

Магнитно-резонансная визуализация в диагностике острого инфаркта миокарда

Н.Т. Ватутин¹, Н.В. Калинкина¹, Е.А. Савченко^{1,2}, А.Н. Шевелёк¹, А.Э. Дегтярёва^{1,2}

¹ Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького

² ГУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака НАМН Украины», Донецк

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитно-резонансная визуализация, контрастное усиление, острый инфаркт миокарда, T2-взвешенное изображение

Несмотря на успехи, достигнутые за последние десятилетия в профилактике, диагностике и лечении острого инфаркта миокарда (ИМ), смертность от этого заболевания остается одной из самых высоких в мире [9, 47, 51]. Современная кардиология располагает достаточным количеством высокоинформативных методов для выявления острого необратимого повреждения миокарда [24, 25], однако многие из них имеют существенные ограничения в использовании [27, 38]. Так, возможности выявления ИМ правого желудочка (ПЖ) и нижней стенки левого желудочка (ЛЖ) путем регистрации стандартных отведений электрокардиограммы (ЭКГ) весьма ограничены [36]. Эхокардиография применяется не во всех клинических ситуациях и не всегда позволяет получить качественное изображение сердца [3]. При проведении компьютерной томографии (КТ) пациент подвергается ионизирующему излучению [50], при этом чувствительность метода не превышает 65 %, а положительная прогностическая ценность – 70 % [24]. Коронароангиография становится рутинной процедурой при остром ИМ, но она является дорогостоящим и инвазивным методом диагностики, а ее применение ограничивается индивидуальной чувствительностью организма к йодсодержащему контрастному веществу.

В связи с этим в последние годы в качестве метода оценки морфологических (некроз, отек, кровоизлияние, микроваскулярная обструкция (МВО), тромб в полости сердца) и функциональных изменений сердца у пациентов с ИМ все шире используют магнитно-резо-

нансную визуализацию (МРВ) [11, 54]. Благодаря довольно высокой чувствительности (87 %) и специфичности (84 %) она позволяет оценивать эффективность лечения и прогнозировать исход заболевания [1, 4, 52]. Кроме того, этот метод является все более предпочтительным потому, что он неинвазивный, дает возможность отказаться от применения йодсодержащих контрастных веществ и не подвергает пациентов ионизирующему излучению [14, 23].

История

В 1946 г. ученые из США F. Bloch и E. Purcell независимо друг от друга открыли явление ядерно-магнитного резонанса для жидкостей и твердых тел [17, 49], за что были удостоены Нобелевской премии. В 1972 г. R. Lauterbur зарегистрировал первое магнитно-резонансное изображение стеклянных капилляров, заполненных жидкостью, а в 1977 г. R. Damadian получил патент на применение МРВ в области онкологии [37]. Длительность исследования на первых этапах препятствовала использованию МРВ в кардиологии. Только в 1983–1985 гг. С.В. Higgins и R.J. Herfkens впервые описали интенсивное магнитно-резонансное исследование сердца и сосудов с использованием синхронизации изображения с ЭКГ.

К настоящему времени данный метод визуализации существенно изменился и продолжает быстро развиваться. Если ранее его применение ограничивалось в основном лишь исследованиями центральной нервной системы, то сейчас МРВ с успехом применяют практически во

Дегтярьова Ганна Едуардівна, старший лаборант кафедри, лікар-інтерн 83003, м. Донецьк, просп. Ілліча, 16. E-mail: An_home@mail.ru

всех областях медицины, в том числе и в кардиологии [17, 49].

Протоколы магнитно-резонансного исследования, применяемые в диагностике острого инфаркта миокарда

МРВ располагает большим количеством различных методик, применяющихся для исследования сердечно-сосудистой системы. К ним относятся стандартные протоколы МРВ – режим T1- и T2-взвешенного изображения, а также дополнительные методики – МРВ с контрастным усилением, фармакологической нагрузкой, blood-oxygen-level-dependent (BOLD) МРВ, магнитно-резонансная коронароангиография и кино-МРВ. Для диагностики острого ИМ наиболее широкое применение нашли МРВ с контрастным усилением и МРВ в режиме T2-взвешенного изображения.

Магнитно-резонансная визуализация с контрастным усилением

Оптимальной методикой для диагностики острого ИМ в настоящее время признана МРВ с контрастированием. Она является высокоинформативным методом диагностики структурных и функциональных изменений сердечной мышцы [26, 32], чувствительность, специфичность и прогностическая точность которого превышают 90 % [2]. При проведении данного исследования используют контрастные вещества на основе гадолиния – мягкого металла серебристого цвета. Препараты гадолиния не имеют выраженных побочных эффектов и крайне редко вызывают аллергические реакции.

МРВ с контрастным усилением осуществляют в три фазы, которые являются последовательными этапами одного и того же процесса, но также могут использоваться как отдельные методики в зависимости от цели исследования. Для диагностики острого ИМ наибольшее значение имеют 1-я и 3-я фазы контрастирования.

1-я фаза – первое прохождение контрастного вещества по венечным сосудам (перфузионная МРВ).

При первом прохождении контрастного вещества по сосудам оценивают его доставку к миокарду в течение 20–40 с после внутривенного введения. При этом сегменты сердца, имеющие хорошую васкуляризацию, выглядят более светлыми (гиперинтенсивными) в отличие от

сегментов с ослабленным кровотоком (гипоинтенсивных) [12].

При остром ИМ в эту фазу наблюдают дефект перфузии пораженного участка (зоны гипоперфузии, совпадающие по локализации с участками некроза), что связано с обструкцией инфаркт-зависимой венечной артерии.

2-я фаза – раннее контрастирование.

Вначале парамагнитное контрастное вещество циркулирует в сосудистом русле, но впоследствии переходит и накапливается во внеклеточном пространстве. При раннем контрастировании, которое оценивают через 2–5 мин после болюсного введения гадолиния, ишемизированный миокард дает более слабый сигнал (гипоинтенсивные участки), чем здоровый миокард, поскольку контрастирование поврежденного участка происходит с задержкой (дефект перфузии) [2, 40].

При остром ИМ в эту фазу на фоне гиперинтенсивного здорового миокарда визуализируется гипоинтенсивный участок, соответствующий зоне повреждения.

3-я фаза – отсроченное контрастирование.

Примерно через 30 мин после введения гадолиния контрастирование поврежденного миокарда оказывается более интенсивным (более светлым), чем здорового. Это обусловлено тем, что контраст проникает и задерживается в поврежденных кардиомиоцитах, в то время как из неповрежденного внеклеточного пространства быстро вымывается (*рис. 1*) [45].

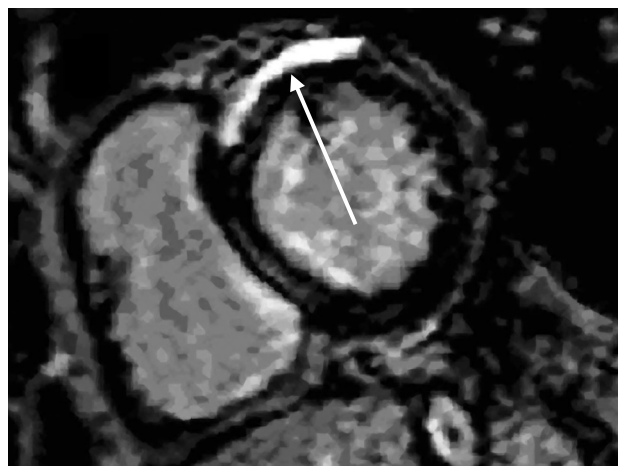


Рис. 1. МРВ сердца с отсроченным контрастированием, выполненная в режиме T1-взвешенного изображения. Поражение передне-перегородочной области ЛЖ – гиперинтенсивный сигнал (белая стрелка). Адаптировано из I. Eitel и соавт. (J Cardiovasc Magn Reson., 2011).

При остром ИМ в эту фазу визуализируются гиперинтенсивные участки, совпадающие по локализации с некрозом миокарда. На таких снимках, помимо гиперинтенсивных участков, некоторые авторы [36] выделяют зону с интенсивностью сигнала средней степени. Обычно эта зона окружает участок некроза и представлена не только необратимо поврежденными, но и жизнеспособными кардиомиоцитами. Согласно исследованию А.Т. Yan и соавторов [55] данная зона впоследствии становится источником аритмий, и поэтому ее размер прямо коррелирует с неблагоприятными кардиологическими исходами. Это, вероятно, обусловлено наличием электрической гетерогенности в данном участке миокарда вследствие частичного его повреждения, а также нарушением процессов ионного и межклеточного взаимодействия.

Отличительным признаком, позволяющим дифференцировать трансмуральный ИМ от субэндокардиального, является различная глубина накопления контрастного препарата. Опубликовано несколько работ [15, 29], в которых описана взаимосвязь между глубиной контрастирования миокарда при МРВ и степенью его повреждения. В связи с этим некоторые авторы [31] оценивают повреждение миокарда по 4-бальной шкале: 0 – контрастирование отсутствует, 1 – контраст занимает 1–25 % толщины стенки миокарда, 2 – 26–50 %, 3 – 51–75 % и 4 – 76–100 % [18].

В то же время другие авторы [5] отдают предпочтение иной классификации, где выделяют четыре типа отсроченного контрастирования.

1-й тип – субэндокардиальное контрастирование без распространения на эпикардиальные отделы. Такое контрастирование наблюдают при мелкоочаговых инфарктах.

2-й тип – трансмуральное контрастирование, которое распространяется на всю толщину миокарда. Обычно такой тип контрастирования наблюдают при обширных (трансмуральных) инфарктах.

Следующие два типа контрастирования могут наблюдаться только после реваскуляризации, которая осложнилась МВО.

3-й тип – трансмуральное контрастирование с субэндокардиальной зоной МВО. Для данного типа характерно трансмуральное накопление контрастного вещества, соответствующее по локализации участкам некротизированного миокарда, на фоне которых видны субэндокар-

диальные низкоинтенсивные участки. Они свидетельствуют об отсутствии прохождения контрастного вещества в результате возникновения окклюзии сосудов микроциркуляторного русла, кровоснабжающего данную зону. Этот феномен связан с обструкцией мелких капилляров во время реперфузии, что делает невозможным восстановление кровотока в соответствующем сегменте миокарда даже при восстановлении проходимости инфаркт-связанной венечной артерии. То есть, такой тип контрастирования характерен для трансмуральных инфарктов лишь с частичным восстановлением кровотока.

4-й тип – трансмуральное контрастирование с центральной зоной МВО – характеризуется кольцевидными участками отсроченного контрастирования вокруг центральных низкоинтенсивных зон отсутствия перфузии. Принцип построения данной картины идентичен механизму при 3-м типе контрастирования. Отличие заключается лишь в расположении зоны МВО.

3-й и 4-й типы контрастирования имеют неблагоприятное прогностическое значение, так как при них жизнеспособные кардиомиоциты в зоне поражения практически отсутствуют.

Методику отсроченного контрастирования также используют для выявления инфаркта папиллярных мышц, которые накапливают контраст лишь в необратимо поврежденных зонах [31].

Таким образом, МРВ с контрастированием позволяет оценить миокардиальную перфузию и размер пораженного миокарда, при этом чувствительность и специфичность метода достигают соответственно 94 и 95 % [35].

Согласно данным некоторых экспериментальных и клинических исследований диагностика ИМ с помощью МРВ имеет определенное преимущество перед другими методами лучевой диагностики. А. Wagner и соавторы [53] сравнивали ценность однофотонной эмиссионной КТ и МРВ с контрастированием в диагностике ИМ в эксперименте. Оба метода позволили выявить все сегменты с трансмуральным инфарктом (> 75 % поражения стенки ЛЖ), в то время как субэндокардиальный ИМ был выявлен с помощью МРВ в 92 % случаев, а при однофотонной эмиссионной КТ – лишь в 28 %. Эти данные были подтверждены и в клиническом исследовании авторов с участием 91 пациента. Таким образом, МРВ и однофотонная эмиссионная КТ в равной степени позволяют выявить трансмуральный ИМ, в то время как в диагностике

субэндокардиального ИМ МРВ имеет несомненное преимущество.

G.U. Monte и соавторы [43] сравнили МРВ со сцинтиграфией сердца (с пирофосфатом технеция) в диагностике интраоперационного ИМ, осложнившего аортокоронарное шунтирование. Из 323 оцененных сегментов ЛЖ некроз миокарда при МРВ был выявлен в 17 сегментах, в то время как при сцинтиграфии – только в 7 ($P=0,013$).

Режим T2-взвешенного изображения

Для диагностики острого ИМ может использоваться и режим T2-взвешенного изображения. В основе построения T2-взвешенного изображения лежит изменение магнитных свойств сердечной мышцы, возникающих при увеличении количества свободных молекул воды в миокарде при остром его повреждении. Изменение магнитных свойств ткани приводит к увеличению времени релаксации (t_1) и времени восстановления исходного положения протона водорода после воздействия радиочастотных импульсов (t_2). Время t_2 коррелирует с объемом свободной жидкости в миокарде, и поэтому отек на T2-взвешенных изображениях визуализируется в виде ярких гиперинтенсивных участков.

Известно, что в первые несколько минут после окклюзии венечной артерии возникают обратимое повреждение, отек и нарушение функции всех

кардиомиоцитов, находящихся в ее бассейне. Затем, если окклюзия сохраняется, происходит необратимая гибель клеток, которая, однако, возникает не сразу во всех слоях миокарда, а постепенно в течение нескольких часов прогрессирует от субэндокардиального слоя к субэпикардиальному. Те ишемические участки миокарда, которые еще не пострадали от необратимого повреждения и находятся в состоянии риска возникновения некроза, получили название «леопардовый миокард» (рис. 2) [21]. Они формируют латеральные границы зоны острого ИМ, представляют собой отек миокарда и визуализируются в виде гиперинтенсивных участков на снимках T2-взвешенного изображения. Режим T2-взвешенного изображения позволяет выявлять зону отека, которая находится как в местах некроза миокарда, так и по его периферии [48]. Поэтому для выявления лишь «леопардового миокарда» требуется комбинировать методику T2-взвешенного изображения с методикой отсроченного контрастирования, при котором эти участки не дают патологического сигнала [6]. Таким образом, участки с высокой интенсивностью (светлый) сигнала на T2-взвешенных изображениях и отсутствием отсроченного контрастирования на T1-взвешенных изображениях, которые окружают участок некроза, отражают величину поврежденного, но еще жизнеспособного миокарда [39].

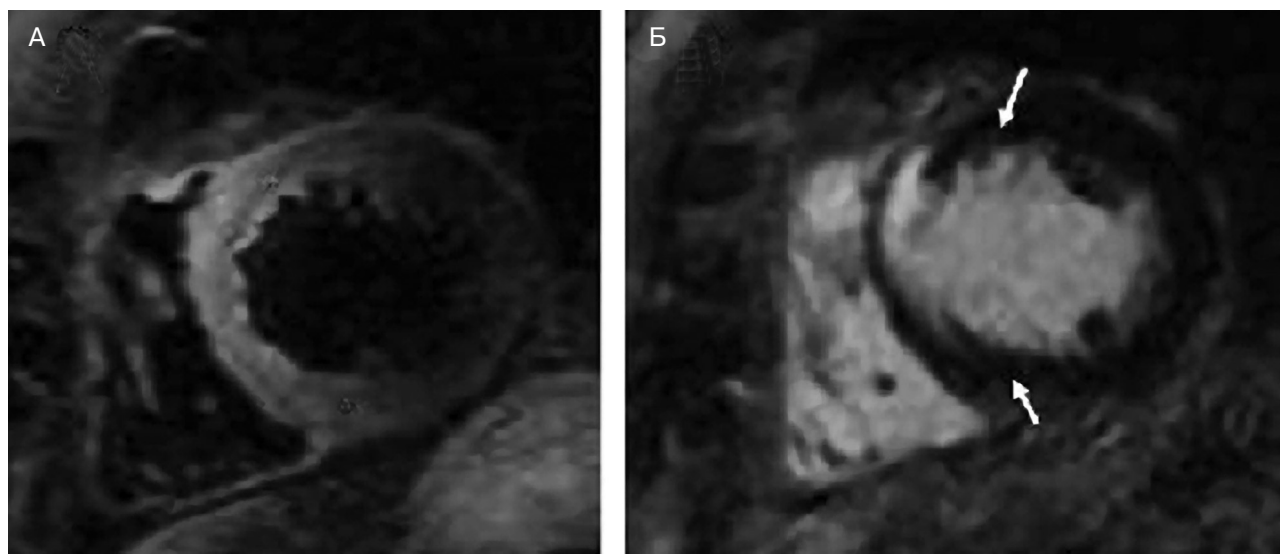


Рис. 2. МРВ сердца пациента с острым перегородочным ИМ в режимах: А – T2-взвешенного изображения. Визуализируется трансмуральный отек (гиперинтенсивный сигнал) межжелудочковой перегородки, частично переходящий на нижнюю и переднюю стенку ЛЖ; Б – T1-взвешенного изображения с отсроченным контрастированием. Светлый гиперинтенсивный сигнал указывает на контрастирование 75 % толщины межжелудочковой перегородки. Отсутствие очагов отсроченного контрастирования в ранее выявленных местах отека (белые стрелки) указывает на участки «леопардового миокарда». Адаптировано из M. Perazzolo Marra и соавт. (Eur. Heart J., 2010).

Важно отметить, что отек на T2-взвешенном изображении выявляется уже в течение первых 30 мин после окклюзии венечной артерии, в то время как маркеры повреждения миокарда в крови и участки отсроченного контрастирования на МРВ-снимках появляются позже [19]. Длительность существования отека при остром повреждении миокарда может быть различной и зависит от продолжительности окклюзии инфаркт-зависимой артерии и прогрессирования ишемии миокарда. По данным литературы [8, 46], он может сохраняться от 1 нед до 12 мес после ИМ.

Согласно данным ряда исследований [33, 42] размер отека миокарда в острую фазу ИМ коррелирует с дальнейшим восстановлением функции ЛЖ. Это объясняется тем, что увеличение свободной жидкости в миокарде приводит к увеличению его жесткости, снижению сердечного выброса, повышению гидростатического давления, что сопровождается сдавлением капилляров и прогрессированием некроза.

Инфаркт миокарда правого желудочка

Сложность выявления ИМ ПЖ с помощью стандартных методик делает актуальным использование альтернативных методов его диагностики. С этой целью может применяться методика отсроченного контрастирования, а также T2-взвешенного изображения. Поврежденные участки на таких снимках визуализируются по тому же принципу, что и при ИМ ЛЖ.

А. Kuntag и соавторы [34] сравнивали результаты электрокардиографии в правых грудных отведениях и эхокардиографии с данными отсроченного контрастирования у 37 пациентов с подозрением на острый ИМ нижней стенки ПЖ. Отмечено, что участки отсроченного контрастирования ПЖ, характерные для острого ИМ, определялись в 57 % случаев, тогда как при электрокардиографии выявили ИМ в 35 %, при эхокардиографии – в 16 % случаев. Таким образом, МРВ с отсроченным контрастированием, по-видимому, является наиболее точным на сегодняшний день методом выявления ИМ ПЖ.

Дифференциальная диагностика инфаркта миокарда с помощью магнитно-резонансной визуализации

В связи со схожей МРВ-картиной при ИМ и некоторых других заболеваниях миокарда актуальным является выделение отдельных диагно-

стических признаков, характеризующих то или иное заболевание.

Гипертрофическая кардиомиопатия

Гипертрофическая кардиомиопатия, как правило, сопровождается возникновением очагов фиброза в миокарде, что обуславливает схожесть ее МРВ-картины с картиной острого ИМ. Для дифференциальной диагностики данных состояний применяют две методики МРВ – T2-взвешенное изображение и МРВ с отсроченным контрастированием, которые позволяют оценить размер отека и фиброза миокарда соответственно. При гипертрофической кардиомиопатии отек совпадает с зоной фиброза, а при остром ИМ он всегда выходит за ее пределы [10].

Миокардит

При тяжелых миокардитах, как и при ИМ, может развиваться некроз миокарда. Для дифференциальной диагностики некроза воспалительной или ишемической этиологии используют анализ локализации участков отсроченного контрастирования. Так как при ИМ некроз прогрессирует от внутреннего слоя к наружному («феномен фронта волны»), то в процесс всегда вовлекается субэндокардиальный слой. В то же время при миокардитах накопление контрастного вещества обычно происходит лишь в субэпикардиальном слое или миокарде [10].

Постинфарктный кардиосклероз

Одним из признаков, позволяющих дифференцировать острый ИМ от постинфарктного кардиосклероза, является время задержки контрастного вещества в поврежденном миокарде. Так, в зоне свежего ИМ контрастное вещество быстрее накапливается и вымывается, тогда как в области рубца эти процессы происходят гораздо медленнее. Однако четкая граница этого временного различия до настоящего времени не установлена [5]. Согласно результатам других работ [30, 48] характер накопления контрастного вещества при ИМ не является строго специфичным, так как указывает лишь на наличие повреждения мышечной ткани, но не на его давность. В связи с этим для дальнейшей дифференциальной диагностики острого ИМ и постинфарктного кардиосклероза должен применяться режим T2-взвешенного изображения: в отличие от острого ИМ при рубцовом измене-

нии на снимке, как правило, отсутствуют или практически не выражены отек и зона воспаления [7].

Кардиомиопатия Такоцубо

Кардиомиопатия Такоцубо, или транзиторное баллоноподобное расширение верхушки сердца, – это синдром, характеризующийся острой болью в груди, одышкой, элевацией сегмента ST, инверсией зубца T на ЭКГ и повышением уровня сердечных тропонинов в крови, в связи с чем возникает необходимость проведения дифференциальной диагностики данного синдрома с острым ИМ. Схожесть этих состояний проявляется в выявлении зон гипо- и акинеза на кино-МРВ. Однако при кардиомиопатии Такоцубо на снимках отсроченного контрастирования не выявляются патологические изменения. Это свидетельствует об отсутствии некроза миокарда, гемодинамически значимых стенозов венечных артерий и является важным диагностическим признаком, отличающим данный синдром от острого ИМ [28].

Осложнения инфаркта миокарда

Постинфарктные аневризмы, перикардит, внутрисердечный тромбоз являются нередкими осложнениями ИМ, ведущими к ухудшению прогноза, поэтому их своевременная диагностика позволяет улучшить качество жизни и уменьшить смертность пациентов.

Постинфарктные аневризмы сердца возникают при обширном повреждении сердечной мышцы и осложняют 10–20 % трансмуральных ИМ. МРВ с отсроченным контрастированием позволяет дифференцировать истинные и ложные аневризмы сердца. Стенка истинной аневризмы состоит из эндокарда, эпикарда и истонченной фиброзной ткани (рубца), которая образовалась на месте погибшего миокарда в результате постинфарктного ремоделирования. Ложная аневризма возникает как следствие разрыва всей толщи стенки желудочка и вытекания крови в ограниченную спайками полость перикарда, который и образует одну из ее стенок. При истинной аневризме на отсроченных контрастных снимках визуализируется гиперинтенсивный светлый рубец в области миокарда, в то время как эндокард и эпикард не меняют интенсивности сигнала. Напротив, отсутствие отсроченного контрастирования миокарда и усиленный сигнал от перикарда свидетельствуют о

наличии ложной аневризмы. Накопление контрастного вещества в перикарде в данном случае обусловлено излитием крови из полости желудочка в момент разрыва его стенки с последующим перикардальным воспалением и фиброзом [5].

Тромбы в полости сердца не всегда могут выявляться с помощью трансторакальной эхокардиографии, особенно если они находятся в области верхушки ЛЖ или между трабекулами эндокарда. По мнению некоторых авторов [41], МРВ с контрастированием с высокой точностью позволяет выявлять внутрисердечные тромбы. Из-за выраженного гомогенного контрастирования полости ЛЖ при первом прохождении контрастного вещества патологические внутрисердечные структуры будут выглядеть как внутрисердечные гипоинтенсивные дефекты наполнения. Это позволяет визуализировать даже мелкие (меньше 1 см) тромбы, которые невозможно определить с помощью трансторакальной эхокардиографии.

Для диагностики перикардита, возникшего вследствие ИМ, используют МРВ с отсроченным контрастированием, при котором визуализируется контрастированный перикард с наличием жидкости в его полости или без нее [22].

Выводы

Таким образом, МРВ располагает множеством методик, позволяющих оценить структуру и функцию миокарда, его жизнеспособность и перфузию, определить размер необратимого повреждения [13, 44], что необходимо для постановки диагноза ИМ, выбора терапии и определения прогноза заболевания [13, 44]. Преимуществами МРВ являются безопасность, отсутствие ионизирующего влияния, высокая пространственная и временная разрешающая способность [16, 20, 47]. Несмотря на то, что с каждым годом значимость МРВ в кардиологии все больше возрастает, вопрос о том, сможет ли она заменить рутинные методы диагностики ИМ, остается пока открытым.

Литература

1. Беленков Ю.Н. Неинвазивные методы диагностики ишемической болезни сердца // Кардиология. – 1996. – № 1. – С. 56–59.
2. Железняк И.С. Возможности магнитно-резонансной томографии с контрастным усилением в диагностике структурных и функциональных изменений миокарда при

- стенокардии напряжения, остром инфаркте миокарда и постинфарктном: Автореф. дис. ...к. мед. н. – СПб, 2009. – 122 с.
3. Лутай М.И., Немчина Е.А., Цыж А.В. и др. Определение жизнеспособности миокарда у больных с ишемической болезнью сердца при помощи стресс-эхокардиографии с добутамином // Укр. кардиол. журн. – 2008. – № 4. – С. 23–26.
4. Стукалова О.В., Синицын В.Е., Терновой С.К. Оценка миокарда у больных ИБС с помощью контрастной МРТ // Мед. визуализация. – 2004. – № 5. – С. 18–23.
5. Труфанов Г.Е., Железняк И.С., Рудь С.Д. и др. МРТ в диагностике ишемической болезни сердца. – СПб: Элби-СПб, 2012. – 64 с.
6. Abdel-Aty H., Cocker M., Meek C. Edema as a very early marker for acute myocardial ischemia: a cardiovascular magnetic resonance study // J. Am. Coll. Cardiol. – 2009. – Vol. 17. – P. 1194–1201.
7. Abdel-Aty H., Zagrosek A., Schulz-Menger J. et al. Delayed enhancement and T2-weighted cardiovascular magnetic resonance imaging differentiate acute from chronic myocardial infarction // Circulation. – 2004. – Vol. 109. – P. 2411–2416.
8. Aletras A.H., Tilak G.S., Natanzon A. et al. Retrospective determination of the area at risk for reperfused acute myocardial infarction with T2-weighted cardiac magnetic resonance imaging: histopathological and displacement encoding with stimulated echoes (DENSE) functional validations // Circulation. – 2006. – Vol. 37. – P. 1865–1870.
9. Alexanderson E., Jácome R., Romero E. et al. The importance of multi-imaging diagnosis in cardiology // Arch. Cardiol Mex. – 2011. – Vol. 81. – P. 154–157.
10. Amano Y., Tachi M., Tani H. et al. T2-weighted cardiac magnetic resonance imaging of edema in myocardial diseases // Scientific World J. – 2012. – P. 194–203.
11. Antony R., Daghm M., McCann G.P. et al. Cardiovascular magnetic resonance activity in the United Kingdom: a survey on behalf of the British Society of Cardiovascular Magnetic Resonance // J. Cardiovasc. Magn. Reson. – 2011. – Vol. 13. – P. 57–63.
12. Baer F.M., Theissen P., Crnac J. et al. Head to head comparison of dobutamine-transoesophageal echocardiography and dobutamine-magnetic resonance imaging for the prediction of left ventricular functional recovery in patients with chronic coronary artery disease // Eur. Heart J. – 2000. – Vol. 21. – P. 981–991.
13. Bettencourt N., Chiribiri A., Schuster A. et al. Assessment of myocardial ischemia and viability using cardiac magnetic resonance // Curr. Heart Fail. Rep. – 2009. – Vol. 6. – P. 142–153.
14. Chiribiri A., Ishida M., Nagel E. et al. Coronary imaging with cardiovascular magnetic resonance: current state of the art // Prog. Cardiovasc. Dis. – 2011. – Vol. 54. – P. 240–252.
15. Choi K.M., Kim R.J., Gubernikoff G. et al. Transmural extent of acute myocardial infarction predicts longterm improvement in contractile function // Circulation. – 2001. – Vol. 104. – P. 1101–1107.
16. Coelho-Filho O.R., Seabra L.F., Mongeon F.P. et al. Stress myocardial perfusion imaging by CMR provides strong prognostic value to cardiac events regardless of patient's sex // JACC Cardiovasc. Imaging. – 2011. – Vol. 4. – P. 850–861.
17. De Certaines J.D. Is biomedical nuclear magnetic resonance limited by a revisitable paradigm in physics? // Cell. Mol. Biol. – 2005. – Vol. 51. – P. 655–661.
18. Eitel I., Desch S., Sareban M. et al. Prognostic significance and magnetic resonance imaging findings in aborted myocardial infarction after primary angioplasty // Am. Heart. J. – 2009. – Vol. 158. – P. 806–813.
19. Eitel I., Friedrich M.G. T2-weighted cardiovascular magnetic resonance in acute cardiac disease // J. Cardiovasc. Magn. Reson. – 2011. – Vol. 13. – P. 13–18.
20. Figtree G.A., Lønborg J., Grieve S.M. et al. Cardiac magnetic resonance imaging for the interventional cardiologist // JACC Cardiovasc Interv. – 2011. – Vol. 4. – P. 137–148.
21. Florian A., Jurcut R., Ghingina C. et al. Cardiac magnetic resonance imaging in ischemic heart disease: a clinical review // J. Med. Life. – 2011. – Vol. 4. – P. 330–345.
22. Francone M., Bucciarelli-Ducci C., Carbone I. et al. Impact of primary coronary angioplasty delay on myocardial salvage, infarct size, and microvascular damage in patients with ST-segment elevation myocardial infarction: insight from cardiovascular magnetic resonance // J. Am. Coll. Cardiol. – 2009. – Vol. 54. – P. 2145–2153.
23. Glaveckaitė S., Valeviciene N., Laucevicius A. et al. Cardiovascular magnetic resonance imaging for detection of myocardial viability in chronic ischemic left ventricular dysfunction // Medicina (Kaunas). – 2009. – Vol. 45. – P. 585–599.
24. Greenwood J.P., Maredia N., Younger J.F. et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial // Lancet. – 2011. – P. 453–460.
25. Gratz S., Kaiser W., Hoffken H. Diagnostic imaging in patients with coronary artery disease: the nuclear medicine physicians' view // Dtsch. Med. Wochenschr. – 2011. – Vol. 136. – P. 2094–2099.
26. Heydari B., Jerosch-Herold M., Kwong R.Y. Assessment of myocardial ischemia with cardiovascular magnetic resonance // Prog. Cardiovasc. Dis. – 2011. – Vol. 54. – P. 191–203.
27. Hombach V., Merkle N., Rasche V. et al. The role of cardiovascular magnetic resonance imaging in the diagnosis and prognosis of patients with heart failure // Herz. – 2011. – Vol. 36. – P. 84–93.
28. Iacucci I., Carbone I., Cannavale G. et al. Myocardial oedema as the sole marker of acute injury in Takotsubo cardiomyopathy: a cardiovascular magnetic resonance (CMR) study // Radiol. Med. – 2013. – Vol. 25. – P. 234–241.
29. Kim R.J., Wu E., Rafael A. et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction // New Engl. J. Med. – 2000. – Vol. 343. – P. 1445–1453.
30. Kim R.J., Fieno D.S., Parrish T.B. et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function // Circulation. – 2002. – Vol. 100. – P. 1992–2002.
31. Klein H.M., Meyners W., Neeb B. et al. Cardiac magnetic resonance imaging using an open 0.35 T system // J. Comput. Assist. Tomogr. – 2007. – Vol. 31. – P. 430–434.
32. Klem I., Shah D.J., White R.D. et al. Prognostic value of routine cardiac magnetic resonance assessment of left ventricular ejection fraction and myocardial damage: an international, multi-center study // Circ. Cardiovasc. Imaging. – 2011. – Vol. 4. – P. 610–619.
33. Kociemba A., Karmelita-Katulska K., Siniawski A. et al. Magnetic resonance imaging in the diagnostics of myocardial infarction // Pol. J. Radiol. – 2011. – Vol. 76. – P. 53–57.
34. Kumar A., Abdel-Aty H., Kriedemann I. et al. Contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance imaging of right ventricular infarction // J. Am. Coll. Cardiol. – 2006. – Vol. 48. – P. 1969–1976.
35. Kwong R.Y., Arai A.E. Detecting patients with acute coronary syndrome in the chest pain center of the emergency department with cardiac magnetic resonance imaging // Crit. Pathw. Cardiol. – 2004. – Vol. 3. – P. 25–31.
36. Lockie T., Nagel E., Redwood S. et al. Use of cardiovascular magnetic resonance imaging in acute coronary syndromes // Circulation. – 2009. – Vol. 119. – P. 1671–1681.
37. Macchia R.J., Termine J.E., Buchen C.D. et al. Magnetic resonance imaging and the controversy of the 2003 Nobel Prize in Physiology or Medicine // J. Urol. – 2007. – Vol. 178. – P. 783–786.
38. Mastouri R., Sawada S.G., Mahenthiran J. Current noninvasive imaging techniques for detection of coronary artery disease // Expert Rev. Cardiovasc. Ther. – 2010. – Vol. 8. – P. 77–91.
39. Matthias G., Friedrich, Han W., Kim et al. T2 weighted imaging to assess post-infarct myocardium at risk // JACC Cardiovasc.

Imaging.– 2011.– Vol. 4.– P. 1014–1021.

40. Mavrogeni S., Bratis K., Kolovou G. Myocardial Ischemia and Viability by Cardiac Magnetic Resonance: The International Experience and the Greek Reality // *Hellenic J. Cardiol.*– 2012.– Vol. 53.– P. 55–62.

41. Mollet N.R., Dymarkowski S., Volders W. Visualization of ventricular thrombi with contrast-enhanced magnetic resonance imaging in patients with ischemic heart disease // *Circulation.*– 2002.– Vol. 106.– P. 2873–2876.

42. Monmeneu J.V., Bodí V., Sanchis J. et al. Cardiac magnetic resonance evaluation of edema after ST-elevation acute myocardial infarction // *Rev. Esp. Cardiol.*– 2009.– Vol. 62.– P. 858–866.

43. Monte G.U., Drager L.F., Souza F.S. et al. Magnetic resonance vs technetium-99m pyrophosphate scintigraphy in the detection of perioperative myocardial necrosis // *Arq. Bras. Cardiol.*– 2008.– Vol. 91.– P. 113–118.

44. Oyama-Manabe N., Ishimori N., Sugimori H. et al. Identification and further differentiation of subendocardial and transmural myocardial infarction by fast strain-encoded (SENC) magnetic resonance imaging at 3.0 Tesla // *Eur. Radiol.*– 2011.– Vol. 21.– P. 2362–2368.

45. Peel S.A., Hussain T., Schaeffter T. et al. Cross-sectional and in-plane coronary vessel wall imaging using a local inversion prepulse and spiral read-out: a comparison between 1.5 and 3 Tesla // *J. Magn. Reson. Imaging.*– 2012.– Vol. 35.– P. 969–975.

46. Ripa R.S., Nilsson J.C., Wang Y. Short- and long-term changes in myocardial function, morphology, edema, and infarct mass after ST-segment elevation myocardial infarction evaluated by serial magnetic resonance imaging // *Am. Heart. J.*– 2007.– Vol. 154.– P. 929–936.

47. Romero J., Xue X., Gonzalez W. CMR Imaging assessing viability in patients with chronic ventricular dysfunction due to coro-

nary artery disease: a meta-analysis of prospective trials // *JACC Cardiovasc Imaging.*– 2012.– Vol. 5.– P. 494–508.

48. Ruder T.D., Ebert L.C., Khattab A.A. Edema is a sign of early acute myocardial infarction on post-mortem magnetic resonance imaging // *Forensic Sci. Med. Pathol.*– 2013.– Vol. 14.– P. 518–525

49. Sem D.S., Pellicchia M. NMR in the acceleration of drug discovery // *Curr. Opin. Drug. Discov. Devel.*– 2001.– Vol. 4.– P. 479–492.

50. So A., Lee T.Y. Quantitative myocardial CT perfusion: a pictorial review and the current state of technology development // *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.*– 2011.– Vol. 5.– P. 467–481.

51. Vöhringer M., Flewitt J.A., Green J.D. et al. Oxygenation-sensitive CMR for assessing vasodilator-induced changes of myocardial oxygenation // *J Cardiovasc Magn Reson.*– 2010.– Vol. 12 – P. 20–23.

52. Wacker C.M., Bock M., Hartlep A.W. et al. Changes in myocardial oxygenation and perfusion under pharmacological stress with dipyridamole: assessment using T*2 and T1 measurements // *Magn Reson. Med.*– 1999.– Vol. 41.– P. 686–695.

53. Wagner A., Mahrholdt H., Holly T.A. et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study // *Lancet* – 2003.– Vol. 361.– P. 374–379.

54. Wright J., Bogaert J. Cardiac magnetic resonance imaging and ischaemic cardiomyopathies: what are the indications? // *Presse Med.*– 2011.– Vol. 40.– P. 379–389.

55. Yan A.T., Shayne A.J., Brown K.A. et al. Characterization of the peri-infarct zone by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging is a powerful predictor of post-myocardial infarction mortality // *Circulation.*– 2006.– Vol. 114.– P. 32–39.

Поступила 28.08.2013 г.

Магнітно-резонансна візуалізація в діагностиці гострого інфаркту міокарда

М.Т. Ватутін¹, Н.В. Калінкіна¹, О.О. Савченко^{1,2}, А.М. Шевельок¹, Г.Е. Дегтярєва^{1,2}

¹ *Донецький національний медичний університет ім. М. Горького*

² *ДУ «Інститут невідкладної і відновної хірургії ім. В.К. Гусака НАМН України», Донецьк*

Представлено огляд літератури, що стосується ролі магнітно-резонансної візуалізації (МРВ) у діагностиці гострого інфаркту міокарда та його ускладнень. Описано принципи побудови зображення при використанні різних методик МРВ (T2-зваженого зображення, контрастної МРВ), особливі акценти зроблено на їх чутливості та специфічності.

Ключові слова: магнітно-резонансна візуалізація, контрастне підсилення, гострий інфаркт міокарда, T2-зважене зображення.

Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute myocardial infarction

M.T. Vatutin¹, N.V. Kalinkina¹, O.O. Savchenko^{1,2}, A.M. Shevelyok¹, G.E. Degtiarova^{1,2}

¹ *M. Gorky Donetsk National Medical University, Ukraine*

² *Institute of Urgent and Recovery Surgery named after V.K. Gusak NAMS of Ukraine, Donetsk, Ukraine*

This literature review concerns information regarding the diagnosis of myocardium at risk, acute myocardial infarction and its complications by means of magnetic resonance imaging (MRI). The principles of acquiring of MRI images using various techniques (T2-weighted images, contrast-enhanced cardiac MRI) are analyzed. A special emphasis is paid to their sensitivity and specificity.

Key words: magnetic resonance imaging, contrast-enhanced magnetic resonance, acute myocardial infarction, T2 weighted images.