрастного препарата;

Б – субэпикардиальный тип накопления контрастного препарата;

В – интрамиокардиальный тип накопления при отсроченном контрастировании (стрелка);

Г – субэпикардиальный тип накопления контрастного препарата (стрелка)

Figure 2. Types of contrast enhancement characteristic of myocarditis:

А – intramyocardial type of contrast agent accumulation;

Б – subepicardial type of contrast agent accumulation;

В – intramyocardial type of accumulation with delayed contrast enhancement (arrow);

Г – subepicardial type of contrast agent accumulation (arrow)

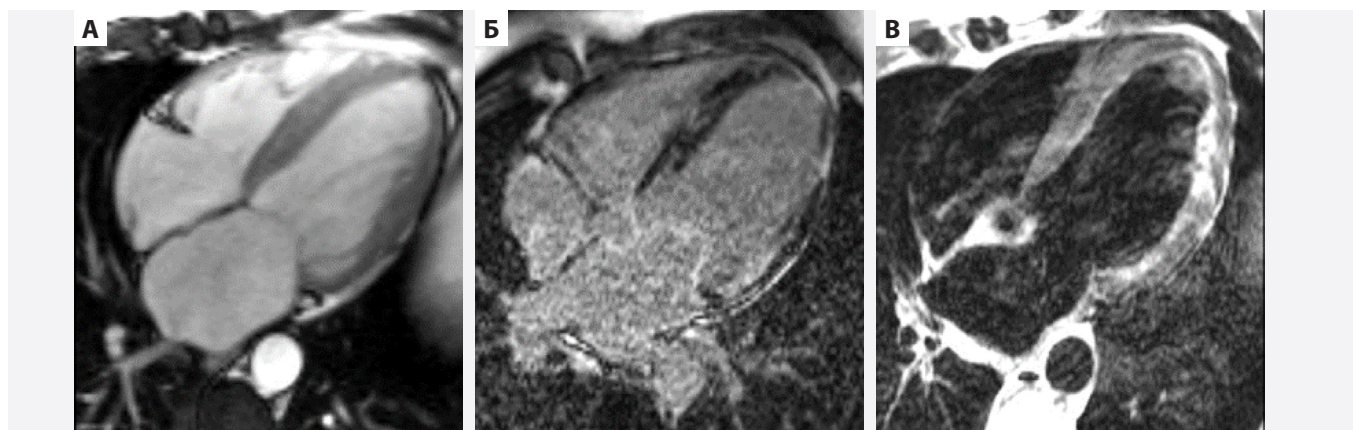


Рисунок 3. МРТ сердца. Случай острого миокардита у пациентки А., 22 лет. А – кино-МРТ, Б – отсроченное контрастирование, В – T2 взвешенные изображения. Видна зона отёка и накопления контрастного препарата субэпикардального характера  
 Figure 3. Cardiac MRI. Case of acute myocarditis in patient A., 22 years old. A – cine MRI, Б – delayed contrast enhancement, В – T2-WI images. An area of edema and subepicardial contrast enhancement is visible

может быть проявлением миокардита. Существует и альтернативный подход, который заключается в использовании T1-взвешенной последовательности градиентного эхо с сегментацией и инверсией. Эта методика позволяет улучшить контрастность интенсивности сигнала между пораженными и здоровыми участками миокарда, что может быть особенно полезно в диагностическом процессе. Данная стратегия визуализации может значительно повысить возможность различения между здоровыми и воспаленными участками миокарда, что, в свою очередь, может способствовать более точной и своевременной диагностике миокардита [4].

Поскольку повреждение клеток при воспалении приводит к повышенной проницаемости клеточных мембран, для выявления острого воспаления миокарда можно использовать визуализацию глобального и регионального отёка с помощью T2-взвешенных изображений [33]. В случаях миокардита при визуализации с помощью методики позднего контрастирования обнаруживается либо высокая интенсивность сигнала, либо кольцевидное контрастирование в стенке перегородки, либо субэпикардальное очаговое контрастирование в сво-

бодной боковой стенке левого желудочка. Кроме того, дисфункция ЛЖ или выпот в перикарде подтверждают подозрение на миокардит [33, 34]. Таким образом, различия в интенсивности сигнала и распределении контрастированных участков миокарда могут выявить миокардит у пациентов с онкологическими заболеваниями.

Аутоиммунный миокардит представляет собой состояние, которое имеет множество признаков, схожих с теми, что наблюдаются при миокардите, вызванном инфекциями. Это подтверждается исследованием, проведенным J. J. Moslehi [35], в котором подчеркнута важность различия между этими двумя формами миокардита. В отчёте, составленном исследователями под руководством М. Mahmood и соавт. (2018), представлен анализ данных из 8 медицинских центров относительно миокардита, который развился у пациентов, получающих терапию с использованием ингибиторов иммунной контрольной точки. В этом исследовании было установлено, что частота возникновения миокардита среди таких пациентов составила 1,14% [3]. При этом средний срок проявления симптоматики составил 34 дня после начала иммунотерапии. Это значение более, чем в 2 раза превышает результаты, полученные в предыдущих работах, касающихся миокардита, развивающегося после иммунотерапии [36]. Важным аспектом диагностики миокардита становится применение методики отсроченного контрастирования, существенно повышающей точность обнаружения заболевания. Несмотря на важность полученных данных, в настоящий момент не существует возможности точно прогнозировать исходы заболевания на основе полученных результатов [3].

В таблице 2 представлены основные паттерны, характерные для миокардита, что позволяет лучше понять его клинические проявления и подходы к лечению.

Таблица 2. Паттерны миокардита по данным МРТ  
 Table 2. Patterns of myocarditis based on MRI data

Показатель	Паттерн
Контрастирование миокарда	Кольцевидное накопление контраста МЖП либо субэпикардальное в боковой стенке ЛЖ
Размеры ЛЖ	Глобальное либо региональное увеличение ЛЖ
Функция ЛЖ	Дисфункция ЛЖ
Изменения в окружающих структурах	Гидроперикард

### Кардиомиопатия, вызванная стрессом

Дисфункция левого желудочка у пациентов, страдающих от онкологических заболеваний, может быть обусловлена несколькими факторами, среди которых выделяется синдром транзиторной дисфункции ЛЖ, известный как ТД ЛЖ, который часто возникает под воздействием стресса. Этот синдром может проявляться остро и, как правило, имеет обратимый характер, что делает его преходящей формой кардиомиопатии. Интересно, что ТД ЛЖ может имитировать клиническую картину инфаркта миокарда с подъёмом сегмента ST, что затрудняет диагностику и требует внимательно-го подхода к оценке состояния пациента [4].

Патофизиологические механизмы, лежащие в основе ТД ЛЖ у онкологических больных, остаются недостаточно изученными. В то время как у пациентов без онкологических заболеваний данный синдром чётко ассоциируется с эмоциональным стрессом, у онкологических больных связь между стрессовыми факторами и развитием ТД ЛЖ не так очевидна [37–39]. Исследования показывают, что у таких пациентов могут быть иные механизмы, способствующие развитию данного синдрома. Среди возможных провоцирующих факторов ТД ЛЖ у пациентов с онкологическими заболеваниями можно выделить снижение их восприимчивости к стрессовым раздражителям, а также повышение чувствительности адренорецепторов в сердечной мышце. Это может быть связано с изменениями в организме, которые происходят в результате болезни. Известно, что у многих онкологических пациентов наблюдается увеличение уровня циркулирующих медиаторов воспаления, таких как цитокины, свободные радикалы и катехоламины. Эти вещества способны активировать адренорецепторы, что в свою очередь может приводить к развитию ТД ЛЖ [37–40].

При проведении магнитно-резонансной томографии у пациентов с токсической дилатацией левого желудочка (ТД ЛЖ) наблюдаются региональные сегментарные нарушения сократительной способности левого желудочка, причем чаще всего затрагивается его верхушка (табл. 3).

**Таблица 3. Паттерны кардиомиопатии, вызванной стрессом (кардиомиопатия Такоубо) по данным МРТ**  
**Table 3. Patterns of stress-induced cardiomyopathy (Takotsubo cardiomyopathy) based on MRI data**

Показатель	Паттерн
Контрастирование миокарда	Отсутствие отсроченного контрастирования либо (редко) диффузное неинтенсивное накопление контрастного препарата
Функция ЛЖ	Сегментарный акинез, чаще всего верхушечный, на кино-МРТ

У больных, у которых происходит восстановление систолической функции левого желудочка, отсроченное контрастирование чаще всего отсутствует [41]. Кроме того, у пациентов с ТД ЛЖ отмечается повышенный уровень тропонинов в сыворотке крови, при этом на T2-взвешенных изображениях может быть как повышенный сигнал, так и его отсутствие, а также могут наблюдаться увеличенные значения при T2-картировании [42]. Пример клинической МРТ сердца у онкологического пациента с ТД ЛЖ представлен на рисунке 4.

### Рестриктивные кардиомиопатии

У пациентов с различными видами онкологических заболеваний может наблюдаться развитие рестриктивной кардиомиопатии. Это состояние связано с патологическими изменениями в сердечной мышце, которые возникают в результате инфильтрации миокарда амилоидом или железом. Первичный амилоидоз, также известный как амилоидоз лёгких цепей, представляет собой аномальное накопление белковых отложений, которые формируются вне клеток и могут оказывать негативное влияние на функции органов, в частности, сердца [43]. Когда речь идёт о первичном амилоидозе сердца, который часто ассоциируется с множественной миеломой, пациенты могут испытывать разнообразные симптомы. К числу наиболее распространённых проявлений относятся усталость, потеря веса и развитие рестриктивной кардиомиопатии. Эти симптомы могут существенно ухудшить качество жизни пациентов и требуют внимательного медицинского наблюдения и диагностики. Для визуализации изменений в структуре миокарда, вызванных инфильтрацией, активно используется МРТ. На МР-томограммах определяются следующие признаки: концентрическое утолщение стенки левого желудочка и увеличение объёма миокарда, вызванное отложением амилоида, патологическое накопление контрастного препарата в субэндокардиальных слоях миокарда (*типичный* паттерн), может встречаться диффузное или очаговое накопление. Кроме того, T1-картирование характеризуется высоким показателем времени T1-релаксации и увеличением фракции внеклеточного объёма, что позволяет отличать амилоидоз от других причин гипертрофии миокарда [44, 45]. Также кино-МРТ позволяет выявить диастолическую дисфункцию левого желудочка (рис. 5).

У трети пациентов с амилоидозом могут возникнуть различные сосудистые осложнения, такие как внутрисердечные тромбы или эмболии, которые могут затрагивать легочные, брыжеечные, подвздошные, плечевые и другие сосуды, даже если фракция выброса ЛЖ остаётся в пределах нормы [46, 47]. Для оценки этих сосудистых осложнений могут оказаться полезными методы отсроченного контрастирования, а также магнитно-резонансная ангиография или КТ-ангиография [48].

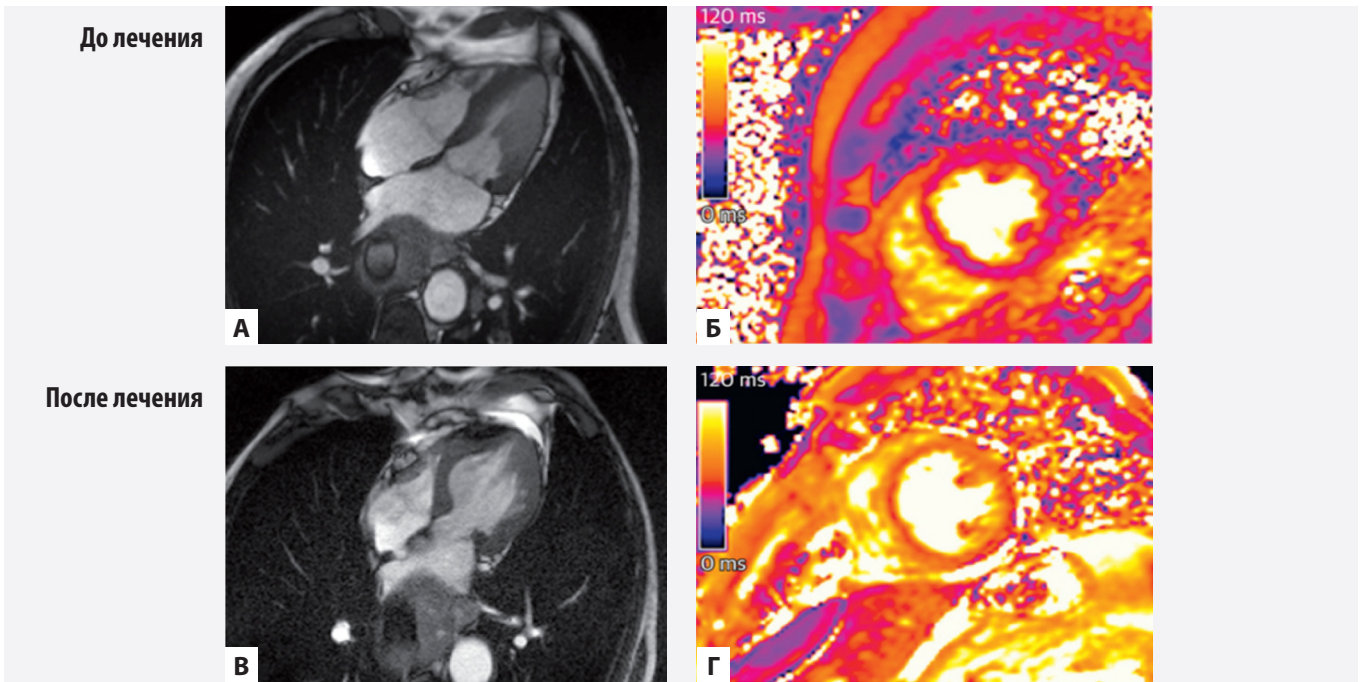


Рисунок 4. МРТ сердца. Случай транзиторной дисфункции ЛЖ при МРТ сердца у 77-летнего мужчины с меланомой пищевода. Госпитализирован с острой сердечной недостаточностью и синдромом транзиторной дисфункции левого желудочка (ТД ЛЖ) с базальной и средней акинезией левого желудочка, возникшей через 65 дней после лечения ипилимумабом и иммунотерапии ипилимумаб-ниволумабом. До лечения МРТ определялась нормальная систолическая функция ЛЖ (А) и нормальный сигнал миокарда ЛЖ при T2-картировании, без признаков отёка (Б). Через 65 дней после лечения ФВ ЛЖ снизилась до 40%, а на T2-картах появились признаки отёка миокарда в виде повышенного МР-сигнала (В, Г). Через 28 дней после отмены препаратов и лечения ФВ ЛЖ восстановилась [37]

Figure 4. Cardiac MRI. Case of transient LV dysfunction on cardiac MRI in a 77-year-old man with esophageal melanoma. Hospitalized with acute heart failure and transient left ventricular dysfunction (TLVD) syndrome with basal and mid-left ventricular akinesia, which developed 65 days after treatment with ipilimumab and ipilimumab-nivolumab immunotherapy. Prior to treatment, MRI showed normal LV systolic function (A) and normal LV myocardial signal on T2 mapping, with no signs of edema (B). 65 days after treatment, LVEF decreased to 40%, and signs of myocardial edema appeared on T2 maps in the form of increased MR signal (B, G). 28 days after discontinuation of the drugs and treatment, LVEF recovered [37]

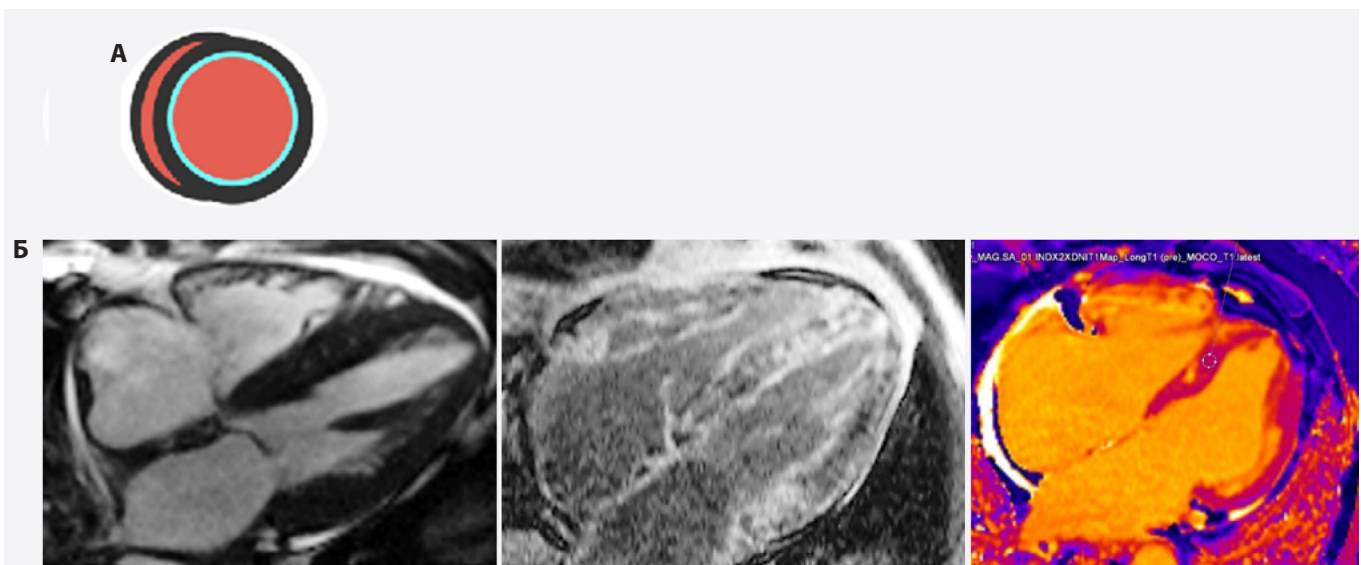


Рисунок 5. Субэндокардиальный паттерн накопления контрастного препарата, характерный для амилоидоза. А – схема;

Б – МРТ пациента с амилоидозом

Figure 5. Subendocardial pattern of contrast agent accumulation characteristic of amyloidosis.

A – diagram;

Б – MRI of a patient with amyloidosis

Рестриктивная кардиомиопатия развивается в результате накопления избытка железа в миокарде, что может происходить после многократных переливаний крови, особенно у пациентов с такими состояниями, как апластическая анемия или миелодисплазия. Также риск развития рестриктивной кардиомиопатии повышается у больных гемохроматозом и гепатоцеллюлярным раком, у которых может возникать дилатационная кардиомиопатия [43].

На МРТ при наличии повышенного уровня железа в миокарде наблюдается потеря сигнала на изображениях, полученных с помощью T2\*. В исследовании, проведенном L. Anderson и соавт. (2001), было установлено, что нормальные значения T2\* для миокарда составляют 52±16 миллисекунды [49]. Более низкие значения T2\* указывают на повышенное отложение железа в сердечной мышце. В частности, снижение T2\* ниже 20 миллисекунд вызывает прогрессирующее и значительное снижение систолической функции сердца у пациентов с избытком железа. Для контроля за состоянием пациентов и мониторинга эффективности лечения используются повторные МРТ-исследования, которые позволяют неинвазивно отслеживать динамику изменения уровня железа в миокарде [4].

### Оценка перикарда

Существует три ключевых причины, по которым МРТ используется для оценки состояния перикарда у пациентов с онкологическими заболеваниями или проходящих лечение от рака: первая причина заключается в возможности инвазии опухоли в париетальный или висцеральный перикард как с образованием перикардиального выпота, так и без него. Вторая причина связана с развитием перикардиального воспаления или перикардита: состояния, которое может возникнуть как следствие самой опухоли, так и в результате проводимой терапии. Наконец, третья причина

заключается в необходимости оценки или исключения констриктивного перикардита, который может значительно ухудшать состояние пациента.

Для выявления вышеупомянутых патологий на МРТ используются методики с темной и белой кровью для оценки функции и морфологии сердца и для дифференцировки перикардиального пространства, оценки влияния дыхания на движение перегородки правого и левого желудочков, а также систолическую и диастолическую функции. Эта информация очень полезна для выявления гемодинамических последствий, связанных с тампонадой или компрессией перикарда [4, 51–53] (рис. 6).

Методы маркировки миокарда представляют собой важный инструмент в современной кардиологии, который может быть использован для подтверждения связи между висцеральным и париетальным перикардами у пациентов, страдающих от ограниченной сердечной сократимости и расслабления, вызванного сдавлением перикарда. Это состояние может возникать в результате различных патологий, и точное понимание анатомических и функциональных взаимодействий между этими структурами имеет ключевое значение для диагностики и лечения. Дополнительно, методы картирования T1 и T2 являются полезными для выявления как геморрагических, так и негеморрагических выпотов. Это особенно важно при оценке злокачественных выпотов в перикарде, которые могут быть вызваны метастазами из различных органов, таких как молочная железа, лёгкие или лимфатическая система.

Применение T1-картирования, а также выполнение T1-взвешенной последовательности одновременно с первоначальным поступлением контрастного вещества в миокард и перикардиальное пространство обеспечивают врачам более точную диагностику инвазивных опухолей среди других структур в перикардиальном пространстве [50–52]. Даже использование

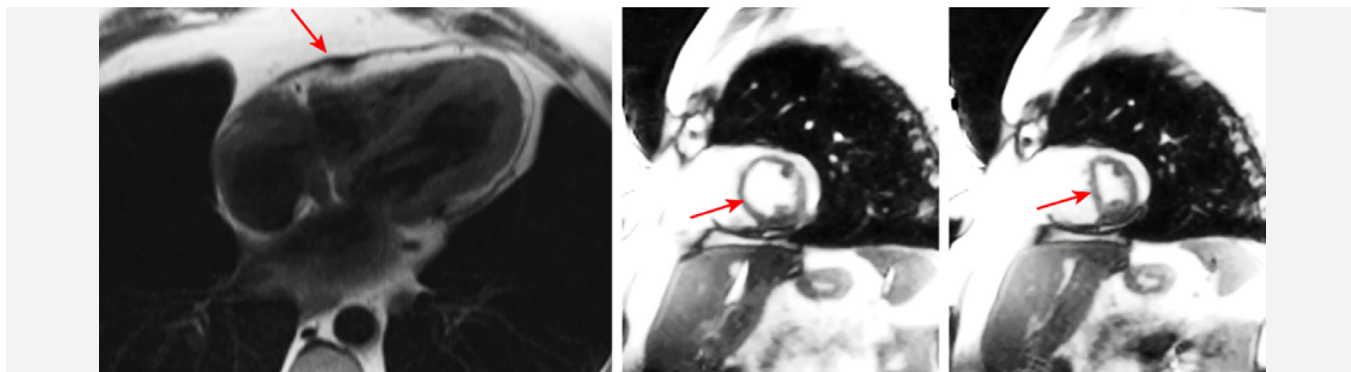


Рисунок 6. Клинический пример перикардита у пациента с миелоидным лейкозом. 58-летний мужчина, 7 недель назад перенёс вирусный перикардит. На МРТ сердца визуализируется утолщение перикарда перед ЛЖ, во время вдоха отмечается характерное смещение перегородки, что приводит к D-образной форме левого желудочка (стрелка) [4]  
 Figure 6. Clinical example of pericarditis in a patient with myeloid leukemia. A 58-year-old man who had viral pericarditis 7 weeks ago. An MRI of the heart shows thickening of the pericardium in front of the left ventricle. During inspiration, there is a characteristic displacement of the septum, resulting in a D-shaped left ventricle (arrow) [4]

МРТ не позволяет объективно дифференцировать воспаление перикарда от фиброза при перикардите. Тем не менее, исследования показывают, что наличие перикардального выпота и накопление контрастного вещества в области перикарда чаще всего ассоциируются именно с воспалительными процессами [54].

При терминальной стадии или хроническом фиброзном констриктивном перикардите наблюдаются морфологические признаки констрикции, такие как утолщение перикарда, превышающее 4 мм, адгезия перикарда к миокарду, что можно увидеть при кино-МРТ. Также отмечаются гемодинамические изменения, включая деформацию желудочков и межжелудочковой перегородки, увеличение объёма предсердий и расширение нижней полой вены. При внутривенном введении контрастного вещества перикард, как правило, не накапливает контрастный препарат [55, 56].

К ограничениям МРТ при оценке перикарда относятся сложности в обнаружении кальцинатов.

### Идентификация образований сердца

Магнитно-резонансная томография является важным инструментом в диагностике различных образований как внутри сердца, так и за его пределами. Этот метод позволяет с высокой точностью выявлять первичные опухоли сердца, а также метастатические очаги, тромбы и инфекционные абсцессы [57]. При МРТ-исследовании образований в сердце можно определить их локализацию, этиологию и функциональную значимость для работы сердца [58, 59], дифференцировать опухоли сердца и тромбы [57–60].

Для выявления образований применяются различные методики МРТ [59]. После того как опухоль обнаружена, для более детального анализа выполняется комбинация изображений, взвешенных по T1, T2 и T2\*. В некоторых случаях могут использоваться методики с подавлением жира или воды, а также контрастирование с использованием гадолиния для оценки как раннего, так и позднего контрастирования.

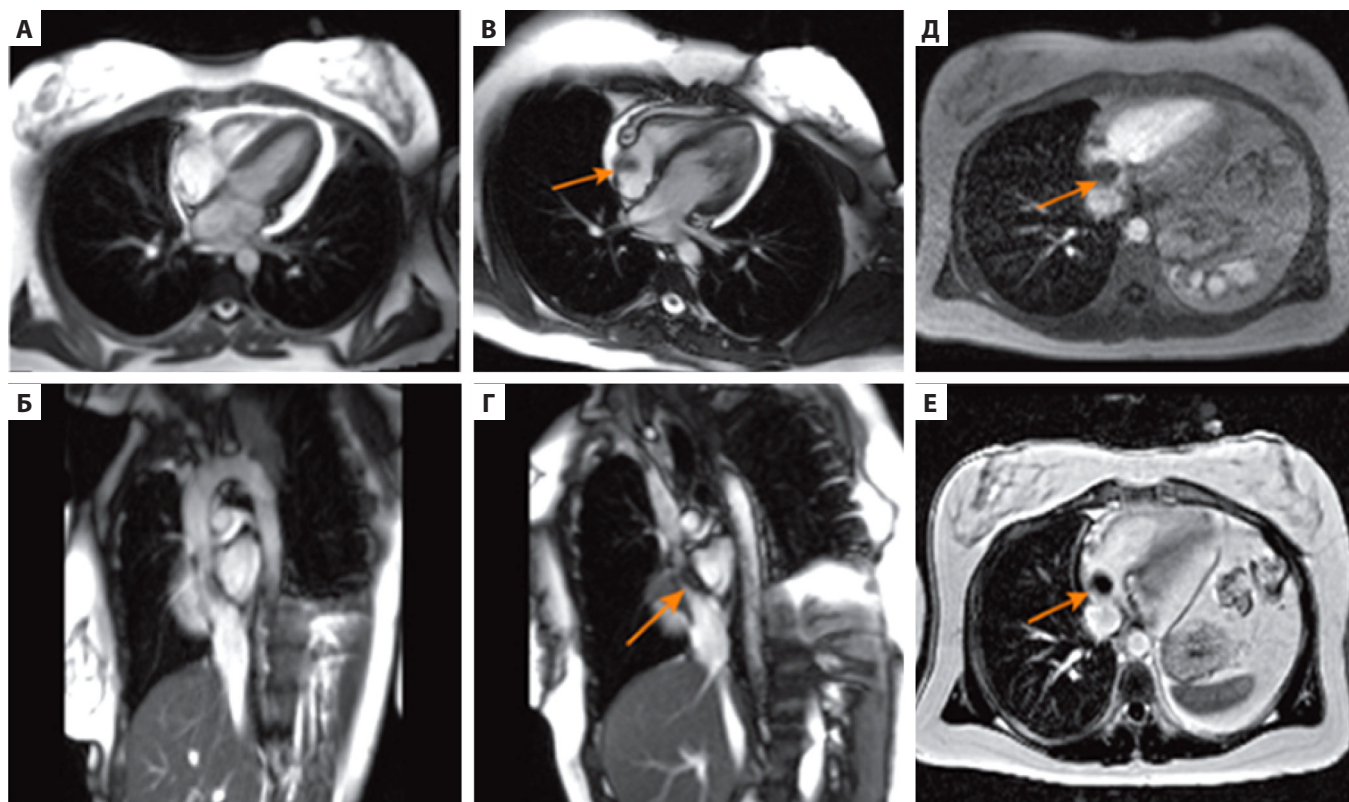


Рисунок 7. Клинический случай тромбоза ПП у пациентки с диффузной В-крупноклеточной лимфомой. 33-летняя женщина, на 4-м цикле химиотерапии на основе антрациклинов появились кашель и одышка. На этом рисунке представлены изображения сердца, полученные с помощью МРТ до начала химиотерапии, а также изображения, полученные до начала 4-го цикла терапии (А, Б). Четырёхкамерные и сагиттальные кадры из серии МРТ-исследований до начала лечения. Соответствующие 4-камерные и сагиттальные кадры (В, Г) непосредственно перед 4-м сеансом лечения показали наличие тромба в правом предсердии. Тромб в ПП при раннем и при отсроченном контрастировании гадолинием не контрастировался (Д, Е) [4]

Figure 7. Clinical case of RA thrombosis in a patient with diffuse large B-cell lymphoma. A 33-year-old woman developed cough and shortness of breath during the fourth cycle of anthracycline-based chemotherapy. This figure shows images of the heart obtained by MRI before the onset of chemotherapy, as well as images obtained before the onset of the fourth cycle of therapy (A, B). Four-chamber and sagittal images from a series of MRI studies before the onset of treatment. Corresponding four-chamber and sagittal images (B, G) taken immediately before the fourth treatment session showed the presence of a thrombus in the right atrium. The thrombus in the RA did not contrast with gadolinium during early and delayed contrast enhancement (D, E) [4]

Это помогает врачам не только увидеть структуру образований, но и понять их васкуляризацию, что является важным фактором при дифференциации между доброкачественными и злокачественными образованиями. В исследованиях, проведенных Р. Pazos-Lopez и соавт. (2014) [58], а также Т. Caspar и соавт. [57], предоставлены обширные обзоры, касающиеся дифференциации тромбов от опухолей. В целом, опухоли сердца, как правило, имеют большие размеры и неоднородную структуру по сравнению с тромбами, кроме того, отличительной особенностью является склонность к накоплению контрастного препарата как в раннюю, так и в позднюю фазы контрастирования, что связано с их васкуляризацией (рис. 7) [56].

### Заключение

Все больше онкологических пациентов на фоне системной противоопухолевой терапии подвергаются риску сердечно-сосудистых заболеваний во время и после лечения. При этом могут развиваться различные состояния, варьирующие от субклинических до явно выраженных клинических проявлений. Для диагностики и оценки состояния сердца у таких пациентов широко используется магнитно-резонансная томография. С помощью МРТ можно оценить кровоток, детально изучить состояние миокарда, клапанов и перикарда. Кроме того, исследования с контрастированием помогают выявить и охарактеризовать степень и тяжесть нарушений в работе сердца. Интеграция современных методов диагностики в комплексное лечение онкологических заболеваний позволяет не только своевременно выявлять сердечно-сосудистые проблемы, но и разрабатывать эффективные стратегии для их устранения, что, безусловно, является значительным шагом вперед в области онкологии и кардиологии.

### Литература / References

1. Immune-Related Adverse Events Induced by Immune Checkpoint Inhibitors and CAR-T Cell Therapy / C. Pozzessere [et al.] // *A Comprehensive Imaging-Based Review. Cancers (Basel)*. 2024 Jul 19. № 16(14). P. 2585. DOI: 10.3390/cancers16142585; PMID: 39061225; PMCID: PMC11274393.
2. Cardiotoxicity of Immune Checkpoint Inhibitors / R.P. Patel [et al.] // *Curr. Oncol. Rep.* 2021. № 23. P. 79.
3. Myocarditis in Patients Treated with Immune Checkpoint Inhibitors / S.S. Mahmood [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. № 71. P. 1755–1764.
4. Cardiovascular Magnetic Resonance in the Oncology Patient / J.H. Jordan [et al.] // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018 Aug. № 11(8). P. 1150–1172. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.06.004; PMID: 30092971; PMCID: PMC6242266.
5. Cardiotoxicity associated with immune checkpoint inhibitor therapy: A meta-analysis / N. Rubio-Infante [et al.] // *Eur. J. Heart Fail.* 2021. № 23. P. 1739–1747.
6. Checkpoint inhibitor-induced myocarditis and myasthenia gravis in a recurrent/metastatic thymic carcinoma patient: a case re-report / C. Szuchan [et al.] // *Eur Heart J Case Rep.* 2020. № 4. P. 1–8.
7. PD-1 deficiency results in the development of fatal myocarditis in MRL mice / J. Wang [et al.] // *Int Immunol.* 2010. № 22. P. 443–452.
8. Interstitial lung disease induced by fluoxetine: systematic review of literature and analysis of Vigiaccess, Eudravigilance and a national pharmacovigilance database / A. Deidda [et al.] // *Pharmacol Res.* 2017. № 120. P. 294–301.
9. Fulminant Myocarditis with Combination Immune Checkpoint Blockade / D.B. Johnson [et al.] // *N Engl J Med.* 2016. № 375. P. 1749–1755. DOI: 10.1056/NEJMoa1609214.
10. Reproducibility of echocardiographic techniques for sequential assessment of left ventricular ejection fraction and volumes: application to patients undergoing cancer chemotherapy / P. Thavendiranathan [et al.] // *J Am Coll Cardiol.* 2013. № 61. P. 77–84.
11. Role of three-dimensional echocardiography in breast cancer: comparison with two-dimensional echocardiography, multiple-gated acquisition scans, and cardiac magnetic resonance imaging / J. Walker // *J Clin Oncol.* 2010. № 28. P. 3429–36.
12. Early detection of anthracycline cardiotoxicity and improvement with heart failure therapy / D. Cardinale [et al.] // *Circulation.* 2015. № 131. P. 1981–8.
13. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents / W.G. Hundley [et al.] // *J Am Coll Cardiol.* 2010. № 55. P. 2614–62.
14. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance. Are they interchangeable? / N. Bellenger [et al.] // *Eur Heart J.* 2000. № 21. P. 1387–96.
15. Multi-detector row cardiac computed tomography accurately quantifies right and left ventricular size and function compared with cardiac magnetic resonance / S.V. Raman [et al.] // *Am Heart J.* 2006. № 151. P. 736–44.
16. Subclinical cardiotoxic effects of anthracyclines as assessed by magnetic resonance imaging – a pilot study / R. Was-smuth [et al.] // *Am Heart J.* 2001. № 141. P. 1007–13.
17. Low to moderate dose anthracycline-based chemotherapy is associated with early noninvasive imaging evidence of subclinical cardiovascular disease / B.C. Drafts [et al.] // *J Am Coll Cardiol Img.* 2013. № 6. P. 877–85.
18. Vasu S., Hundley W.G. Understanding cardiovascular injury after treatment for cancer: an overview of current uses and future directions of cardiovascular magnetic resonance // *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013. № 15. P. 66–83.
19. Vascular and metabolic implications of novel targeted cancer therapies: focus on kinase inhibitors / W. Li [et al.] // *J Am Coll Cardiol.* 2015. № 66. P. 1160–78.
20. Spectrum of cardiovascular toxicities of immune checkpoint inhibitors: A pharmacovigilance study / J.-E. Salem [et al.] // *Lancet Oncol.* 2018. № 19. P. 1579–1589.
21. Checkpoint inhibitor-induced myocarditis and myasthenia gravis in a recurrent/metastatic thymic carcinoma patient: a case re-report / C. Szuchan [et al.] // *Eur Heart J Case Rep.* 2020. № 4. P. 1–8.
22. Determinants of cholesterol and triglycerides recording in patients treated with lipid lowering therapy in UK primary care / A. Maguire [et al.] // *Pharmacoepidemiol Drug Saf.* 2007. № 16. P. 228–228.
23. Takotsubo-like syndrome in cancer patients treated with immune checkpoint inhibitors / S. Ederhy [et al.] // *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018. № 11. P. 1187–1190.

24. The alveolar immune cell landscape is dysregulated in checkpoint inhibitor pneumonitis / K. Suresh [et al.] // *J. Clin. Invest.* 2019. № 129. P. 4305–4315.
25. Analysis of cytokines in serum and bronchoalveolar lavage fluid in patients with immune-checkpoint inhibitor-associated pneumonitis: A cross-sectional case-control study / B. Kowalski [et al.] // *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2022. № 148. P. 1711–1720.
26. PubTerm: a web tool for organizing, annotating and curating genes, diseases, molecules and other concepts from PubMed records / J. Garcia-Pelaez [et al.] // *Database (Oxford)*. 2019. № 2019. P. bay137.
27. Fatal Toxic Effects Associated with Immune Checkpoint Inhibitors / D.Y. Wang [et al.] // *JAMA Oncol.* 2018. № 4. P. 1721–1728.
28. Cardiovascular Magnetic Resonance in Nonischemic Myocardial Inflammation: Expert Recommendations / V.M. Ferreira [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. № 72. P. 3158–3176.
29. Cardiac imaging techniques for the assessment of immune checkpoint inhibitor-induced cardiotoxicity and their potential clinical applications / Y. Li [et al.] // *Am. J. Cancer Res.* 2022. № 12. P. 3548–3560.
30. Терновой С.К. Томография сердца / С.К. Терновой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 296 с.
31. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology / H. Mahrholdt [et al.] // *Circulation*. 2004. № 109. P. 1250–8.
32. Assessment of myocardial viability by cardiovascular magnetic resonance imaging / H. Mahrholdt // *Eur Heart J* 2002. № 23. P. 602–19.
33. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: a JACC white paper / M.G. Friedrich [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. 2009. № 53. P. 1475–87.
34. Update on myocarditis / I. Kindermann [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. 2012. № 59. P. 779–92.
35. Moslehi J.J. Cardiovascular toxic effects of targeted cancer therapies // *N Engl J Med*. 2016. № 375. P. 1457–67.
36. Fulminant myocarditis with combination immune checkpoint blockade / D.B. Johnson [et al.] // *N Engl J Med*. 2016. № 375. P. 1749–55.
37. Reproducibility of echocardiographic techniques for sequential assessment of left ventricular ejection fraction and volumes: application to patients undergoing cancer chemotherapy / P. Thavendirana-than [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. 2013. № 61. P. 77–84.
38. Burgdorf C., Kurowski V., Radke P.W. Long-term prognosis of transient left ventricular ballooning syndrome and cancer // *Heart Lung*. 2011. № 40. P. 472.
39. Tako-tsubo (stress-induced) cardiomyopathy and cancer / C. Burgdorf [et al.] // *Ann Intern Med*. 2010. № 152. P. 830–1.
40. Long-term prognosis of the transient left ventricular dysfunction syndrome (tako-tsubo cardiomyopathy): focus on malignancies / C. Burgdorf // *Eur J Heart Fail*. 2008. № 10. P. 1015–9.
41. Cardiac MRI studies of transient left ventricular apical ballooning syndrome (takotsubo cardiomyopathy): a systematic review / G. Leurent [et al.] // *Int J Cardiol*. 2009. № 135. P. 146–9.
42. Slowly resolving global myocardial inflammation/oedema in tako-tsubo cardiomyopathy: evidence from T2-weighted cardiac MRI / C. Neil [et al.] // *Heart*. 2012. № 98. P. 1278–84.
43. Yusuf S.W., Negi S.I., Lenihan D.J. Infiltrative cardiomyopathy and pericardial disease // *Semin Oncol*. 2013. № 40. P. 199–209.
44. Cardiac amyloidosis: MR imaging findings and T1 quantification, comparison with control subjects / G.A. Krombach [et al.] // *J Magn Reson Imaging*. 2007 Jun. № 25(6). P. 1283–7. DOI: 10.1002/jmri.20917. PMID: 17520735.
45. Терновой С.К., Путило Д.В., Стукалова О.В., Габрусенко С.А. Структура миокарда у пациентов с гипертрофией левого желудочка различного генеза по данным мрт с отсроченным контрастированием. *REJR*. 2023; 13 (1):58-69. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-1-58-69.
46. Intracardiac thrombosis and embolism in patients with cardiac amyloidosis / D. Feng [et al.] // *Circulation*. 2007. № 116. P. 2420–6.
47. Roberts W.C., Waller B.F. Cardiac amyloidosis causing cardiac dysfunction: analysis of 54 necropsy patients // *Am J Cardiol*. 1983. № 52. P. 137–46.
48. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents / W.G. Hundley [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. 2010. № 55. P. 2614–62.
49. Cardiovascular T2-star (T2\*) magnetic resonance for the early diagnosis of myocardial iron overload / L. Anderson [et al.] // *Eur Heart J*. 2001. № 22. P. 2171–9.
50. Assessment of myocardial fibrosis with cardiovascular magnetic resonance / N. Mewton [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. 2011. № 57. P. 891–903.
51. Relation of acute pericardial disease to malignancy / M. Imazio [et al.] // *Am J Cardiol*. 2005. № 95. P. 1393–4.
52. Maisch B., Ristic A., Pankuweit S. Evaluation and management of pericardial effusion in patients with neoplastic disease // *Prog Cardiovasc Dis*. 2010. № 53. P. 157–63.
53. CT and MR imaging of pericardial disease / Z.J. Wang [et al.] // *Radiographics*. 2003. № 23 Spec. No. P. S167–80.
54. Pericardial delayed hyperenhancement with CMR imaging in patients with constrictive pericarditis undergoing surgical pericardiectomy: a case series with histopathological correlation / A.O. Zurick [et al.] // *J Am Coll Cardiol Img*. 2011. № 4. P. 1180–91.
55. Bogaert J., Francone M. Cardiovascular magnetic resonance in pericardial diseases // *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009. № 11. P. 14.
56. Use of magnetic resonance imaging in assessment of constrictive pericarditis: a Moroccan center experience / A. Lachhab [et al.] // *Int Arch Med* 4. 2011. № 36. ГКД Ж <https://doi.org/10.1186/1755-7682-4-36>
57. Magnetic resonance evaluation of cardiac thrombi and masses by T1 and T2 mapping: an observational study / T. Caspar // *Int J Cardiovasc Imaging*. 2017. № 33. P. 551–9.
58. Value of CMR for the differential diagnosis of cardiac masses / P. Pazos-Lopez [et al.] // *J Am Coll Cardiol Img*. 2014. № 7. P. 896–905.
59. Cardiovascular magnetic resonance imaging for diagnosis and clinical management of suspected cardiac masses and tumours / S. Fussen [et al.] // *Eur Heart J*. 2011. № 32. P. 1551–60.
60. Detection of intracardiac masses in patients with coronary artery disease using cardiac magnetic resonance imaging: a comparison with transthoracic echocardiography / W. Staab [et al.] // *Int J Cardiovasc Imaging*. 2014. № 30. P. 647–57.

### Сведения об авторах

**Зяблова Елена Игоревна**, д. м. н., заведующий рентгеновским отделением, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; доцент, заведующий кафедрой лучевой диагностики, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6845-5613>

**Вицения Марина Вячеславовна**, к. м. н., с. н. с. отдела амбулаторных лечебно-диагностических технологий, НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова (Москва, Россия)

**Стукалова Ольга Владимировна**, д.м.н., в. н. с. лаборатории МР-томографии, НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова (Москва, Россия)

### **Information about the authors**

**Elena I. Zyablova**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Radiology No. 2, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Associate Professor, Head of the Department of Radiology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6845-5613>

**Marina V. Vitsenia**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Outpatient Treatment and Diagnostic Technologies,

National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov (Moscow, Russian Federation)

**Olga V. Stukalova**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, MR Tomography Laboratory, National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov (Moscow, Russian Federation)