

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

А.Ю. Силин, В.Н. Лесняк

*ФГБУ "Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи
и медицинских технологий ФМБА России", Москва*

Обзор литературы анализирует современную роль магнитно-резонансной томографии в диагностике и мониторинге заболеваний сердца. Приведены основные показания и противопоказания к использованию метода, оценены возможности МРТ-диагностики при разной патологии миокарда и клапанов.

Ключевые слова: Магнитно-резонансная томография, сердце, диагностика.

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF HEART IN CLINICAL PRACTICE

Silin A., Lesnyak V.

Literature review analyzes the current role of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis and monitoring of heart disease. There are the major indications and contraindications to the use of the method, the possibility of MRI diagnosis in different myocardial and valves pathology.

Key words: Magnetic resonance imaging, heart, diagnosis.

Введение.

На сегодняшний день практическая медицина располагает достаточно большим арсеналом эффективных методов диагностики сердечно-сосудистой системы. Вместе с тем доказано, что при правильно выбранных показаниях к исследованию и грамотном методическом подходе, магнитно-резонансная томография (МРТ) может существенно повысить информативность диагностики заболеваний сердца [1]. МРТ сердца обладает уникальной способностью одновременного получения не только анатомических, но и функциональных характеристик приобретенных и врожденных заболеваний сердца, а с недавнего времени используется также для оценки жизнеспособности миокарда [2].

К достоинствам МРТ традиционно относят неинвазивность, отсутствие лучевой нагрузки, многоплоскостное сканирование с возможностью постобработки данных, отображение

движущейся крови с функцией оценки скорости и характера кровотока, высокую контрастность мягких тканей. Основные недостатки метода: длительное время исследования, невозможность уверенного выявления кальцинатов, высокая себестоимость процедуры. Также следует упомянуть ограничения при исследовании тяжелых больных, артефакты от медицинских металлических имплантов, невозможность обследования пациентов с искусственными водителями ритма, объектами из неметаллических металлов. [1]

Широкое внедрение МРТ сердца в клиническую практику сдерживают высокая стоимость оборудования и эксплуатации, специальные требования к помещениям, дефицит высококвалифицированных медицинских кадров. По этим причинам экспертная МРТ диагностика сердечной патологии доступна, как правило, лишь в крупных специализированных центрах, имеющих в своем составе кардио-

логические и кардиохирургические отделения. Во многом благодаря этому терапевты и кардиологи поликлиник и стационаров средней мощности недостаточно информированы о месте МРТ сердца в арсенале диагностических методов.

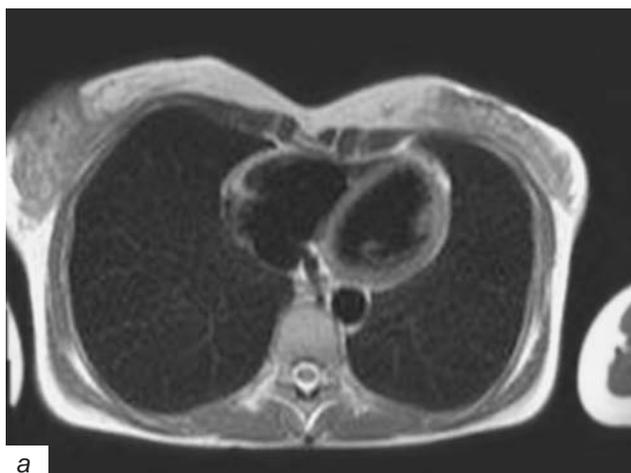
Целью настоящей публикации является знакомство широкого круга специалистов с возможностями применения магнитно-резонансной томографии сердца в клинической практике.

История вопроса. Первые сообщения о применении МРТ для диагностики заболеваний сердца датируются началом 90-х годов. Главным недостатком метода в то время была статичность изображений и, как следствие, невозможность оценки функции сердца [3]. В последующие годы с развитием МРТ-технологий стали расширяться возможности программно-аппаратного комплекса для исследования сердца. Появилась техника синхронизации сканирования с сердечным ритмом для исключения артефактов от сердечных сокращений, а также для выполнения функциональных исследований, были внедрены сверхбыстрые программы, позволяющие проводить сканирование на задержке дыхания для устранения артефактов от экскурсии грудной клетки.

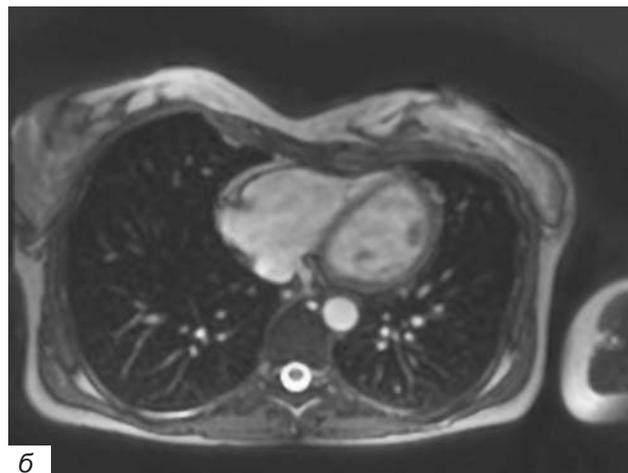
Методические аспекты исследования. Несмотря на то, что МР-исследования сердца могут быть выполнены с использованием приборов различного класса, наиболее качественные и информативные исследования возможны с применением томографов напряженностью магнитного поля не ниже 1,5Тл, имеющих современное программное обеспечение.

Применяемые для исследования сердца про-

граммные комплексы, можно разделить на две группы. В 1-й группе сигнал от быстро текущей крови будет низкой интенсивности (образы с «темной кровью»), эти изображения выполняются для оценки анатомии магистральных сосудов и камер сердца. Примером таких последовательностей являются спин-эхо (SE), турбо спин-эхо с задержкой дыхания (TSE, FSE, breath-hold), и последовательности с двойной инверсией-восстановлением (IR) для подавления сигнала от крови – HASTE, double-IRTSE/FSE (рис. 1а). Во 2-й группе сигнал от движущейся крови будет высокой интенсивности, так называемые образы со «светлой кровью», которые обеспечиваются градиентными последовательностями (GRE), также дающими возможность получения кино-МРТ. Кино-режим является наиболее информативной и часто используемой методикой, отображающей сокращающееся сердце с визуализацией как физиологических, так и патологических потоков крови, при этом движущееся изображение замкнуто в кино-петлю продолжительностью в один сердечный цикл. Непременным условием выполнения кино-МРТ сердца является задержка дыхания во время сканирования. Кино-МРТ версии имеют оригинальные названия у разных фирм производителей оборудования: TurboFLASH (SIEMENS), fastSPGR (General Electric), и TFE/FFE (Philips), параметры таких последовательностей настраиваются с учетом сердечного ритма и способности пациента к задержке дыхания. Последние разработки GRE-последовательностей отличает высокая дифференцировка миокарда и кровяного бассейна: trueFISP (SIEMENS), balanced FFE (Philips) или FIESTA (General Electric) (рис.1б).



а



б

Рис. 1. Нормальная МР-анатомия сердца. Стандартный аксиальный срез на уровне желудочков сердца.

а) Последовательность HASTE, низкий МР-сигнал от движущейся крови; б) Последовательность true FISP, высокий МР-сигнал от движущейся крови.

Стандартное исследование сердца начинается с последовательностей с низким сигналом от крови для оценки анатомических особенностей сердца и продолжается с помощью быстрых GRE-последовательностей для анализа функциональных изменений, таких как клапанные регургитации, особенности тока крови и сокращения камер сердца [4]. Задержка дыхания в зависимости от выбранной импульсной последовательности составляет от 5 до 20 сек. Синхронизация сканирования с сердечным ритмом осуществляется через ЭКГ контроль (рис. 2).



Рис. 2. Устройство для синхронизации исследования с сердечным ритмом

Технология не предусматривает получения точных ЭКГ-данных; необходимым условием получения качественного исследования является наличие высокого зубца R, ориентируясь на который МР-система начинает сканирование. Также существует возможность синхронизации сканирования с периферическим пульсом, однако этот метод не нашел широкого применения из-за сглаженности пульсовой волны, что приводит к несвоевременной подаче РЧ-импульса, однако метод может быть полезен в случае выхода из строя датчиков ЭКГ или при необходимости мониторинга состояния пациента во время исследования.

Для изучения анатомических особенностей сердца применяют сканирование во фронтальной и аксиальной плоскостях. Методики быстрых GRE-последовательностей позволяют, выполняя кино-МРТ, получать срезы вдоль анатомических осей сердца, что хорошо согласуется с данными Эхо-КГ (рис. 3). В случае необходимости получения дополнительной информации сканирование может быть осуществлено в любой другой плоскости.

Противопоказания к МРТ-сердца те же, что и для любого МР-исследования.

К абсолютным противопоказаниям относятся состояния, угрожающие жизни пациента при проведении методики: наличие искусственного водителя ритма по причине выхода его из строя под воздействием радиочастотного излучения МР-томографа; присутствие металлических клипс на сосудах головного мозга из-за возможности их дислокации; любые немедицинские или ферромагнитные металлические предметы, находящиеся в теле пациента; наличие имплантатов среднего уха.

Относительными противопоказаниями являются: медицинские импланты, расположенные в других частях тела, кроме головного мозга, способные в отдаленном послеоперационном периоде закрепиться в тканях за счет развивающихся вокруг них фиброзных изменений: металлические скобки в грудине, современные модели каво-фильтров, сосудистые стенты, искусственные клапаны сердца. Решение о возможности исследования принимается совместно с лечащим врачом и лучевым диагностом, в каждом случае индивидуально, на основании информации о материале металлического импланта и его поведении в магнитном поле. Основное значение имеет оценка риска смещения объекта и нагревания под воздействием РЧ-излучения [5]. Кроме того, следует помнить, что наличие артефактов от любых металлических предметов вызывает значительные трудности в интерпретации полученных данных.

МРТ сердца требует от пациента активного участия в диагностическом процессе, которое заключается в необходимости сохранять неподвижное положение и четко выполнять команды по задержке дыхания. С учетом этого обследование больных с выраженной отдышкой, нарушенным сознанием, болевым синдромом будет затруднено или невыполнимо.

Еще одним ограничением применения МРТ сердца является нарушение ритма. Так как сканирование всегда синхронизируется с ЭКГ и запускается по зубцу R, обследование пациентов с аритмиями приводит к снижению качества проводимого исследования и, как следствие, к затруднению трактовки полученных данных.

Показания для выполнения МРТ сердца достаточно обширны: диагностика и динамическое наблюдение врожденных и приобретенных пороков сердца, в том числе пороков кла-

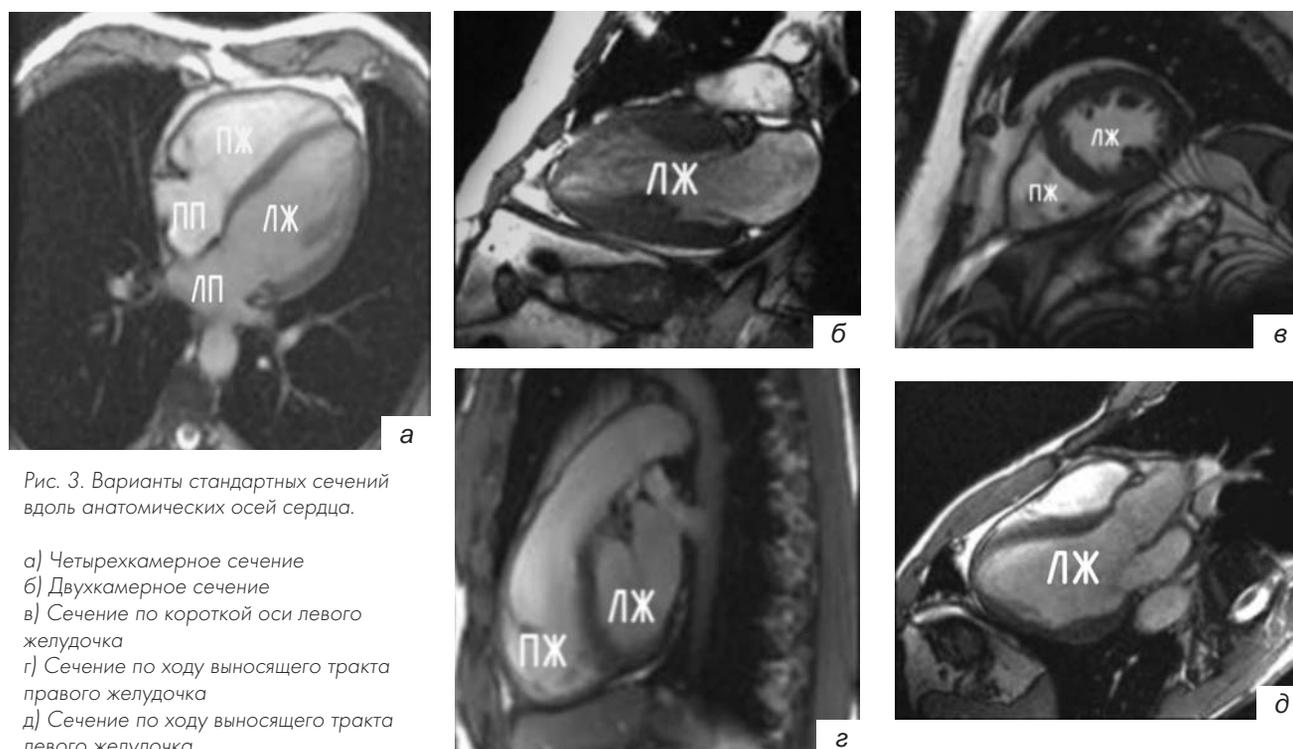


Рис. 3. Варианты стандартных сечений вдоль анатомических осей сердца.

- а) Четырехкамерное сечение
- б) Двухкамерное сечение
- в) Сечение по короткой оси левого желудочка
- г) Сечение по ходу выносящего тракта правого желудочка
- д) Сечение по ходу выносящего тракта левого желудочка

панного аппарата, помощь в планировании операций и послеоперационный контроль, обследование больных с кардиомиопатиями, заболеваниями перикарда и средостения, диагностика опухолей сердца, оценка состояния миокарда при ишемической болезни сердца, диагностика заболеваний аорты (отслоение интимы, аневризма, тромботические массы), а также оценка количественных параметров (хорошо согласуется с данными Эхо-КГ), дообследование при неопределенных данных Эхо-КГ.

МР-исследование пациентов с врожденными заболеваниями сердца направлено на определение морфологических особенностей сердечных камер, их взаимоотношения с магистральными сосудами, а также на выявление особенностей изменения кровотока в камерах сердца. Обычно оно дополняет Эхо-КГ как в педиатрической практике, так и у взрослых пациентов, однако может быть использовано как альтернатива прямой ангиографии, что трудно переоценить.

Диагностика врожденных пороков сердца у взрослых пациентов имеет некоторые трудности. Например, дефект межпредсердной перегородки у детей или подростков не ассоциируется с гипертрофией правого желудочка и легочной гипертензией, однако у пожилых пациентов указанные изменения с данной патологией вполне ожидаемы [6]. В качестве клинического

примера диагностики врожденных пороков сердца можно привести случай диагностики трехпредсердного сердца у 33-летнего мужчины (рис. 4).

МР-исследование перфузии и жизнеспособности миокарда

Данная методика является одной из самых информативных в оценке состояния миокарда при ишемической болезни сердца. С помощью болюсного контрастирования гадолиний-содержащими препаратами и применения GRE последовательностей имеется возможность наблюдать за интенсивностью контрастного усиления миокарда практически в режиме реального времени. Наблюдая за динамикой контрастирования, можно точно и быстро определить зону, опаздывающую с накоплением контрастного препарата, что документирует снижение перфузии в конкретном участке. Также имеется возможность оценки сократительной способности в зоне интереса. Благодаря этому в США данная методика входит в стандарты диагностики ишемии миокарда [7].

Диагностика кардиомиопатий

Наиболее часто встречается дилатационная кардиомиопатия, характеризующаяся расширением камер сердца и снижением фракции выброса при отсутствии ишемической болезни миокарда.

Вторая по частоте встречаемости – гипер-

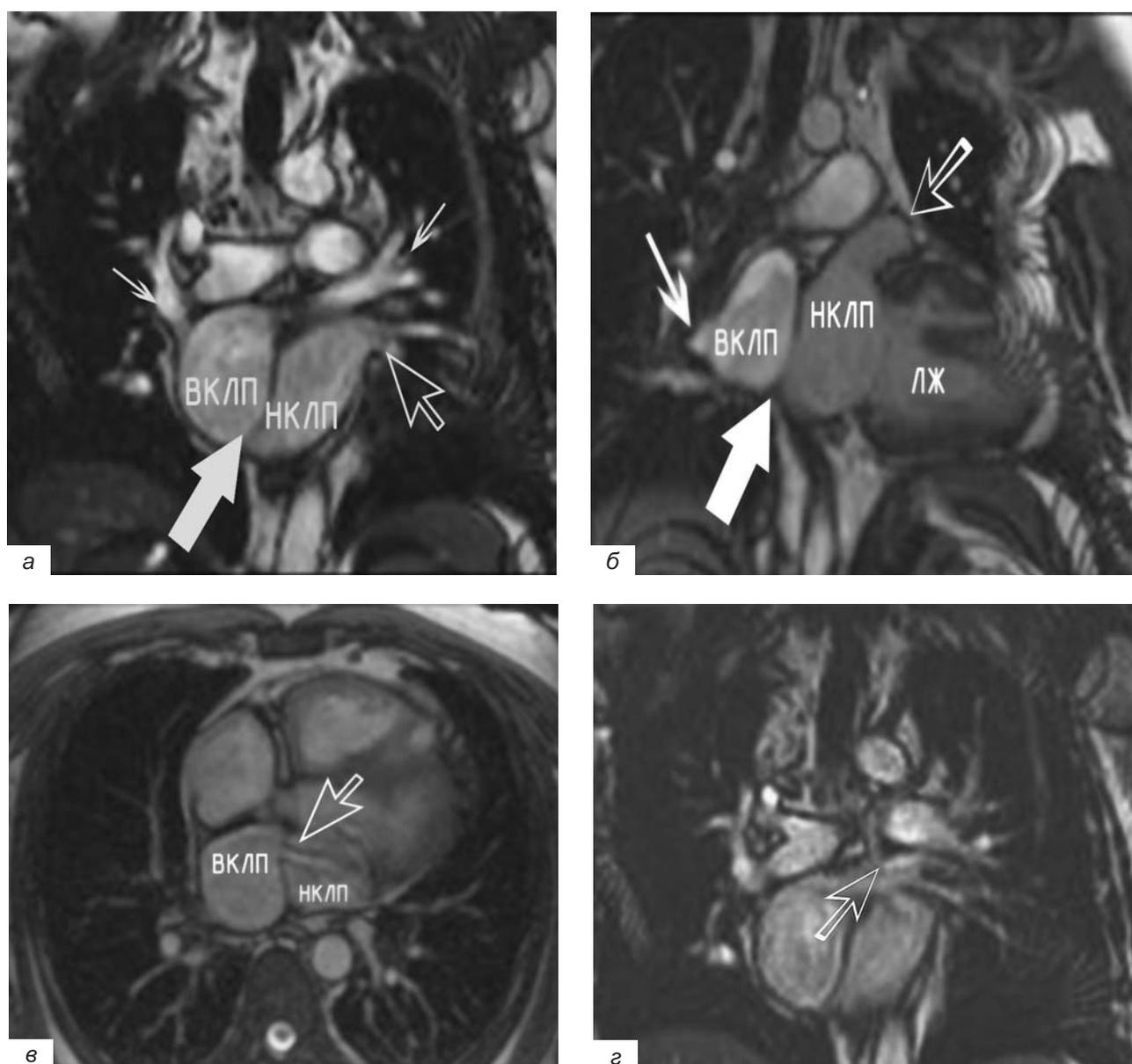


Рис. 4. Трехпредсердное сердце.

Левое предсердие разделяется дополнительной перегородкой на две камеры (белая стрелка): верхнюю камеру левого предсердия (VKLP), в которую впадают все легочные вены (короткие стрелки) (а), и нижнюю камеру левого предсердия (HKLP), сообщающуюся с левым желудочком и ушком предсердия (прозрачная стрелка) (б).

Виден турбулентный поток крови, направляющийся из верхней камеры левого предсердия (VKLP) в нижнюю (HKLP) через дефект размерами 0,5см в дополнительной перегородке (прозрачная стрелка) (в).

Гемодинамика компенсировалась добавочной легочной веной (прозрачная стрелка), впадающей в подключичную вену (г).

трофическая кардиомиопатия. Она характеризуется локальным или диффузным утолщением стенки левого желудочка. При гипертрофической кардиомиопатии утолщение межжелудочковой перегородки может вызывать обструкцию выносящего тракта левого желудочка. В случае обструкции отмечается переднее систолическое движение передней створки митрального клапана, что обычно приводит к митральной регургитации (Рис. 5).

Обструктивная кардиомиопатия – наименее распространенная форма миокардиальной дисфункции, которая может быть идиопатической или являться следствием системных заболеваний соединительной ткани с поражением клапанов, папиллярных мышц и субэндокардиальных отделов миокарда желудочков. МР-картина данного заболевания включает в себя деформацию и уменьшение полости левого и (или) правого желудочков сердца, недо-

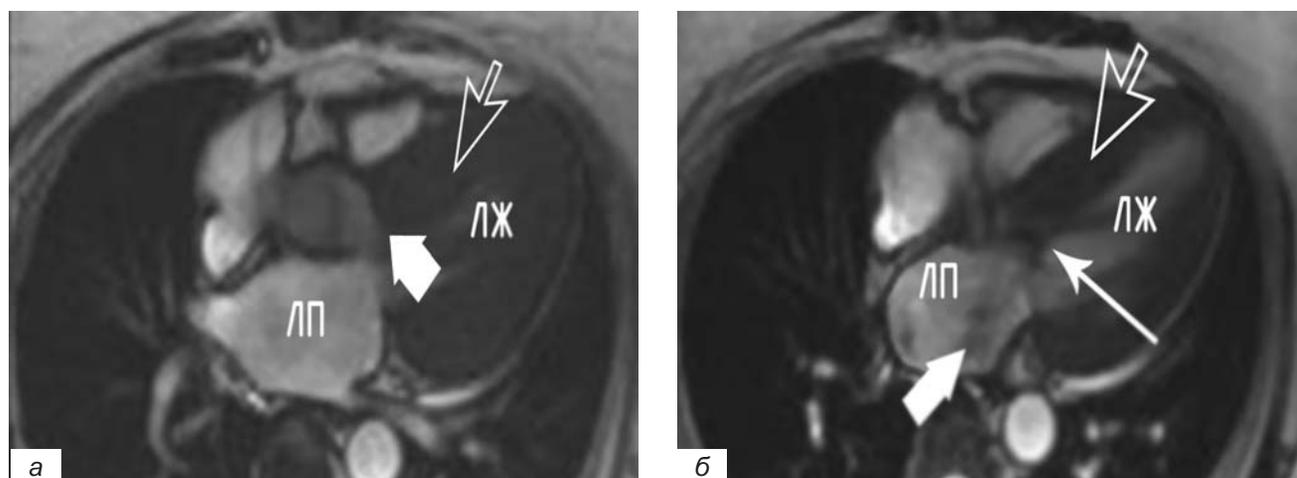


Рис. 5. Гипертрофическая кардиомиопатия.

а) Гипертрофия миокарда ЛЖ, в том числе и межжелудочковой перегородки (прозрачная стрелка), обструкция выносящего тракта хорошо видна в конце систолы (короткая стрелка).

б) Переднее систолическое движение передней створки митрального клапана (тонкая стрелка), митральная регургитация в виде аномального турбулентного потока крови (белая стрелка) в полости увеличенного в объеме ЛП.

статочность митрального или трехстворчатого клапана и, как следствие, дилатацию предсердий при сохраненной систолической активности [8] (рис. 6).

Аритмогенная дисплазия правого желудочка (АДПЖ) характеризуется замещением нормального миокарда наружной стенки правого желудочка жировой или фиброзно-жировой тканью. Области, наиболее часто подверженные указанным изменениям, включают в себя верхушку сердца, а также субтрикуспидальное пространство. Пораженный миокард может вызывать вентрикулярную аритмию, с которой связывают около 5% внезапных смертей в США [8].

Диагноз АДПЖ может быть достоверно установлен на основании структурных, гистологических, электрокардиографических, аритмических и генетических факторов [9]. При этом особое место отводится методике МРТ сердца, способной выявить структурные и функциональные изменения, специфические для данного заболевания: констатировать наличие локальных аневризм правого желудочка, тотальную или сегментарную дилатацию наружной стенки правого желудочка, его региональную гипокинезию, и наконец, напрямую отобразить замещение соединительно-жировой тканью наружной стенки миокарда правого желудочка [10] (рис. 7).

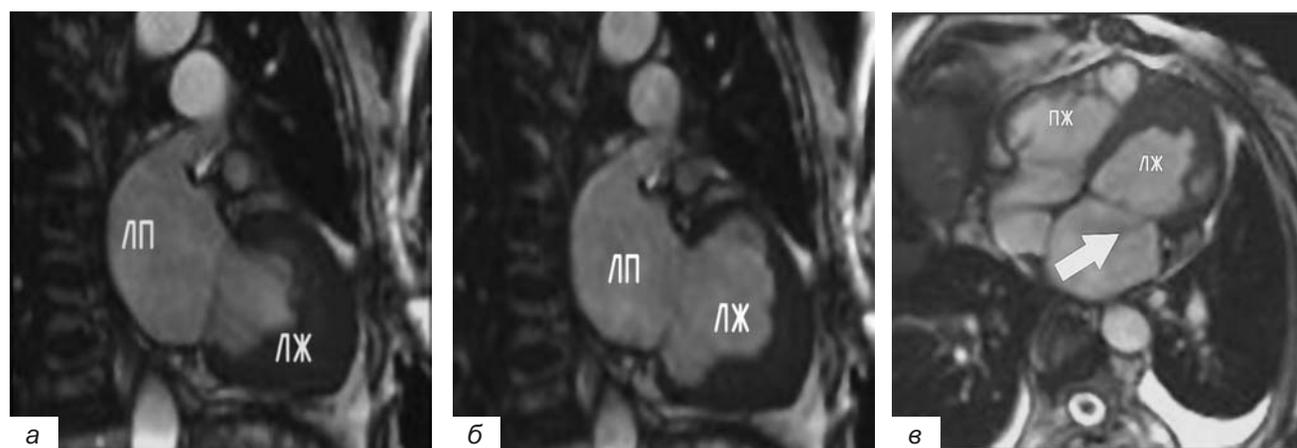


Рис. 6. Фибропластический эозинофильный эндокардит (эндокардит Леффлера) – обструктивный вариант кардиомиопатии.

Неравномерная гипертрофия миокарда левого желудочка, приводящая к уменьшению его систолического (а) и диастолического (б) объемов с наличием митральной регургитации (белая стрелка) и увеличением объема левого предсердия (в).

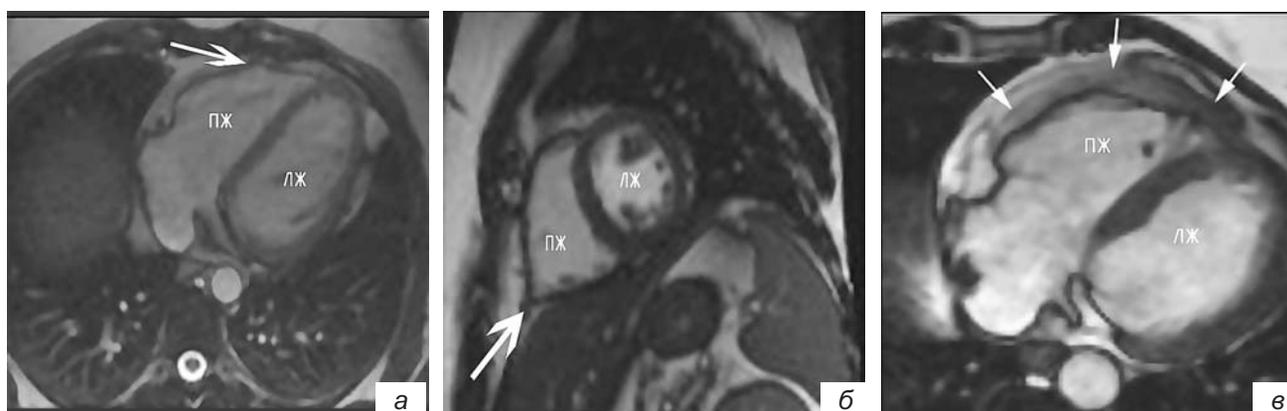


Рис. 7. Аритмогенная дисплазия правого желудочка. Локальное аневризматическое взбухание наружной стенки правого желудочка (тонкая стрелка), проявляющееся в диастолу – малый признак АДПЖ (а, б). Диффузное повышение MR-сигнала от наружной стенки ПЖ – признак жировой инфильтрации миокарда и большой критерий АДПЖ (в).

Миокардиты. Группа представляет собой разнообразие инфекционных, токсических и аутоиммунных случаев воспаления миокарда. Клинические симптомы миокардитов не всегда специфичны; в целом, диагностика данной патологии затруднена. МРТ сердца с контрастным усилением дает возможность оценить локализацию и размеры участка воспаления миокарда, определить степень кардиальной дисфункции, а также объективизировать динамику болезни [11] (рис. 8).

Оценка патологии клапанов сердца

МРТ диагностика клапанных пороков решает следующие задачи:

- 1) выявление пораженного клапана;
- 2) определение анатомических особенностей исследуемого клапана;
- 3) оценка клапанной функции (степень стеноза или регургитации);
- 4) определения влияния клапанной дисфункции на структуры и функцию сердца [12].

Применяя специальные импульсные последовательности, чувствительные к движению крови (trueFISP - Siemens), возможно определить зоны турбулентности, которые видны как при стенозе, так и при недостаточности клапанного аппарата. Наиболее показательной в этом смысле является диагностика стеноза аортального клапана, где МРТ с помощью кино-режима позволяет визуализировать турбулентные

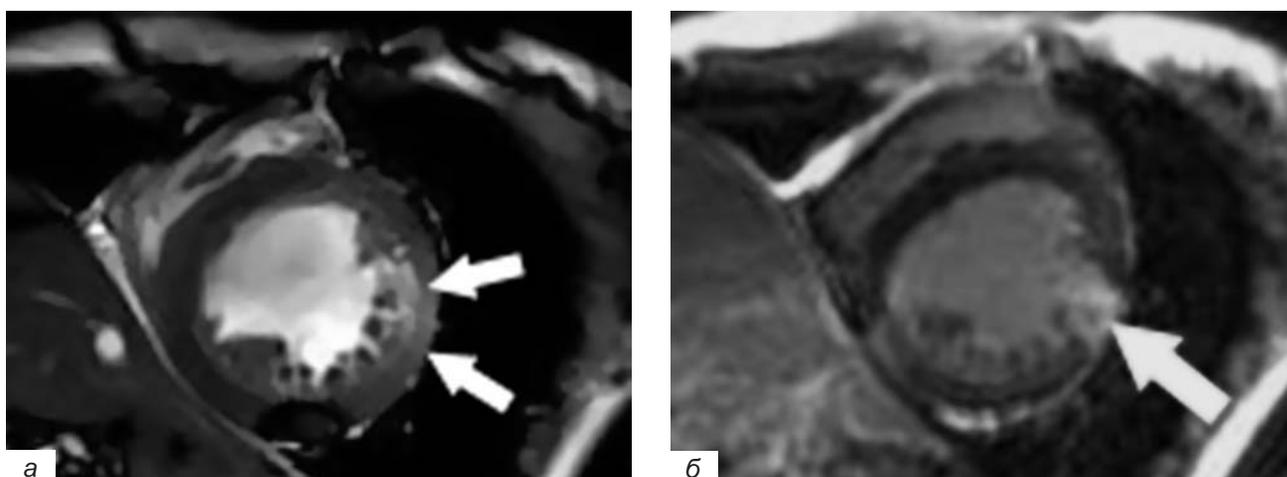


Рис. 8. Миокардит. На срезах по короткой оси ЛЖ, выполненных до (а) и после (б) контрастного усиления, выявляется участок отека и локального накопления контрастного препарата в субэпикардальных отделах миокарда свободной стенки левого желудочка (стрелки). MR-картина отека и отсроченного накопления контрастного препарата считаются показателями воспаления с повреждением кардиомиоцитов.

потоки крови, а также оценить степень гипертрофии миокарда левого желудочка (Рис. 9).

Опухоли сердца. В настоящее время МРТ считается наиболее предпочтительным методом диагностики опухолей сердца. Основные преимущества МРТ – высокое пространственное разрешение, широкое поле исследования, высокое отличие МР-сигнала между движу-

щейся кровью и камерами сердца без необходимости применения контрастных агентов, возможность мультипланарной реконструкции.

С помощью применения контрастных агентов возможно четкое определение границ опухоли (в том числе, при выходе за пределы стенки миокарда) и степени ее васкуляризации. [13] (Рис. 10).

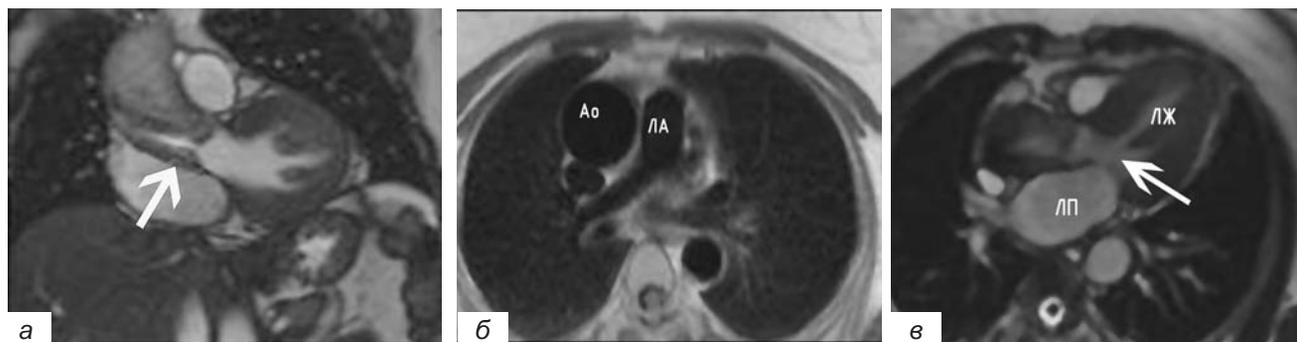


Рис. 9. Стеноз аортального клапана

а) Стеноз аортального клапана с наличием турбулентного потока крови (короткая стрелка), направленного в правую стенку дуги аорты, вызывая её расширение, режим trueFISP.

б) Аксиальный срез, выполненный на уровне легочной артерии (ЛА), показывает значительно расширенную дугу аорты (Ao) в норму равную диаметру легочной артерии.

в) Гипертрофия миокарда левого желудочка без подклапанной обструкции выносящего тракта, длинная стрелка указывает на проходимый выносящий тракт левого желудочка.

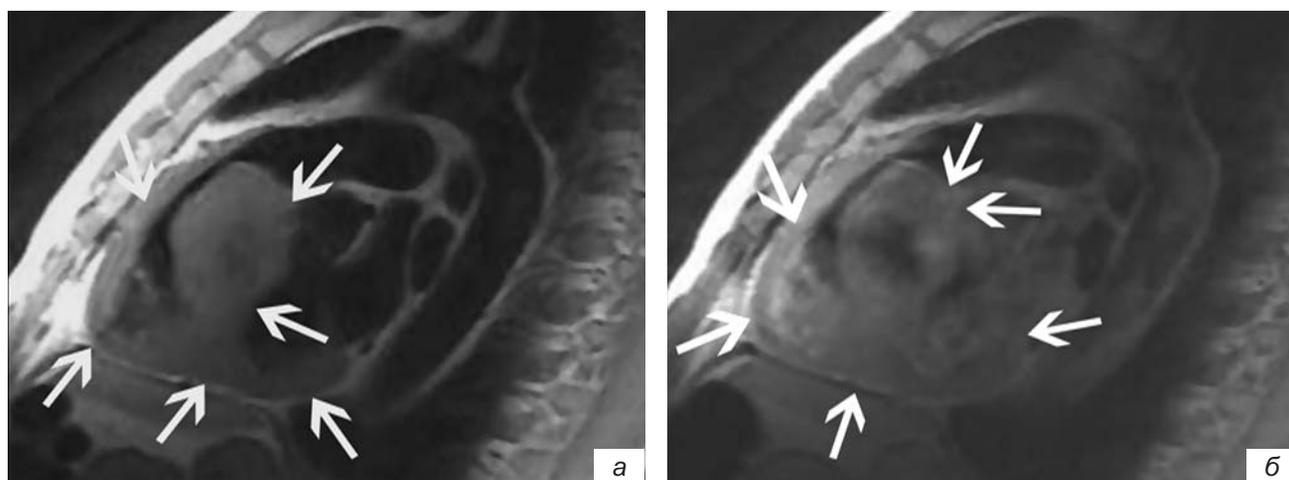


Рис. 10. Фиброма межжелудочковой перегородки

а) до контрастного усиления

б) после контрастного усиления На косых парасагитальных срезах, выявляется опухоль (стрелки), прорастающая межжелудочковую перегородку и стенки желудочков с вовлечением верхушки сердца. (По Lombardi M., Bartolozzi C. MRI of the Heart and Vessels. Milan, 2004).

Внутрисердечные тромбы возникают у пациентов с локальным или глобальным нарушением сократимости стенок сердца, например, после перенесенного инфаркта миокарда, в случае дилатационной кардиомиопатии или

фибрилляции предсердий. Своевременная диагностика внутрисердечных тромбов имеет особое значение из-за риска возникновения смертельных осложнений в случае их отрывов. Тромбы левого желудочка часто соединены с

верхушкой сердца или дискинетичной стенкой желудочка, а также могут находиться внутри аневризматической полости [14] (рис. 11).

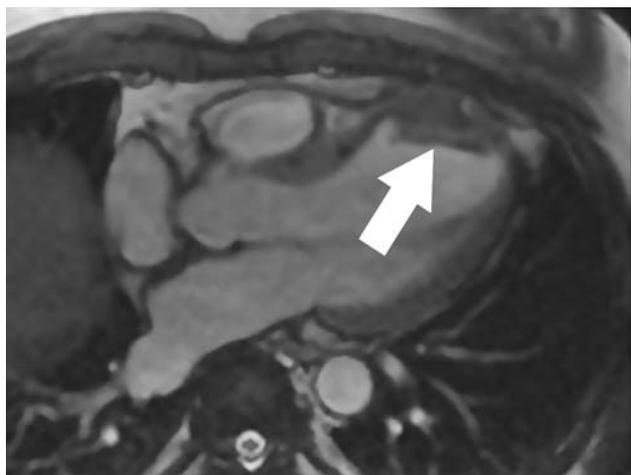


Рис. 11 Тромботические массы в полости левого желудочка. Аксиальный срез через левый желудочек, в области верхушки сердца выявляется истинная аневризма, заполненная тромботическими массами (стрелка).

Заключение

Востребованность МРТ сердца продолжает расти, прежде всего, благодаря уникальным возможностям программно-аппаратного комплекса:

- неинвазивно и без лучевой нагрузки осуществлять диагностику и динамическое наблюдение пациентов с различной патологией сердца;
- получать данные как об анатомии, так и о функции сердца за одно исследование;
- давать количественную оценку желудочковой функции и клапанной недостаточности, превосходя другие методы;

Литература

1. Беленков Ю.Н., Синицин В.Е., Терновой С.К. Магнитно-резонансная томография сердца и сосудов. М., 1997.
2. Poustchi-Amin M, Gutierrez FR, Brown JJ, et al. Performing cardiac MR imaging: an overview // Magn Reson Imaging Clin N Am. 2003 Feb;11(1):1-18.
3. Терновой С.К., Шария М.А. Отдел томографии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова. Становление и развитие томографии в

- дифференцировать физиологические и патологические потоки крови без применения контрастных агентов;

- достоверно оценивать жизнеспособность и перфузию миокарда, применяя динамическое контрастное усиление;

- отображать высокую контрастность мягких тканей, и при необходимости, подавлять МР-сигнал от текущей крови или жировой ткани.

Бурное развитие МРТ технологий подает большие надежды на расширение возможностей метода, в том числе – на внедрение в клиническую практику МР-коронарографии [4,15].

Уже сейчас понятно, что эффективность терапевтического и хирургического лечения пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы может быть выше и безопаснее при обследованиях с помощью МРТ.

За последние годы отмечается увеличение спроса на исследование сердечно-сосудистой системы с помощью МРТ. Это можно объяснить постоянным совершенствованием программного обеспечения, а также все большей информированностью врачей клинических специальностей о ценности получаемой информации при этом виде исследования. Лечебные учреждения начинают все чаще использовать наличие центров МРТ диагностики сердечно-сосудистой системы как маркетинговый ход для привлечения пациентов с профильной патологией.

Однако повсеместное внедрение метода ограничивается высокой ценой оборудования и дороговизной его эксплуатации, а также сложностью, длительностью и высокой себестоимостью самого исследования.

Российском кардиологическом научно-производственном комплексе // Кардиологический вестник 2010, №1. С. 66-71.

4. Wolff S.D., Comeau C.R. Setting up a clinical cardiac MR imaging program: practical issues and economics // Magn Reson Imaging Clin N Am. 2003 Feb;11(1):19-26, v.

5. Shelloc F. Pocket guide to MR procedures and metallic objects: Update 1996. N.Y.: Lippincott-Raven, 1996.

6. Boxt LM, Rozenshtein A. MR imaging of congenital heart disease // Magn Reson Imaging Clin N Am. 2003 Feb;11(1):27-48.
7. Wagner A., Mahrholdt H., Sechtem U. et al. MR imaging of myocardial perfusion and viability. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2003 Feb;11(1):49-66.
8. Kirsch Jacacobo, Glockner James F, Araoz Philip A., et al. Clinical indications and sample imaging protocols with case examples // Mayo Clinic guide to cardiac magnetic resonance imaging, ed. by Kiaran P. McGee, Eric E. Williamson, Paul Julsrud. 2008 P. 39-106.
9. McKenna W.J., Thiene G., Nava A., et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. Br Heart J. 1994; 71:215-8.
10. Andrew M. Taylor and Jan Bogaert. Nonischemic Myocardial Disease // Medical radiology. Diagnostic Imaging Clinical Cardiac MRI ed. by J. Bogaert, S. Dymarkowski, A. M. Taylor. 2005. P. 217-270.
11. Kirsch Jacacobo, Glockner James F., Araoz Philip A. et al. Clinical indications and sample imaging protocols with case examples // Mayo Clinic guide to cardiac magnetic resonance imaging, ed. by Kiaran P. McGee, Eric E. Williamson, Paul Julsrud. 2008. Fig.3.15. P. 60.
12. Andrew M. Taylor and Jan Bogaert. Valvular Heart Disease // Clinical Cardiac MRI. Medical radiology. Diagnostic Imaging ed. by J. Bogaert, S. Dymarkowski, A. M. Taylor. Springer-Verlag, 2005. P. 353-379.
13. Lombardi M., Bartolozzi C. MRI of the Heart and Vessels. Milan, 2004.
14. Keeley E.C., Hillis L.D. Left ventricular mural thrombus after acute myocardial infarction // Clin cardiol. 1996 Feb;19(2):83-6.
15. Danias PG, Stuber M, Botnar RM, et al. Coronary MR angiography clinical applications and potential for imaging coronary artery disease. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2003 Feb;11(1):81-99.

Информация об авторах:

Силин Антон Юрьевич – врач отделения рентгенологии ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.
Тел.: (495) 395-64-98

Лесняк Виктор Николаевич – зав. отделением рентгенологии ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, к.м.н.
E-mail: lesnyak_kb83@mail.ru