

УДК 616.12-008.318-073.86

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА С КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ: ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ РОЛЬ В ОПРЕДЕЛЕНИИ АРИТМОГЕННОГО ОЧАГА

Богунецкий А.А., Усов В.Ю., Бабокин В.Е.

НИИ кардиологии СО РАМН, г. Томск

РЕЗЮМЕ

С целью определения возможностей метода магнитно-резонансной томографии (МРТ) с контрастным усилением в выявлении локализации аритмогенного очага в миокарде левого желудочка обследованы 22 человека с ишемической болезнью сердца и наличием желудочковой экстрасистолии по данным ЭКГ. Пациенты последовательно прошли электрофизиологическое исследование (ЭФИ) с определением принадлежности сегментов левого желудочка к диапазону колебания биологического потенциала, выраженного в милливольтгах. Кроме того, всем больным было проведено магнитно-резонансное исследование сердца с контрастным усилением. На основании анализа полученных изображений осуществлялся подсчет количественного показателя контрастирования – индекса трансмуральности (ИТ), равного отношению толщины включения парамагнетика в рассматриваемом сегменте левого желудочка к общей толщине данного сегмента.

Второй этап работы заключался в сопоставлении полученных данных МРТ и ЭФИ всех обследованных пациентов для каждого сегмента левого желудочка, в результате чего была выявлена следующая тенденция: чем больше по толщине включение контрастного препарата и, соответственно, значение индекса трансмуральности в рассматриваемом сегменте, тем выше вероятность наличия в нем аритмогенного очага. По данным ЭФИ известно, что принадлежность сегмента миокарда к интервалу колебания биологического потенциала 0,5–1,5 мВ (так называемая переходная зона) уже может говорить о его электрофизиологической неоднородности, что, соответственно, создает условие для формирования аритмогенного фокуса. В результате исследования выявлено, что для данного электрофизиологического интервала наиболее типичным является значение индекса трансмуральности, равное 0,3.

Таким образом, магнитно-резонансная томография с контрастным усилением представляет собой высокоинформативный и безопасный метод визуализации, позволяющий с достаточной точностью предопределить потенциальную локализацию аритмогенного очага.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитно-резонансная томография с контрастным усилением, электрофизиологическое исследование, левый желудочек, индекс трансмуральности, жизнеспособный миокард, аритмогенный очаг.

Введение

Вопрос о возможностях магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с контрастным усилением в определении локализации аритмогенного очага при исследовании миокарда левого желудочка (ЛЖ) до сих пор остается малоизученным. Важную роль в диагностике различных видов нарушения сердечного ритма и проводимости играет электрофизиологиче-

ское исследование (ЭФИ). Данный метод позволяет выявить функциональные изменения миокарда путем регистрации биологических потенциалов в его различных сегментах, что дает возможность получить информацию о субстрате и локализации аритмогенного очага. В результате на основании полученных данных формируется представление о тактике предстоящего медикаментозного или необходимого хирургического лечения пациента [1, 2].

Магнитно-резонансная томография представляет собой неионизирующий метод лучевой диагностики,

✉ Богунецкий Антон Александрович, тел. 8-923-413-4538;
e-mail: mr.x-ray@sibmail.com

при котором можно достоверно определить толщину миокарда, возможные нарушения общей и локальной сократимости сердечной мышцы за счет хорошей визуализации эндо- и эпикардиальных границ. Кроме того, с помощью специальных контрастных веществ – парамагнетиков при МРТ хорошо выявляется наличие перфузионных нарушений в миокарде. Благодаря применению методики отсроченного контрастирования имеется возможность определения локализации и распространенности рубцовой трансформации миокарда, возникшей в результате инфаркта, область которого характеризуется большим объемом включения контрастного вещества за счет увеличения интерстициального пространства [3, 4]. Участки миокарда с подобными характеристиками могут обладать аритмогенным потенциалом. Поэтому есть основания предполагать, что наряду с электрофизиологическим исследованием такой метод визуализации как МРТ с контрастным усилением является достаточно перспективным в области топической диагностики артериального очага в миокарде левого желудочка.

Цель исследования – оценить наличие прямой связи между данными, полученными при МРТ с контрастированием и результатами электрофизиологического исследования сердца у пациентов с левожелудочковой экстрасистолией, а также определить прогностическую роль МРТ в топической диагностике аритмогенного очага.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 22 мужчины, средний возраст которых составил $(58,0 \pm 1,6)$ года. В анамнезе каждого – ишемическая болезнь сердца, пе-

ренсенный инфаркт миокарда и признаки левожелудочковой экстрасистолии по данным ЭКГ.

Все пациенты прошли электрофизиологическое исследование сердца, в рамках которого проводилось измерение биологических потенциалов в различных сегментах миокарда левого желудочка (ЛЖ) с последующим картированием зон сниженной амплитудности. Результаты ЭФИ были представлены в виде протокола с изображением схемы сегментарного строения ЛЖ (согласно рекомендации Американской кардиологической ассоциации), на которой в зависимости от величины амплитуды биологического потенциала, выраженного в милливольтгах, цифрой «1» обозначались сегменты, находящиеся в зоне с нормальным биологическим потенциалом (1,5–8,0 мВ); «2» – сегменты переходной зоны (0,5–1,5 мВ); «3» – сегменты зоны низкого потенциала (0–0,5 мВ); «4» – сегменты, соответствующие месту положения электрофизиологического рубца (0 мВ).

Кроме того, каждый пациент прошел исследование сердца на магнитно-резонансном томографе (Toshiba Vantage Titan, Япония) с напряженностью поля 1,5 Тл. Данная диагностическая процедура проводилась с внутривенным введением контрастного препарата на основе гадолиния (омнискан) в дозировке 0,2 мл/кг массы тела. В результате были получены изображения в режиме «инверсия – восстановление», при котором интенсивность магнитно-резонансного сигнала от неизмененного миокарда максимально подавлялась, в связи с чем он визуализировался темным (черным), а участки задержки вымывания контрастного препарата на его фоне выглядели высокоинтенсивными (белыми) (рис. 1). Области включения контраста-парамагнетика (через 10–15 мин после его внутривенного введения) высокой интен-

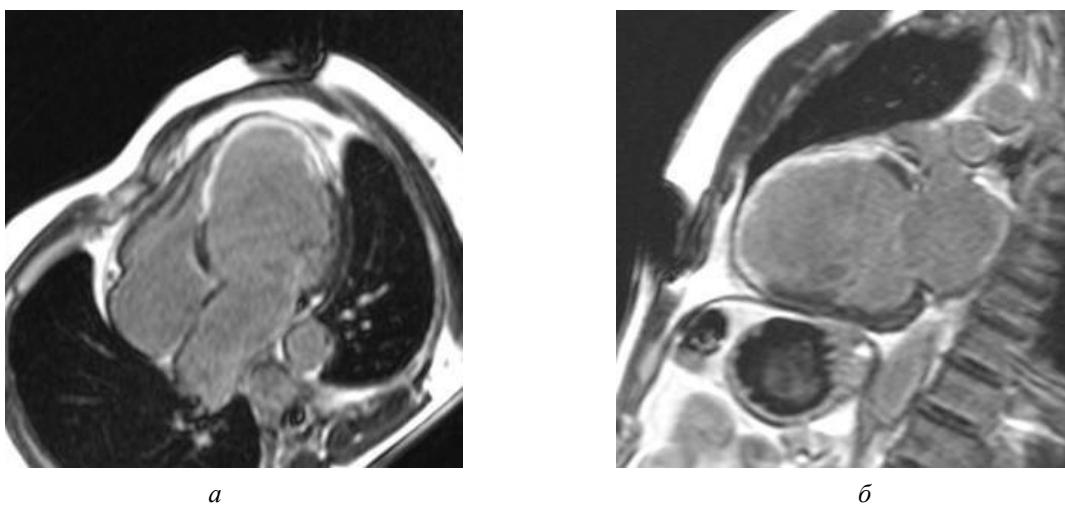


Рис. 1. Изображения миокарда левого желудочка по длинной оси сердца, полученные с помощью МРТ с контрастным усилением в режиме «инверсия – восстановление»: *а* – четырехкамерное; *б* – двухкамерное. Визуализируется обширное трансмуральное однородное высокоинтенсивное включение контрастного препарата по типу постинфарктных рубцовых изменений в области верхушки левого желудочка, сегментов его апикального отдела, а также средних отделов передней стенки и межжелудочковой перегородки

с четкими контурами рассматривались как участки рубцовой трансформации миокарда с возможными аритмогенными характеристиками [3, 4].

При анализе полученных магнитно-резонансных изображений у каждого пациента проводилась количественная оценка индекса трансмуральности, равного отношению толщины включения контрастного препарата к общей толщине данного сегмента миокарда ЛЖ (рис. 2). Затем осуществлялось определение того, к какому же интервалу колебаний биологического потенциала по данным ЭФИ относится исследуемый сегмент (иными словами, какая толщина включения контрастного препарата была наиболее характерна для каждого из четырех интервалов колебаний биологического потенциала), на основании чего были сформированы четыре независимые группы сегментов по 64 в каждой и общим количеством 256. Часть сегментов не были включены в исследование по причине наличия артефактов изображения в связи с нарушением сердечного ритма у некоторых пациентов.



Рис. 2. Изображение базального отдела миокарда левого желудочка по его короткой оси, полученное с помощью МРТ методом отсроченного контрастирования в режиме «инверсия – восстановление». Визуализируется высокоинтенсивный локальный участок задержки вымывания контрастного препарата с локализацией в сегментах заднебоковой области с четкими контурами по типу постинфарктных рубцовых изменений: белой чертой показана толщина включения контрастного препарата, серой – толщина жизнеспособного (не накопившего контраст) миокарда левого желудочка

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 10. Поскольку значения индексов трансмуральности в группах сегментов отличались от теоретически ожидаемого нормального распределения (по данным теста Колмогорова–Смирнова, достигнутый

уровень значимости $p < 0,05$), то, учитывая количество сравниваемых групп (более двух) и их независимость, для сравнения величин был применен непараметрический аналог дисперсионного анализа – *H*-тест Краскала–Уоллиса, данные которого продемонстрировали наличие статистически значимой разницы между сравниваемыми группами сегментов ЛЖ ($p < 0,05$) по показателю индекса трансмуральности. Описание количественных величин осуществлялось с помощью медианы *Me* и интерквартильного размаха $Q_1; Q_2$.

Результаты и обсуждение

В процессе сопоставления значений амплитуд биологического потенциала различных участков миокарда, полученных при ЭФИ и величин индекса трансмуральности, выявленных с помощью МРТ сердца с контрастированием выявлена взаимосвязь следующего характера: при нормальных значениях биологического потенциала (1,5–8,0 мВ, группа 1) индекс трансмуральности в сегментах миокарда составил 0 (0; 0,29); в зонах сердечной мышцы с переходными значениями биологического потенциала 0,5–1,5 мВ (группа сегментов 2) индекс трансмуральности составил 0,30 (0,24; 0,40); при сниженном биологическом потенциале 0–0,5 мВ (группа сегментов 3) индекс трансмуральности в сегментах миокарда левого желудочка составил 0,5 (0,4; 0,6), а в зоне электрофизиологического рубца (группа сегментов 4) при нулевом значении биологического потенциала (0 мВ) индекс трансмуральности принимал значения 0,52 (0,47; 0,57) (таблица).

| Сравнительная оценка результатов ЭФИ и МРТ сердца с контрастным усилением | | |
|---|---|-------------------------|
| Электрофизиологическое исследование | Магнитно-резонансное исследование | |
| Электрофизиологические характеристики | Амплитуды биологического потенциала, мВ | Индекс трансмуральности |
| Нормальный биологический потенциал (1) | 1,5–8,0 | 0 (0; 0,29) |
| Переходная зона (2) | 0,5–1,5 | 0,30 (0,24; 0,40) |
| Зона низкого потенциала (3) | 0–0,5 | 0,5 (0,4; 0,6) |
| Электрофизиологический рубец (4) | 0 | 0,52 (0,47; 0,57) |

По данным ЭФИ известно, что принадлежность сегмента миокарда к интервалу колебания биологического потенциала 0,5–1,5 мВ (так называемая переходная зона) уже может свидетельствовать о его электрофизиологической неоднородности, что впоследствии обуславливает формирование аритмогенного

очага. Следовательно, при фиксировании в сегментах миокарда ЛЖ значений индекса трансмуральности, начиная с 0,30 (0,24–0,40) по МРТ сердца с контрастным усилением, имеются основания предполагать наличие условий формирования в указанной зоне аритмогенного фокуса.

В результате сопоставления данных магнитно-резонансной томографии и электрофизиологического исследования миокарда ЛЖ сердца было получено конкретное значение величины индекса трансмуральности 0,3, при котором изучаемый сегмент миокарда становится подозрительным на наличие в нем аритмогенного потенциала. Известно, что при развитии в отдельных участках сердечной мышцы ишемии, дистрофии, некроза, кардиосклероза или значительных метаболических нарушений электрические свойства различных участков миокарда и проводящей системы могут существенно отличаться друг от друга. Возникает так называемая электрическая неоднородность сердечной мышцы, которая нередко проявляется неодинаковой скоростью проведения электрического импульса в различных участках сердца и развитием однонаправленных блокад проведения. Такие блокированные участки миокарда возбуждаются не обычным, а окольным путем с большой временной задержкой, когда все остальные участки сердечной мышцы успели не только возбудиться, но и выйти из состояния рефрактерности (невозбудимости). В этом случае возбуждение данного участка может повторно распространиться на рядом лежащие отделы сердца еще до того, как к ним подойдет вновь очередной импульс из синоатриального узла. Возникает повторный вход волны возбуждения в те отделы сердца, которые только что вышли из состояния рефрактерности, в результате чего наступает преждевременное внеочередное возбуждение сердца – экстрасистола [5]. Использование при магнитно-резонансном исследовании сердца внеклеточных контрастных веществ на основе хелатных комплексов гадолиния, которые способны неспе-

цифически накапливаться в зоне рубца и инфаркта за счет увеличения интерстициального пространства на единицу объема [3, 4], позволяет точно определить локализацию, распространенность и, что немаловажно, толщину постинфарктных рубцовых изменений. Причем чем больше толщина повреждения миокарда в данном сегменте, а следовательно, толщина включения контрастного препарата, тем выше вероятность формирования источника аритмии в данном участке.

Заключение

Таким образом, показатели степени выраженности ишемического повреждения миокарда, полученные при МРТ сердца с контрастным усилением, взаимосвязаны с величинами амплитуды биологического потенциала, выявленными при ЭФИ, и дают возможность прогнозировать в изучаемом сегменте левого желудочка наличие аритмогенного очага. При значении индекса трансмуральности 0,3 и выше в изучаемом сегменте, по данным МРТ с контрастным усилением, вероятность наличия аритмогенного очага в сегментах миокарда возрастает.

Литература

1. *Josephson M.E.* Clinical cardiac electrophysiology: techniques and interpretations: 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993.
2. *Chen S.A., Chiang C.E., Tai C.T. et al.* Complications of diagnostic electrophysiologic studies and radiofrequency catheter ablation in patients with tachyarrhythmias: An eight-year survey of 3,966 consecutive procedures in a tertiary referral center // *Amer. Cardiol.* 1996. V. 77. P. 41–46.
3. *Труфанов Г.Е., Железняк И.С., Рудь С.Д., Меньков И.А.* МРТ в диагностике ишемической болезни сердца. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 64 с.
4. *Телен М., Эрбел Р., Крейтнер К.-Ф., Баркхаузен Й.* Лучевые методы диагностики болезней сердца: пер. с нем. / под общ. ред. проф. В.Е. Сеницына. М.: МЕДпресс-информ, 2011. 408 с.
5. *Мурашко В.В., Струтынский А.В.* Электрокардиография: учебное пособие. 6-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 320 с.

Поступила в редакцию 27.10.2013 г.

Утверждена к печати 24.01.2014 г.

Богунецкий Антон Александрович (✉) – аспирант, врач-рентгенолог кабинета МРТ отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии СО РАМН (г. Томск).

Усов Владимир Юрьевич – д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии СО РАМН (г. Томск).

Бабочкин Вадим Егорович – канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии НИИ кардиологии СО РАМН (г. Томск).

✉ **Богунецкий Антон Александрович**, тел. 8-923-413-4538; e-mail: mr.x-ray@sibmail.com

CARDIOVASCULAR MAGNETIC RESONANCE WITH CONTRAST AGENT: PROGNOSTIC ROLE IN DETERMINING ARRHYTHMOGENIC FOCUS

Bogunetsky A.A., Ussov V.Yu., Babokin V.Ye.

Institute of Cardiology, Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk, Russian Federation

ABSTRACT

In order to evaluate the possibilities of MRI in detection of proarrhythmogenic areas of myocardium we did compare directly and quantitatively the local myocardial uptake of paramagnetics to the results of electrophysiologic study of myocardium in twenty-two patients with recent transmural myocardial infarction and frequent ventricular extrasystoles verified by ECG studies.

Topic quantitative study of myocardial electric potential has been carried out using Carto XP system (by Biosense Webster).

By analysis of the images the measurement of Index of transmurality (IT) for the contrast uptake was calculated as ratio of thickness of paramagnetic uptake to overall thickness of myocardium in a specific segment.

The the electrophysiologic and MRI data were analyzed topically as segment vs segment and the significant tendency was revealed with simultaneous grow of pro-arrhythmogenic activity and value of IT. In other words, as bigger the IT increases, as arrhythmogenic the lectrical activity becomes. The best border value of IT that provided separation of electrically normal segments from proarrhythmogenic ones was the $IT = 0.3$.

Therefore we conclude the contrast-enhanced MRI of myocardium deliver additional information on risk of arrhythmias, not only the detection of myocardial damage itself.

KEY WORDS: contrast-enhanced MRI, electrophysiologic study, left ventricle, index of transmurality, arrhythmogenic areas.

Bulletin of Siberian Medicine, 2014, vol. 13, no. 1, pp. 98–102

References

1. Josephson M.E. *Clinical cardiac electrophysiology: techniques and interpretations*: 2nd ed. Philadelphia, Lea & Febiger. 1993.
2. Chen S.A., Chiang C.E., Tai C.T. et al. Complications of diagnostic electrophysiologic studies and radiofrequency catheter ablation in patients with tachyarrhythmias: An eight-year survey of 3,966 consecutive procedures in a tertiary referral center. *Amer. Cardiol.*, 1996, vol. 77, pp. 41–46.
3. Trufanov G.E., Zheleznyak I.S., Rud' S.D., Men'kov I.A. MRI in diagnostic of ischemic heart disease. SPb., ELBI-SPb. Publ., 2012. 61 p. (in Russian).
4. Manfred Thelen, Raimund Erbel, Karl-Fridrich Kreitner, Jorg Barkhauzen. Radiologic diagnostics of heart diseases. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2011. 480 p.
5. Murashko V.V., Strutynskiy A.V. *Electrocardiography: Textbook*. vol. 6. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2004. 320 p. (in Russian).

Bogunetsky Anton A. (✉), Institute of Cardiology, SB RAMS, Tomsk, Russian Federation.

Ussov Vladimir Yu., Institute of Cardiology, SB RAMS, Tomsk, Russian Federation.

Babokin Vadim Ye., Institute of Cardiology, SB RAMS, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Bogunetsky Anton A.**, Ph. +7-923-413-4538; e-mail: mr.x-ray@sibmail.com