

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА С ОТСРОЧЕННЫМ КОНТРАСТИРОВАНИЕМ – НОВЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА

Стукалова О.В.

В лекции представлена информация об использовании в кардиологической практике магнитно-резонансной томографии сердца с отсроченным контрастированием. Авторы детально освещают вопросы механизмов, лежащих в основе феномена отсроченного контрастирования, предлагают протоколы исследования, включающие программу отсроченного контрастирования. Также обсуждаются возможности клинического применения этой методики в дифференциальной диагностике различных поражений миокарда.

Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ Российского кардиологического научно-производственного комплекса Росздрава. г. Москва, Россия

Ключевые слова: МРТ сердца, отсроченное контрастирование, ИБС, миокардит.

LATE-ENHANCEMENT CONTRAST CARDIAC MRI – NEW DIAGNOSTIC TOOL IN CARDIAC DISEASES

Stukalova O.V.

The lecture presents information about clinical use of the late-enhancement contrast cardiac MRI. Authors described the mechanisms of late enhancement; offer the protocols of cardiac MRI examinations with late-enhancement. The questions of cardiac contrast late-enhancement MRI abilities in differential diagnosis of heart diseases are also discussed.

Federal establishment “Cardiology research center” Ministry of Health of Russian Federation. Moscow, Russia

Keywords: cardiac MRI, late-enhancement, CAD, myocarditis.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца все чаще используется в современной кардиологии для диагностики заболеваний сердца и сосудов. Визуализация сердца с помощью МРТ позволяет детально оценить особенности строения камер сердца и сосудов, исследовать внутрисердечную гемодинамику, функциональные показатели работы сердца, измерить скорость кровотока в крупных сосудах. В большинстве случаев МРТ сердца может служить методом второй линии диагностики при неясных результатах других методов исследования (особенно эхокардиографии).

К основным достоинствам МРТ сердца относят:

- неинвазивность;
- отсутствие лучевой нагрузки;
- высокое временное и пространственное разрешение;
- естественный контраст от движущейся крови;

- отсутствие артефактов от соседних структур;
- чувствительность к скорости и характеру движения крови (МР-ангиография);
- возможность оценки во время одного исследования морфологии, функции и перфузии;
- значительное расширение диагностических возможностей при использовании контрастных средств.

Широкое использование контрастных средств (КС) для выполнения МРТ сердца началось с конца 90-х годов, когда КС на основе гадолиния стали использоваться для выявления в миокарде участков некроза или фиброза [1]. В исследованиях, посвященных кинетике распределения в миокарде КС у больных с инфарктом миокарда [2], было показано, что через 10-15 минут после введения КС определяется его накопление в зонах инфаркта, то есть в отсроченную фазу. При этом участок миокарда с поврежденными кардиомиоцитами накапливает контрастное вещество и на МР-изображениях

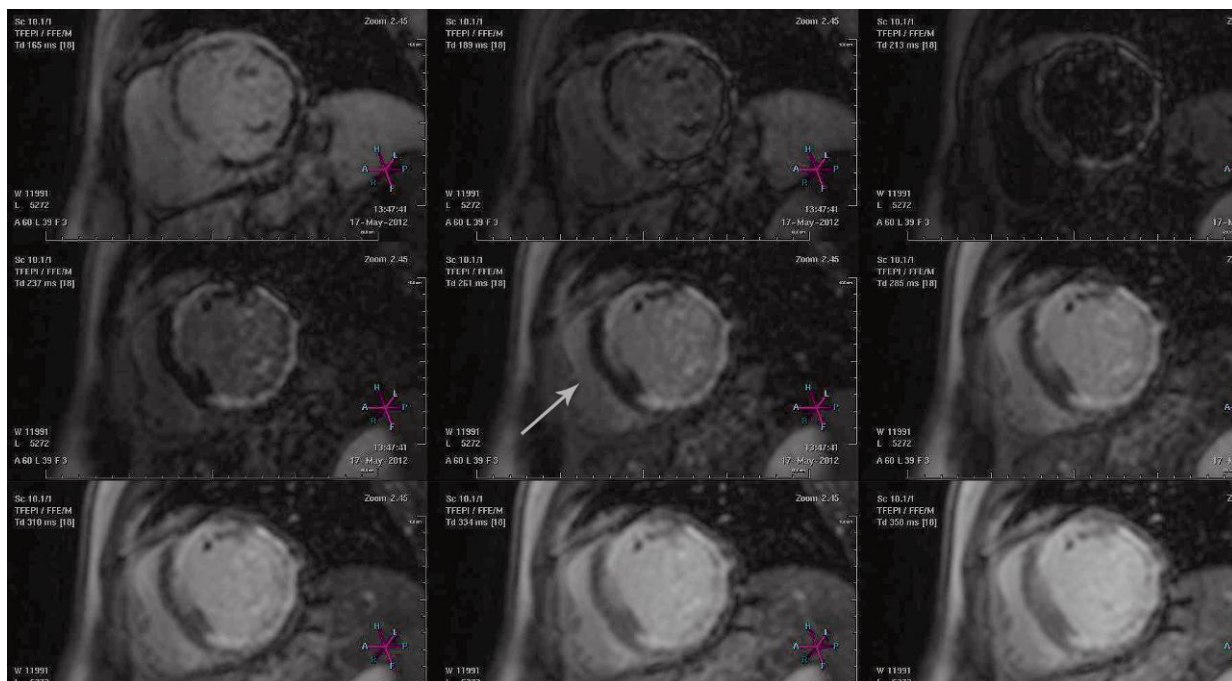


Рис. 1,а

Рис. 1. MPT. TI-Scout.

а - MPT сердца. Короткая ось ЛЖ. Изображения выполнены с различным временем инверсии (от 165 до 358 мс).

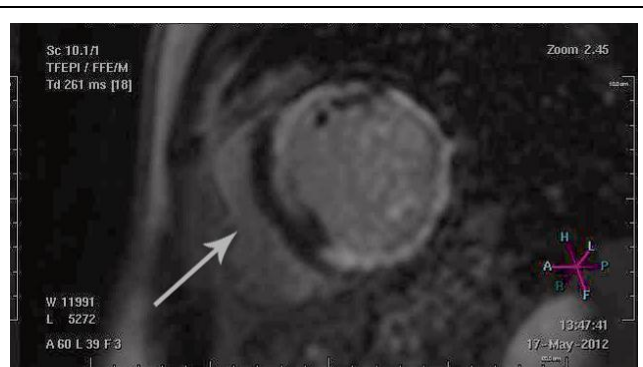


Рис. 1,б

Рис. 1. MPT. TI-Scout.

б – Изображение с оптимальным $Ti=261$ мс (указано стрелкой).

выглядит ярким. Эти наблюдения легли в основу применения MPT с отсроченным контрастированием.

Первые работы, посвященные отсроченному контрастированию, были связаны с изучением изменений миокарда (острых и хронических) у больных ИБС. Однако накопление контрастного препарата в миокарде через определенное время после его введения не является специфичным только для ишемического поражения миокарда. Многочисленные работы по изучению MPT с отсроченным контрастиро-

ванием в диагностике инфекционных и воспалительных заболеваний миокарда, кардиомиопатий, генетических заболеваний продемонстрировали возможность применения этой методики в различных областях кардиологии.

Почему поврежденный миокард выглядит ярким на томограммах с отсроченным контрастированием?

Соединения гадолиния, лежащие в основе всех КС для MPT, относятся к парамагнетикам и являются позитивными контрастными агентами, то есть повышают интенсивность сигнала за счет сокращения времени релаксации T1. В настоящее время в клинической практике применяется целый ряд низкомолекулярных внеклеточных парамагнитных контрастных средств для внутривенного введения на основе гадолиния: Gd-DTPA (магневист), Gd-DTPA-BMA (омнискан), гадоверсетамид (оптимарк), Gd-DOTA (дотарем), Gd-DO3A (прохэнс). Как известно, контрастные вещества на основе гадолиния относятся к средствам с внеклеточным характером распределения. В сохранном миокарде после внутривенного введения КС лишь незначительная его часть выходит в интерстициальное пространство, основная же остается в сосудистом русле. За счет перераспределения и выведения почками его концентрация уже в первые минуты быстро снижается. Повышенное накопление контрастного вещества в измененном миокарде связано с отли-

Таблица №1. Основные параметры протокола исследования сердца с поздним контрастным усилением.

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Для исследования используются специальные импульсные последовательности с улучшенным тканевым разрешением (2D или 3D IR GRE). |
| 2. Плоскости сканирования стандартные: двух- и четырехкамерная, длинные оси, короткая ось или произвольные, используемые при предварительном исследовании пациента при оценке морфологии и функции сердца. |
| 3. Пространственное разрешение обычно 1,4-1,8 мм. |
| 4. Внутривенно струйно вводится Gd-содержащий контрастный препарат, рекомендуемая доза 0,15-0,2 ммоль/кг. |
| 5. Первое сканирование выполняется сразу после введения КС для оценки внутрисердечных структур (например, тромбов) и выявления микрососудистой обструкции. |
| 6. Для оценки миокарда выполняется отсроченное (позднее) сканирование. Время отсрочки сканирования – обычно 10-20 минут; оно зависит от дозы введенного КС: чем больше доза КС, тем дольше время задержки. |
| 7. Для оптимальной контрастности изображения у каждого пациента перед выполнением отсроченного контрастирования индивидуально подбирается время инверсии (TI), можно использовать для этой цели TI-Scout или последовательность Look-Locker. При правильно выбранном TI интенсивность сигнала от сохранного миокарда значительно снижена, от пораженного – значительно повышена. Обычно величина TI составляет 260-300 мс, каждые 2-3 минуты TI увеличивается на 10-15 мс. |

чиями патофизиологии здоровой и поврежденной ткани.

В основе отсроченного контрастирования лежит несколько механизмов. Накопление КС в некротической и рубцовой ткани обусловлено увеличением в этих участках относительного объема внеклеточного пространства. Вследствие этого увеличивается объем распределения внеклеточного КС, которое не только содержится в более высокой концентрации, но и дольше выводится [3, 4]. При остром поражении увеличение внеклеточного пространства связано с нарушением целостности мембраны кардиомиоцитов, в участках рубцового поражения – с относительным увеличением объема внеклеточного пространства и замедлением процессов накопления и вымывания гадолиния из-за изменения свойств рубцовой ткани [5].

Как выполняется исследование с отсроченным контрастированием?

Для исследования с отсроченным контрастированием разработана специальная оптимизированная импульсная последовательность с использованием сегментированной последовательности inversion-recovery (IR), синхронизации с ЭКГ [6], которая после введения контрастного вещества позволяет получать изображения с большой разницей в интенсивности МР-сигнала между пораженным и здоровым миокардом. Одним из основных параметров всех последовательностей IR является время инверсии (TI) – временная отсрочка между импульсом и началом сбора данных. TI подбирается индивидуально во время каждого исследования и зависит от нескольких факторов: дозы контрастного вещества, времени от момента введения КС до получения изображений. Для правильного подбора этого параметра можно

использовать специальные последовательности, позволяющие получать серию изображений с различным TI: TI-Scout-последовательность, Look-Locker-последовательность [7]. Из нескольких изображений с различным TI выбирают изображение с оптимальной контрастностью, то есть когда интенсивность МР-сигнала от здорового неповрежденного миокарда приближается к нулю, а от поврежденного миокарда повышена (Рис. 1). Выбранное TI применяется затем для последующих сканирований. Обычно используемое время инверсии составляет 200-300 мс, каждые 2-3 минуты TI увеличивается на 10-15 мс.

Для отсроченного контрастирования могут использоваться как 2D-, так и 3D-методики. Обычно с помощью 2D-последовательностей можно получить изображения лучшего качества, но исследование длится дольше, так как на одной задержке дыхания можно получить одно изображение. 3D-последовательности позволяют за одну задержку дыхания получить несколько изображений, однако из-за большего времени измерения чаще встречаются артефакты от плохой задержки дыхания.

Отсроченное контрастирование выполняется через 10-20 минут после введения КС. Используется большая доза контрастного препарата, чем при стандартном исследовании: 0,15-0,2 ммоль/кг, вводится внутривенно. Большая часть применяемых импульсных последовательностей выполняется с задержкой дыхания, однако если пациент не в состоянии задерживать дыхание, возможно использование специальных программ без его задержки. На изображениях, полученных через 10-20 минут после введения КС, миокард выглядит темным, а участки некроза (или фиброза) – яркими. Если

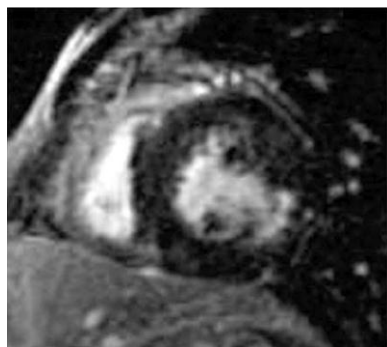


Рис. 2,а



Рис. 2,б

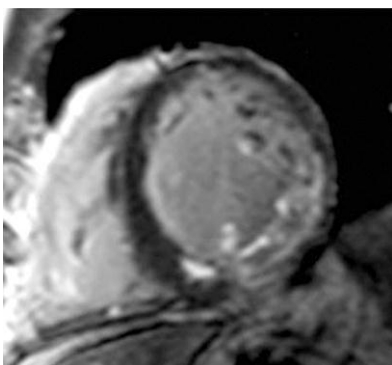


Рис. 2,в

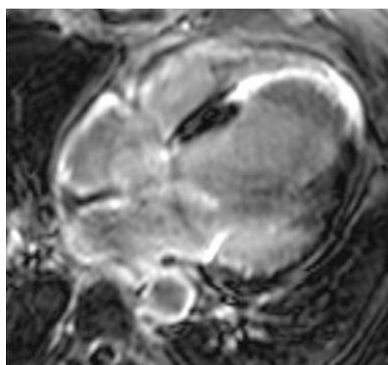


Рис. 2,г

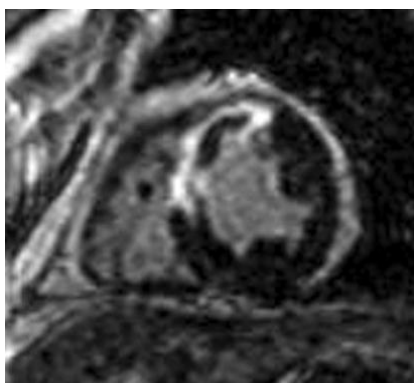


Рис. 2,д



Рис. 2,е

Рис. 2. МРТ сердца с отсроченным контрастированием. Короткая ось ЛЖ и четырехкамерная длинная ось ЛЖ. Пациенты с ОИМ.

а, б – Субэндокардиальное поражение; в, г – Трансмуральное поражение; д, е – Трансмуральное поражение с участком микрососудистой обструкции.

оценивать изображения, полученные ранее, чем через 10 минут, разница в интенсивности МР-сигнала от здорового и пораженного миокарда окажется недостаточной, так как контраст еще не будет полностью «вымыт» из здорового миокарда. Это может привести к переоценке размера пораженной зоны. Если же, наоборот, оценивать изображения, полученные позднее рекомендованного времени (более 20 минут), КС может уже быть «вымыто» из пораженного миокарда, что также приведет к неточной оценке размеров поражения. Чтобы получить изобра-

жения в оптимальное время после введения КС, нужно начинать сканирование сразу после внутривенной инъекции, а затем повторять его каждые 2-3 минуты.

Плоскости сканирования используются стандартные: двух- и четырехкамерные длинные оси и короткая ось. Возможно применение индивидуальных плоскостей сканирования. Для более точной оценки жизнеспособности миокарда, а также для сравнения результатов исследования с КС и последовательностей для оценки функции, рекомендуется выполнять их

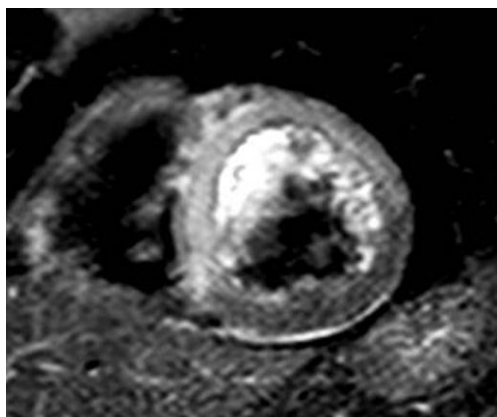


Рис. 3,а

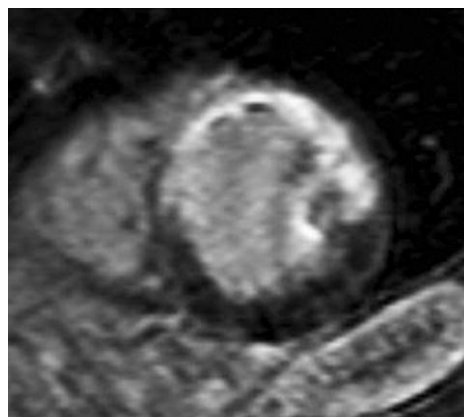


Рис. 3,б

Рис. 3. МРТ.

а - МРТ сердца, T2-ВИ. Короткая ось ЛЖ. Пациент X., ОИМ. Видна зона отека; б – МРТ сердца с отсроченным контрастированием. Короткая ось ЛЖ. В области отека определяется трансмуральное контрастирование миокарда.

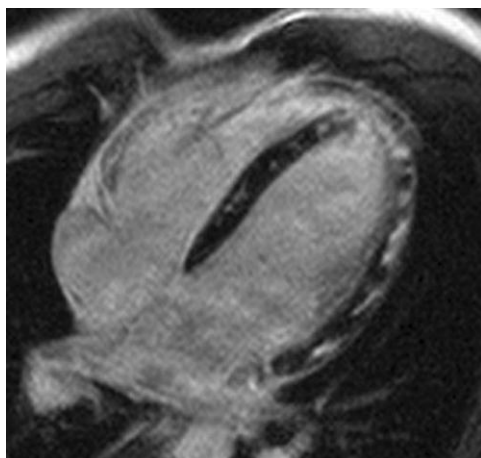


Рис. 4,а

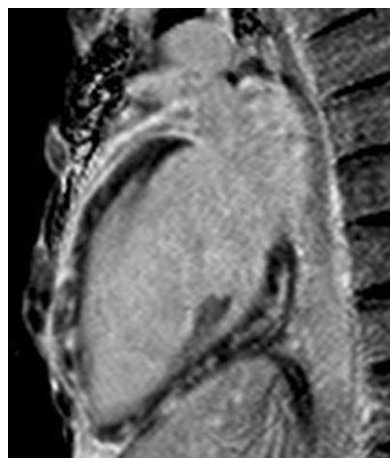


Рис. 4,б

Рис. 4. МРТ сердца с отсроченным контрастированием.

Пациент Н., острый миокардит; а – Четырехкамерная длинная ось ЛЖ; б – двухкамерная длинная ось ЛЖ. Видны множественные мелкие очаги накопления КС во всех стенках ЛЖ.

в идентичных плоскостях.

Клиническое применение МРТ с отсроченным контрастированием.

1. МРТ с отсроченным контрастированием в диагностике ИБС.

Возможности МРТ в диагностике ИБС довольно широки. Высокая воспроизводимость результатов и точность оценки сделали МРТ «золотым» стандартом при оценке глобальной и локальной сократимости миокарда, определении размеров и объемов левого и правого желудочков, фракции выброса [8].

Для оценки перфузии миокарда наиболее часто исследуется «первое прохождение» КС через сердце, при котором можно не только выявить дефект перфузии, но и оценить его полуколиче-

ственно и количественно. Экспериментальные работы показали хорошее совпадение результатов количественной оценки перфузии миокарда методом МРТ и данных эксперимента [9].

С применением методики отсроченного контрастирования значительно расширились возможности МРТ для диагностики острого инфаркта миокарда (ОИМ). Первые работы Kim с соавт. в экспериментальном исследовании на собаках показали высокую сопоставимость результатов МРТ с отсроченным контрастированием и данных аутопсии по выявлению ОИМ [10]. Особенно высоки в сравнении с другими методиками диагностики возможности МРТ в выявлении небольших субэндокардиальных инфарктов.



Рис. 5,а

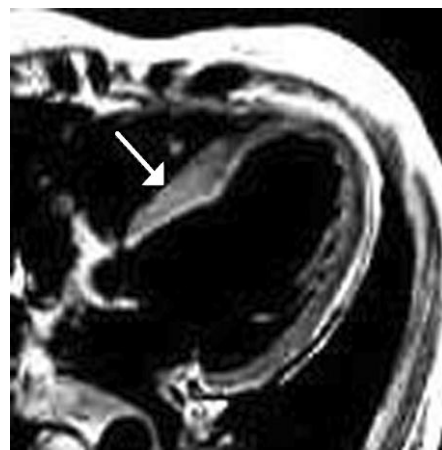


Рис. 5,б

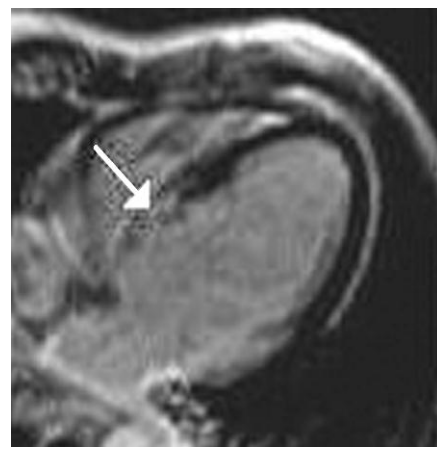


Рис. 5,в

Рис. 5. МРТ сердца.

Пациент К., саркоидоз; а – T1-ВИ; увеличенные лимфоузлы в средостении (стрелка); б – T2-ВИ; МЖП утолщена в базальном сегменте (стрелка) и интенсивность МР-сигнала повышена от утолщенного участка, что позволяет говорить об остром поражении; в – Томограмма с отсроченным контрастированием, видна зона накопления КС в утолщенном сегменте МЖП (стрелка).

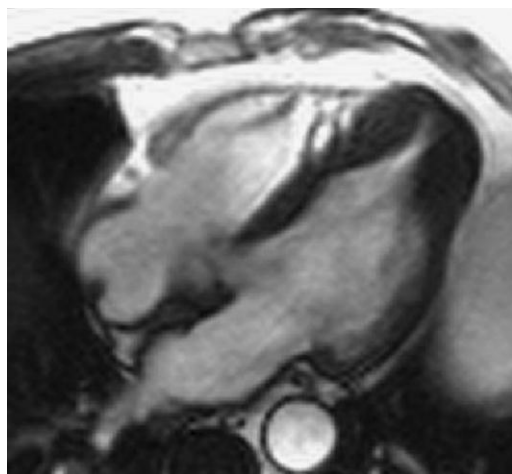


Рис. 6,а



Рис. 6,б

Рис. 6. МРТ сердца.

Четырехкамерная длинная ось ЛЖ. Пациент С., апикальная ГКМП; а – Кино-МРТ, утолщение апикальных сегментов МЖП и боковой стенки; б – Отсроченное контрастирование. Видны множественные участки контрастирования в гипертрофированных сегментах.

На МР-томограммах с отсроченным контрастированием у больных с ОИМ область поражения выглядит как однородный гиперинтенсивный участок с не очень четкими границами (хроническое поражение – постинфарктный кардиосклероз – характеризуется очень четкими контурами пораженного участка). Поражение сердца при ОИМ и ПИКС всегда затрагивает субэндокардиальный слой, может также иметь трансмуральный характер поражения (Рис. 3). Для ОИМ могут быть характерны гипоинтенсивные участки в центре зоны отсроченного контрастирования, соответствующие

так называемым участкам микрососудистой обструкции без кровотока. Важным признаком ишемического поражения является соответствие зоны отсроченного контрастирования областям кровоснабжения коронарных сосудов.

Важным достоинством МРТ является возможность дифференциального диагноза острого и хронического поражений, что практически невозможно сделать с помощью других методов визуализации. Признаком острых изменений является повышение интенсивности МР-сигнала от зоны пораженного миокарда на

T2-взвешенных изображениях, что является отражением отека ткани в острую фазу поражения (Рис. 4).

При обследовании больных с ПИКС проведение МРТ с отсроченным контрастированием позволяет оценить выраженность рубцового повреждения миокарда количественно, а также определить жизнеспособность пораженных участков миокарда, то есть способность восстановления сократимости после адекватной реваскуляризации. В отличие от других МР-томографических методов оценки жизнеспособности миокарда (стресс-МРТ с оценкой локальной сократимости или стресс-МРТ-перфузия миокарда) исследование с отсроченным контрастированием отличается простотой выполнения и отсутствием необходимости нагрузочных тестов. Исследование выполняется в покое, не занимает много времени, а изображения характеризуются высоким пространственным разрешением. Для оценки жизнеспособности миокарда МРТ с отсроченным контрастированием должна сочетаться с оценкой локальной сократимости стенки ЛЖ.

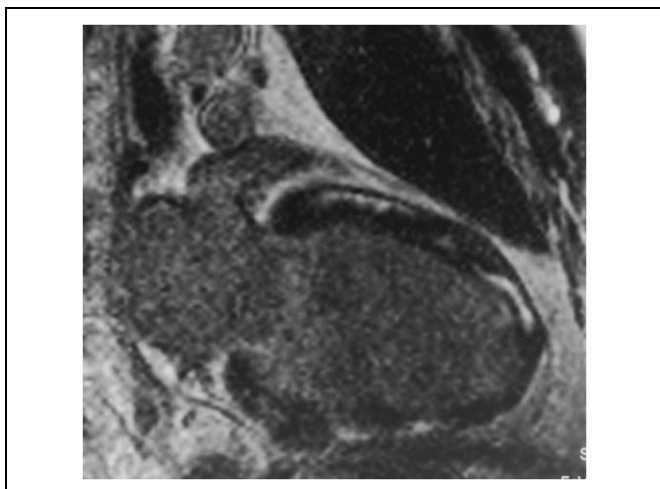


Рис. 7. МРТ сердца с отсроченным контрастированием.

Пациент М., ДКМП. Видны интрамиокардиальные очаги накопления КС линейной формы.

Выделяют два типа отсроченного контрастирования сегментов с нарушенной сократимостью, позволяющие прогнозировать возможность функционального восстановления этих сегментов перед операциями реваскуляризации (ангиопластика со стентированием или аортокоронарное шунтирование). При прогностически благоприятном типе в сегментах с нарушенной сократительной функцией не отмечается накопления контрастного препарата в отсроченную фазу или контрастирование распространяется не более чем на 25% толщины изучаемого сегмента. При втором типе, прогностически неблагоприятном, отмечается транс-

муральное или почти трансмуральное (не менее 75% толщины сегмента) контрастирование. При повреждении глубиной от 25 до 75% от толщины сегмента прогнозировать восстановление сократительной функции более сложно [11,12].

Точная количественная оценка зон фиброза и жизнеспособной ткани позволяет не только прогнозировать функциональную жизнеспособность миокарда перед операциями реваскуляризации, но и судить об электрофизиологической стабильности миокарда, прогнозируя развитие жизненно опасных нарушений ритма, сердечной недостаточности, диастолической дисфункции.

Для ишемического поражения миокарда (ОИМ, ПИКС) характерны следующие признаки:

1. контрастный препарат накапливается в сегментах миокарда, соответствующих бассейнам коронарных артерий;
2. накопление контрастного препарата всегда имеет субэндокардиальный или трансмуральный характер.

Магнитно-резонансная томография с отсроченным контрастированием в диагностике других поражений миокарда.

Воспалительные заболевания миокарда.

Миокардит – заболевание сердца воспалительной природы. В основном этиологическим фактором болезни являются вирусы, но могут встречаться миокардиты другой природы: бактериальные, токсические, постлучевые. Диагностика миокардита до настоящего времени остается непростой клинической задачей. До недавнего времени единственным методом, подтверждающим наличие воспаления миокарда, оставалась биопсия. Помимо инвазивности и, следовательно, потенциальной опасности развития осложнений, серьезным ограничением такого подхода к диагностике миокардита является ошибка при заборе образца ткани [13]. Использование для диагностики миокардита МРТ сердца с контрастированием позволяет подходить к диагнозу более объективно. Так как воспаление миокарда сопровождается в острую фазу отеком тканей и клеток, а далее – повреждением сарколеммных мембран и некрозом кардиомиоцитов, при этом очаги воспаления на томограммах с отсроченным контрастированием определяются четко. Еще в 1998 г. Friedrich и соавт. [14] смогли определить на T1-взвешенных изображениях участки накопления контрастного препарата в миокарде. Mahrholdt и соавт. [15] провели сравнение результатов МРТ с отсроченным контрастированием и данных прицельной биопсии, выполненной с использованием МРТ. Диагноз миокардита был подтвержден у 19 пациентов из 22. Следует отметить, что ни у одного из пациентов не было отмечено субэндокардиальной локализации по-

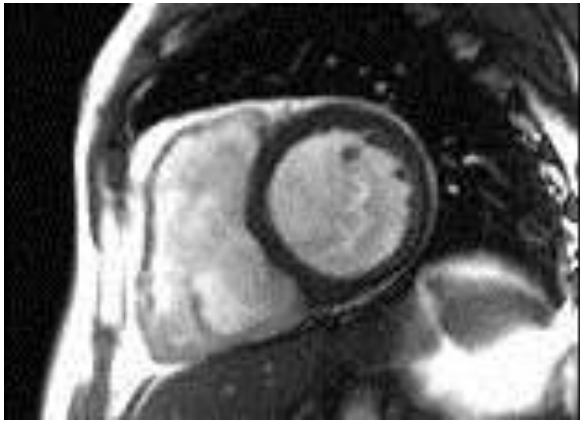


Рис. 8,а



Рис. 8,б

Рис. 8. МРТ сердца.

Пациент С., АДПЖ. а – Кино-МРТ, короткая ось ЛЖ. Определяется истончение передней стенки ПЖ, мелкие участки выбухания. б – Отсроченное контрастирование передней стенки ПЖ на всем протяжении.

ражения, типичной для ОИМ.

Механизмы, лежащие в основе контрастирования очагов воспаления при миокардите, схожи с патофизиологией накопления контрастного препарата при ишемическом повреждении.

Саркоидоз – воспалительное заболевание, поражающее различные органы и ткани. Его этиология до конца не выяснена. Клинические проявления вовлечения сердца при саркоидозе встречаются примерно в 5% случаев, по данным аутопсии поражение миокарда описывается значительно чаще [16]. Утолщение миокарда вследствие отека в острую фазу болезни может создавать картину гипертрофической кардиомиопатии или опухоли сердца. Эндомиокардиальная биопсия была до недавнего времени единственным методом, подтверждающим диагноз саркоидоза сердца, однако она является инвазивной и сопряжена с осложнениями, а в ряде случаев может привести к ложноотрицательным результатам, так как не всегда биоптат может быть взят из пораженного участка. Так, в работе Shimada и соавт. [17] в 8 случаях из 16 при МРТ с поздним контрастированием было выявлено поражение сердца. Во всех 8 случаях биопсия показала ложноотрицательный результат.

При МРТ выявляются следующие морфологические изменения.

Отек миокарда в острую фазу поражения проявляется несколькими симптомами: наиболее точно он оценивается как утолщение миокарда на кино-МР-томограммах, повышение интенсивности МР-сигнала от пораженных сегментов на T2-взвешенных изображениях, накопление контрастного препарата в участках поражения в раннюю и в отсроченную фазы, вследствие изменения объемов внеклеточной и

внутриклеточной жидкости (Рис. 6). В хроническую фазу поражения формирование зон поствоспалительного фиброза приводит к расширению полостей сердца, отсроченному контрастированию в участках фиброзного изменения миокарда.

Чаще всего в поражение вовлекается миокард межжелудочковой перегородки (МЖП) и боковой стенки ЛЖ. Поражение другой локализации, особенно правого желудочка, встречается значительно реже. Распределение КС в миокарде чаще всего носит трансмуральный характер, реже – субэпикардиальный. Субэндокардиальное поражение при саркоидозе сердца не описывалось.

Для поражения сердца воспалительной природы характерно:

1. локализация очагов никогда не совпадает с бассейнами коронарных артерий;
2. как правило, накопление контрастного препарата бывает менее ярким, чем при ишемическом поражении и отличается меньшей четкостью контуров;
3. накопление контрастного препарата редко имеет субэндокардиальный характер, наиболее типично субэпикардиальное или интрамуральное контрастирование.

Поражение сердца при кардиомиопатиях.

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) – это первичное заболевание миокарда, характеризующееся значительным локальным или диффузным утолщением миокарда при отсутствии гемодинамических нарушений, способных вызвать гипертрофию и дилатацию полости ЛЖ.

МРТ при ГКМП используется для точного определения локализации и оценки степени гипертрофии миокарда ЛЖ, расчета массы мио-



Рис. 9,а



Рис. 9,б

Рис. 9. МРТ сердца.

Пациент Т., амилоидоз сердца. Короткая ось ЛЖ. а – Кино-МРТ, симметричная гипертрофия миокарда ЛЖ. б – Отсроченное контрастирование, циркулярное субэндокардиальное накопление КС.

карда, оценки внутрисердечной гемодинамики (наличия зон обструкции), оценки сократимости миокарда левого и правого желудочков (ЛЖ и ПЖ), общей и локальной. Особенно информативна МРТ при обследовании больных с подозрением на апикальную форму ГКМП, диагностировать которую бывает сложно с помощью традиционных методов диагностики [18].

Гистологически миокард больных ГКМП характеризуется наличием беспорядочно расположенных миофибрилл и увеличением объема соединительной (фиброзной) ткани. На МР-томограммах с отсроченным контрастированием очаги накопления контрастного препарата в миокарде встречаются более чем у половины больных (по данным некоторых авторов – более чем в 70%) [19]. Как правило, определяется несколько очагов, чаще в местах максимального утолщения. Характер контрастирования отличается разнообразием: у одного пациента могут встречаться зоны как трансмурального, так и нетрансмурального, как субэпикардиального, так и субэндокардиального контрастирования (Рис. 7). Выраженность контрастного усиления возрастает со степенью гипертрофии (отмечается корреляция объема контрастированной ткани и массы миокарда) и обратно пропорциональна функции ЛЖ.

В нескольких исследованиях продемонстрирована зависимость объема контрастированной ткани у больных ГКМП от клинического состояния пациента: у больных с большим объемом фиброзных изменений чаще встречались тяжелые нарушения ритма [20]. При оценке выживаемости больных ГКМП была показана достоверная корреляция объема контрастированной ткани и частоты неблагоприятных исходов [21]. Эти работы позволяют использовать показатели МРТ с поздним контрастированием

для стратификации больных ГКМП по риску неблагоприятных событий. Интересно, что у больных с артериальной гипертонией очаги контрастирования встречаются реже, чем у больных ГКМП, даже при одинаковой степени гипертрофии [22]. То же самое можно отметить и для больных с гипертрофией миокарда ЛЖ, вызванной аортальными пороками сердца: очаги накопления контрастного препарата встречаются, но значительно реже.

Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП) характеризуется выраженным расширением полости желудочков, чаще всего левого, со снижением систолической и диастолической функций. Вопрос об этиологии ДКМП до сих пор является предметом активного изучения кардиологов. Наиболее частыми этиологическими факторами этого заболевания считается воздействие инфекционных или токсических агентов. С увеличением возраста пациентов причиной расширения полостей сердца чаще становится ишемическое повреждение. МРТ с отсроченным контрастированием позволяет уточнить причину расширения полости ЛЖ: исключить перенесенный ранее инфаркт миокарда, выявить очаги, характерные для поствоспалительных изменений [23]. Очаги накопления контрастного препарата, которые могут быть отмечены в миокарде больных ДКМП, как правило, имеют линейную форму и располагаются интрамиокардиально (Рис. 8). У части больных очагов контрастирования в миокарде не выявляют.

Аритмогенная дисплазия правого желудочка (АДПЖ) характеризуется изменениями структуры и функции стенок правого желудочка (ПЖ), которые приводят к желудочковым нарушениям ритма – основному клиническому проявлению болезни – и недостаточности кровообращения по большому кругу. Поставить ди-

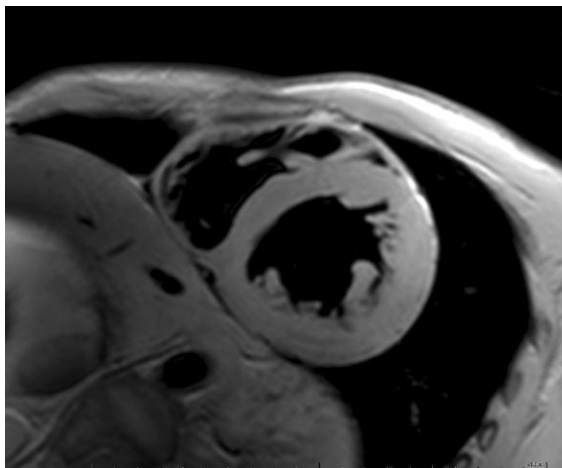


Рис. 10,а

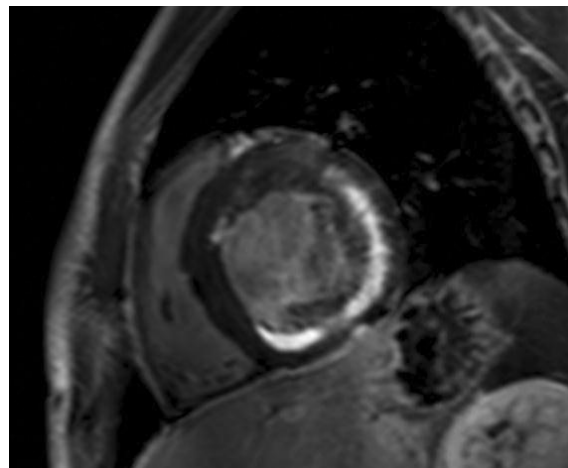


Рис. 10,б

Рис. 10. МРТ сердца.

Пациент О., нарушение обмена гликогена – болезнь Данона. а – Короткая ось ЛЖ. Т1-ВИ; обращает внимание симметричная гипертрофия миокарда ЛЖ. б – Отсроченное контрастирование. Видны обширные зоны накопления контрастного препарата в боковой и нижней стенках.

агноз АДПЖ, особенно на ранних стадиях болезни, бывает достаточно сложно. Постановка диагноза основана на выявлении отдельных признаков болезни, как морфологических, так и функциональных, электрофизиологических, совокупность которых позволяет диагностировать АДПЖ. В дополнение к морфологической и функциональной оценке ПЖ при МРТ результаты отсроченного контрастирования могут продемонстрировать диффузное или локальное замещение передней стенки ПЖ фиброзной тканью (Рис. 11) [24].

МРТ с отсроченным контрастированием в диагностике инфильтративных заболеваний миокарда.

МРТ с отсроченным контрастированием позволяет выявить такие причины вторичной рестрикции, как инфильтративные заболевания миокарда (в первую очередь амилоидоз), а также болезни накопления (болезнь Фабри, болезни накопления гликогена).

Амилоидоз характеризуется накоплением в миокарде белка - амилоида (что вызывает увеличение относительного объема внеклеточного пространства) и проявляется гипертрофией миокарда и значительным ухудшением диастолической функции сердца. МРТ с поздним контрастированием выявляет негетогенное диффузное или субэндокардиальное накопление КС в миокарде на фоне выраженной гипертрофии (Рис. 9). Характер накопления отличается от такового при всех остальных заболеваниях сердца. Как правило, у больных с амилоидозом сложно правильно определить время инверсии, что создает впечатление диффузного гиперусиления [25].

Накопление контрастного препарата

описано также для других болезней накопления, в частности, нарушений накопления гликогена (болезнь Данона и LAMB-кардиомиопатия). Контрастный препарат накапливается в таких случаях в наиболее утолщенных сегментах миокарда, чаще в базальных сегментах боковой стенки и МЖП. Накопление может быть интрамиокардиальным или трансмуральным (Рис. 10) [26].

Выводы.

Подводя итог вышесказанному, следует сделать наиболее важные с практической точки зрения выводы.

1. Использование методики отсроченного контрастирования значительно расширяет возможности МРТ сердца в оценке миокарда.
2. МРТ с отсроченным контрастированием должна использоваться в комплексном обследовании сердца лишь в сочетании с методиками для изучения морфологии и функции.
3. МРТ сердца может выполняться на МР-томографах с напряженностью магнитного поля 0,5-3 Тл при наличии пакета специальных импульсных последовательностей с улучшенным тканевым разрешением.
4. Для отсроченного контрастирования могут использоваться любые КС для МРТ, доза контрастного препарата должна составлять 0,15 - 0,2 ммоль/кг (0,3 - 0,4 мл/кг) веса пациента.
5. При оценке результатов исследования с отсроченным контрастированием важным диагностическим критерием является тип распределения КС в миокарде (субэндокардиальный, интрамиокардиальный, трансмуральный, субэпикардиальный).

МРТ с отсроченным контрастированием значительно расширяет возможности МРТ в

оценке структуры миокарда. В первую очередь, метод эффективен в выявлении поражения сердца при ОИМ и ПИКС, а также в диагностике различных воспалительных заболеваний сердца, инфильтративного поражения. В клинической практике МРТ с отсроченным контрастированием используется для дифференциаль-

ной диагностики заболеваний в сложных клинических ситуациях: при развитии сердечной недостаточности, уточнении причины гипертрофии миокарда, а также для оценки жизнеспособности миокарда при ишемическом поражении.

Список литературы:

1. Schneider G., Fries P., Ahlhelm F. et al. Contrast-enhanced cardiac MR imaging // *Eur. Radiol.* 2003. V.13 (Suppl. 3). P.N11-N18.
2. De Roos A., Doornboss J., Van der Wall E. et al. MR imaging of acute myocardial infarction: value of GD-DTPA // *AJR.* 1988. V.150. P.531-534.
3. Adzamli I.K., Jolesz F.A., Bleier A.R. et al. The effect of gadolinium DTPA on tissue water compartments in slow- and fast-twitch rabbit muscles // *Magn. Reson. Med.* 1989. No.11. P.172-181.
4. Innoue S., Murakami Y., Ochiai K. et al. The contributory role of interstitial water in GD-DTPA-enhanced MRI in myocardial infarction // *J. Magn. Reson. Imaging.* 1999. No.9. P.215-219.
5. Lima J.A., Judd R., Bazille A. et al. Regional heterogeneity of human myocardial infarcts demonstrated by contrast-enhanced MRI: potential mechanisms // *Circulation.* 1995. V.92. P.1117-1125.
6. Simonetti OP, Kim RJ, Fieno DS, et al. An improved MR imaging technique for the visualization of myocardial infarction. *Radiology.* 2001. V.218. P.215-223.
7. Gupta A., Lee V.S., Chung Y.C. et al. Myocardial infarction: optimization of inversion times at delayed contrast-enhanced MR imaging // *Radiology.* 2004. V.233. P.921-926.
8. Ganame J., Messalli G., Masci P.G. Time course of infarct healing and left ventricular remodeling in patients with reperused ST-segment elevation myocardial infarction using comprehensive magnetic resonance imaging // *Eur. Radiol.* 2011. V.21, No.4. P.693-701.
9. McCommis KS, Goldstein TA, Zhang H, Misselwitz B, Gropler RJ, Zheng J. Quantification of myocardial blood volume during dipyridamole and dobutamine stress: a perfusion CMR study. *J CardiovascMagnReson.* 2007;9:785-792.
10. Kim R.J., Wu E., Rafael A., Parker M.A. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction // *N. Engl. J. Med.* 2000. V.343. P.1445-1453.
11. Sanstede J.J. Assessment of myocardial viability by MR imaging // *Eur. Radiol.* 2003. V.13. P.52-61.
12. Savada S., Bapat A., Vaz D. et al. Incremental value of myocardial viability for prediction of long-term prognosis in surgically revascularized patients with left ventricular dysfunction // *JACC.* 2003. V.42. P.1099-1105.
13. Baughman K.L. Diagnosis of myocarditis: Death of Dallas criteria // *Circulation.* 2006. V.113, No.4. P.593-595.
14. Friedrich M., Strohm O., Schulz-Menger J. et al. Contrast media-enhanced magnetic resonance imaging visualizes myocardial changes in the course of viral myocarditis // *Circulation.* 1998. V.97. P.1802-1809.
15. Mahrholdt H, Goedecke C, Wagner A et al. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology. *Circulation* 2004; 109:1250-1258.
16. Vignaux O., Dhote R., Duboc D. et al. Clinical significance of myocardial magnetic resonance abnormalities in patients with sarcoidosis: a 1-year follow-up study // *Chest.* 2002. V.122. P.1895-1901.
17. Shimada T., Shimada K., Sakane T. et al. Diagnosis of cardiac sarcoidosis and evaluation of the effects of steroid therapy by gadolinium-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging // *Am. J. Med.* 2001. V.110. P.520-527.
18. Rickers C., Wilke N.M., Jerosch-Herold M. et al. Utility of cardiac magnetic resonance imaging in the diagnosis of hypertrophic cardiomyopathy // *Circulation.* 2005. V.112. P.855-861.
19. Синицын В.Е., Стукалова О.В., Ларина О.М. и др. Магнитно-резонансная томография сердца с отсроченным контрастированием в оценке очаговых изменений в миокарде левого желудочка у больных с гипертрофической кардиомиопатией // *Кардиол. вестн.* 2008. №2. С. 54-57.
20. Adabag A.S., Maron B.J., Appelbaum E. et al. Occurrence and frequency of arrhythmias in hypertrophic cardiomyopathy in relation to delayed enhancement on cardiovascular magnetic resonance // *JACC.* 2008. V.51. P.1369-1374.
21. Bruder O., Wagner A., Jensen C.J. et al. Myocardial scar visualized by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts major adverse events in patients with hypertrophic cardiomyopathy // *JACC.* 2010. V.56. P.875-887.
22. Debl K., Djavidani B., Buchner S. et al. Delayed hyperenhancement in magnetic resonance imaging of left ventricular hypertrophy caused by aortic stenosis and hypertrophic cardiomyopathy: visualisation of focal fibrosis // *Heart.* 2006. V.92. P.1447-1451.
23. McCrohon J.A., Moon J.C.C., Prasad S.K. et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance // *Circulation.* 2003. V.108. P.54-59.
24. Sen-Chowdhry S., Syrris P., Ward D. et al. Clinical and genetic characterization of families with arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy provides novel insights into patterns of disease expression // *Circulation.* 2007. V.115. P.1710-1720.
25. Maceira A.M., Joshi J., Prasad S.K. et al. Cardiovascular magnetic resonance in cardiac amyloidosis // *Circulation.* 2005. V.111. P.186-193.
26. Шрейдер Е.В., Базаева Е.В., Стукалова О.В. и др. Болезнь накопления гликогена: синдром Данона // *Кардиология.* 2012. № 1. С.91-96.