ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА С КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РИСКА ПРЕДСЕРДНЫХ ТАХИАРИТМИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕНЕСЕННЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА

Усов В.Ю.[1], Бабокин В.Е.[1], Мочула О.В.[1], Шелковникова Т.А.[1], Хлынин М.С.[1], Лукъяненок П.И.[1], Курлов И.О.[1], Оферкин А.И.[2]

Представлены результаты использования магнитно-резонансной томографии сердца с парамагнитным контрастированием для визуального выявления очагов повреждения миокарда, провоцирующих развитие предсердных нарушений ритма у пациентов с перенесенным обширным инфарктом левого желудочка. Показано, что объем левого предсердия более 75 см3 и накопление контраста-парамагнетика в миокарде предсердий с индексом усиления в Т1-взвешенном спин-эхо режиме более 1,27 являются прогностическими факторами в отношении развития наджелудочковых тахиаритмий, а магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием является важным дополнительным методом исследования у пациентов с предсердными нарушениями ритма сердца.

1 - ФГБУ НИИ кардиологии Сибирского отделения Российской академии наук.
2 - НПФ «Биоток».
г. Томск, Россия

Ключевые слова: МРТ сердца с контрастным усилением, наджелудочковые тахиаритмии.

CONTRAST-ENHANCED MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY AS PROGNOSTIC TOOL IN PREDICTION OF SUPRAVENTRICULAR TACHYARRHYTHMIAS IN PATIENTS WITH MYOCARDIAL INFARCTION

Ussov W.Yu.[1], Babokin V.E.[1], Mochula O.V.[1], Shelkovnikova T.A.[1], Hlynin M.S.[1], Lukyanenok P.I.[1], Kurlov I.O.[1], Oferkin A.I.[2]

Contrast-enhanced MRI of the heart has been employed for visual detection of risk as well as anatomic locations of atrial arrhythmias in patients with previous myocardial infarction. It has been shown that pathologic uptake of paramagnetic to the myocardium of atria with index of enhancement over 1,27 (in T1-weighted spin-echo mode) with concomitant increase of left atrial volume over 75 ml provide a prognostic factor for the nearest future manifestation of atrial tachyarrhythmias and endocardial destruction procedure. Therefore the contrast-enhanced MRI can be included to the diagnostic algorithm of patients with ischemic heart disease and risk of supraventricular tachyarrhythmias.

1 - Tomsk Institute of Cardiology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.
2 - Biotok Research and production company.
Tomsk, Russia

Keywords: MRI of the heart with paramagnetic contrast enhancement, supraventricular tachyarrhythmias.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца с парамагнитным контрастированием является сегодня наиболее чувствительным и специфичным методом выявления как ишемического, так и воспалительного повреждения миокарда [1,2]. Однако применение парамагнетиков при диагностике патологии сердца до сих пор ограничивается использованием при повреждениях собственно желудочков, тогда как визуализация повреждений предсердий в повседневной кардиологической практике не используется. В то же время средства МР-ангиографии предсердий давно и широко используются для оценки топографии легочных вен и дальнейшего планирования транскатетерных аблационных вмешательств [3]. Хотя повреждение миокарда предсердий механически влияет на развитие

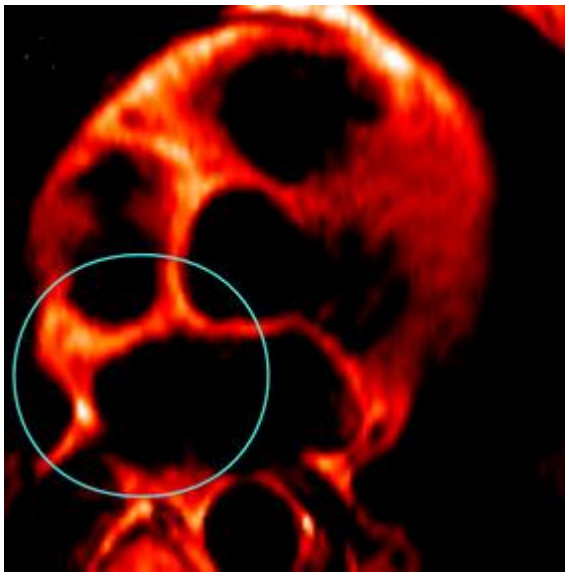

Рис. 1,а.

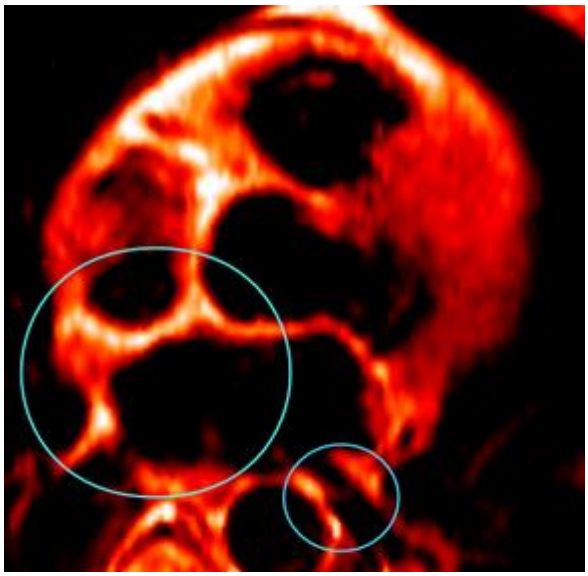

Рис. 1,б.

Рис. 1. МРТ сердца с контрастным усилением. Пациент с перенесенным острым инфарктом миокарда и развившимися впоследствии частыми пароксизмами фибрилляции предсердий и тахикардии.

А – Т1-ВИ сердца на уровне левого предсердия до введения парамагнетика.

Б – Т1-ВИ на том же уровне после контрастирования. Большой окружностью выделена область патологической аккумуляции парамагнетика в межжелудочковой перегородке и устье правой легочной вены, малой - область патологической аккумуляции в устье левой легочной вены. Впоследствии проведена операция катетерной радиочастотной аблации - изоляции устьев легочных вен.

сердечной недостаточности слабо, предсердные пароксизмальные тахиаритмии приводят к достоверному прогрессированию сердечной недостаточности за счет нарушений сократимости и расслабления миокарда желудочков на фоне аритмии [4]. В особенности это клинически важно у пациентов с одновременным повреждением сократительного миокарда левого желудочка [5].

Морфологически причиной развития аритмий, как правило, является значительная неоднородность ультраструктуры предсердий за счет чередования зон поврежденного и сохранного миокарда [6]. Повреждение миокарда наиболее эффективно оценивается средствами МРТ с контрастным усилением. Поэтому практически важно оценить, насколько признаки повреждения миокарда предсердий, выявляемые при МРТ с контрастированием парамагнетиками, могут быть использованы для оценки риска наджелудочковых тахиаритмий у пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда.

Материал и методы.

МР-томографическое исследование сердца с парамагнитным контрастированием было выполнено у 20 пациентов (18 мужчин, 2 женщины, возраст 57 ± 6 лет) с распространенным атеросклерозом аорты и коронарных артерий и перенесенным острым инфарктом миокарда (ОИМ) левого желудочка (ЛЖ) в ходе их рутинного инструментального кардиологического исследования.

Из 20 обследованных у 8 (группа 1) отмечались единичные наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы или эпизоды фибрилляции предсердий, купировавшиеся спонтанно. У 12 пациентов в течение двух - четырех месяцев после перенесенного ОИМ отмечались эпизоды частых пароксизмальных наджелудочковых тахиаритмий, причем у 9 пациентов потребовалось выполнение операции радочастотной аблации — изоляции устьев легочных вен, либо истмической области правого предсердия. Эти двенадцать пациентов составили группу 2.

Контрольной группой послужили результаты исследований у пациентов с патологией органов грудной клетки и позвоночника без признаков клинически значимого атеросклероза (девять мужчин, 58 ± 8 лет), которым исследование грудной клетки и грудного отдела позвоночника с контрастированием выполнялось по ортопедическим показаниям. В аспекте настоящего исследования им дополнительно выполнялась лишь ЭКГ-синхронизация записи изображений грудной клетки.

МРТ с контрастным усилением выполнялась с полным охватом области сердца и средостения в аксиальной плоскости с введением па-

Таблица №1. Количественные показатели оценки состояния предсердий при контрастированной МРТ сердца у пациентов синусовым ритмом (в т.ч. с эпизодами фибрилляции предсердий или наджелудочковой экстрасистолией) (Группа 1) и пациентов с наджелудочковой тахиаритмией (Группа 2) (как среднее ± ошибка среднего).

Показатель	Группа 1 (n=8)	Группа 2 (n=12)	p_{1-2}
Объем левого предсердия, $см^3$	56,83 ± 9,149	91,27 ± 10,025	t =2,54 p<0,02
Индекс усиления Т1-взв. спин-эхо МРТ сердца при парамагнитном контрастировании по наибольшему очагу в левом предсердии	1,149 ± 0,024	1,416 ± 0,067	t = 3,75 p < 0,005
Объем включения парамагнетика в наибольшем очаге поглощения контраста, $см^3$	0,279 ± 0,085	0,516 ±0,111	t =1,700 p<0,05
Суммарный объем включения контраста в очагах в левом предсердии, $см^3$	0,302 ± 0,090	0,780 ± 0,207	t =2,120 p<0,05

рамагнетика в дозе 0,1 ммоль/1 кг массы тела. До и спустя 12 - 15 мин после введения парамагнетика были записаны Т1-взвешенные спин-эхо изображения, при TR = 450-700 мс, TE = 15-20 мс, в матрицу 256 × 256 пикселей, при размере области исследования до 250 × 250 мм и толщине томосреза 7-8 мм (МР-томограф Магнетом-Опен, Siemens Medical).

Анализ изображений осуществлялся визуально двумя независимыми рентгенологами, не информированными о деталях клинической картины пациента. Рассчитывались следующие показатели:

- Объем левого предсердия, см3;
- Индекс усиления Т1-ВИ сердца при ПМ контрастировании по наибольшему очагу в левом предсердии (ИУ) как отношение интенсивностей на контрастированном и исходном исследовании МРТ;
- Объем включения парамагнетика в наибольшем очаге поглощения ПМ, см3;
- Суммарный объем включения парамагнетика в очагах в левом предсердии, см3.

Проводились также исследования по протоколам Т2-ВИ, инверсия - восстановление и исследования сократимости миокарда в кинорежиме.

Статистическая обработка результатов была проведена с использованием как параметрических (t-критерий), так и непараметрических (Манна-Уитни, Вилкоксона) критериев.

Результаты.

У пациентов контрольной группы индекс усиления интенсивности Т1-ВИ в области стенки левого предсердия составил при контрастировании 1,03 ± 0,4, а значимых очагов усиления интенсивности не выявлялось.

Сравнение результатов МР-томографического и катетеризационного электрофизиологического исследования у пациентов с тахиаритмиями (группа 2) показало, что достоверной детальной топической корреляции между локализациями очагов патологического включения парамагнетика и расположением путей re-entry или эктопического очага нет - прямое анатомическое соответствие имело место лишь в трех случаях из двенадцати. Однако электрофизиологический субстрат аритмии, как правило, (в 10 случаях из 12) выявлялся все же на стороне очага наиболее интенсивного накопления парамагнетика в левом предсердии.

Среди пациентов с сохранным предсердным ритмом лишь у одного включение носило многоочаговый характер, тогда как при предсердных тахиаритмиях - у половины (6 из 12 пациентов; p<0,05 по критерию x2). По расположению очага наиболее интенсивного включения парамагнетика для «тахиаритмической» группы в случае сочетания двух очагов оно, как правило, состояло из включений в нижней части перегородки с распространением вправо в область истмической зоны возле впадения нижней полой вены, а также очагового включения в области устьев легочных вен левого легкого (Рис. 1 (а, б)).

Количественные показатели, полученные при анализе картины контрастированной МРТ сердца в области предсердий в режиме Т1-взвешенного спин-эхо для групп пациентов с синусовым ритмом (группа 1) и с наджелудочковыми тахиаритмиями, не купировавшимися спонтанно и потребовавшими затем проведения транскатетерного аблационного вмеша-

тельства (группа 2), представлены в Таблице №1.

При сопоставлении между собой показатели индекса усиления интенсивности Т1-ВИ предсердий и объема предсердий (Рис. 2 (а)), а также и объема собственно включения (Рис. 2 (б)) достоверно не коррелировали.

В целом, как можно видеть, показатели, характеризовавшие объем предсердий и собственно включение контраста-парамагнетика в анатомические структуры предсердия, не были взаимозависимыми.

В группе 2 (у лиц с наджелудочковой тахиаритмией) достоверно и значительно выше был объем левого предсердия, превышавший в среднем таковой у лиц с сохранным синусовым ритмом (группа 1) почти вдвое (Рис. 3). Величина объема левого предсердия более 75 см3 означала с вероятностью более 90% принадлежность к числу лиц с мерцательной тахиаритмией.

Сходное высокодостоверное межгрупповое различие отмечалось и по величине индекса усиления Т1-взвешенного спин-эхо МРТ сердца при ПМ контрастировании, оцениваемого по наибольшему очагу в левом предсердии (Рис. 4). Для этого показателя разброс в группе пациентов с синусовым ритмом был существенно меньше, так что величина ИУ > 1,27 означала достоверную принадлежность к группе 2, «тахиаритмической».

Как величина объема включения парамагнетика в наибольшем очаге поглощения, так и, в особенности, суммарный объем включения парамагнетика по левому предсердию в целом, были достоверно и значительно выше в группе 2 (Рис. 5 (а, б)).

Таким образом, пациенты с предсердными тахиаритмиями характеризовались при Т1-взвешенной МРТ сердца с контрастированием более интенсивным и распространенным включением парамагнетика в стенку предсердия, а также достоверно большей степенью дилатации левого предсердия.

Обсуждение.

Визуализация повреждения предсердий средствами контрастированной МРТ или с помощью различных модификаций Т2-взвешенного спин-эхо исследования используется в кардиологии достаточно давно, но почти исключительно для характеристики повреждения миокарда при различных электродеструкционных процедурах в ходе аблации при предсердных аритмиях [7,81]. Такой подход безусловно важен и неоспорим, поскольку методы МРТ с контрастированием обладают исключительной, практически безальтернативной чувствительностью в выявлении всех форм повреждения миокарда [9].

В последнее время МРТ удачно используется для текущего мониторирования расположения электродов при проведении внутрисердечных электрофизиологических исследований и аблации источников аритмий [10].

Однако в кардиологической клинике не менее важна задача своевременной ранней оценки риска развития пароксизмальных наджелудочковых тахиаритмий на более ранних стадиях их проявления, в частности у пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда. Такие задачи, как правило, решаются средствами внутрисердечного электрофизиологического исследования [11], тем более, что оно всегда может быть расширено до терапевтического вмешательства — проведения локальной электрдеструкции ткани для подавления патологического очага автоматизма или разрыва путей циркулирующего возбуждения [12,13]. К сожалению, средства контрастированной МРТ для такого прогноза практически не используются. В то же время методически средства МРТ безусловно заняли место стандарта в оценке как ишемического, так и некоронарного повреждения [1]. Поэтому представлялось рациональным опробовать МРТ сердца для оценки риска наджелудочковых аритмий.

В наших группах оказалось, что с развитием наджелудочковых тахиаритмий связан объем левого предсердия. Геометрические размеры и объем левого предсердия являются одним из существенных предикторов предсердных нарушений ритма и в частности наиболее опасных тахиартимий [14], хотя рядом ведущих аритмологов этот подход не поддерживается [6,11]. Поскольку при ЭКГ-синхронизированной МРТ сердца количественный расчет объема левого предсердия относительно нетруден, а представленные здесь данные достоверно доказывают взаимосвязь его с развитием тахиформ предсердных аритмий, целесообразно предлагать оценивать объем левого предсердия во всех случаях проведения МРТ-исследования сердца у больных в постинфарктном периоде.

Абсолютным преимуществом МРТ перед другими методами исследования сердца является возможность с высоким, субмиллиметровым и миллиметровым, пространственным разрешением выявлять очаги повреждения миокарда с помощью парамагнитного контрастирования [9] и визуализации тканевого накопления контраста либо в Т1-взвешенном спин-эхо режиме, либо с помощью дополнительного использования протоколов с инверсией и адаптивным подбором времени инверсии (минимизацией интенсивности изображения здорового миокарда и максимумом поврежденного). Последний метод наиболее эффективен в исследованиях поражения миокарда желудочков [5], но не предсердий. По нашему опыту, представленному здесь, Т1-взвешенное спин-эхо исследова-

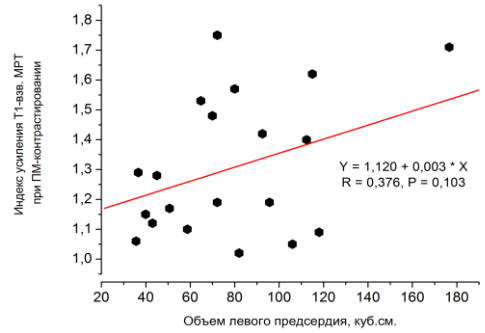

Рис. 2,а.

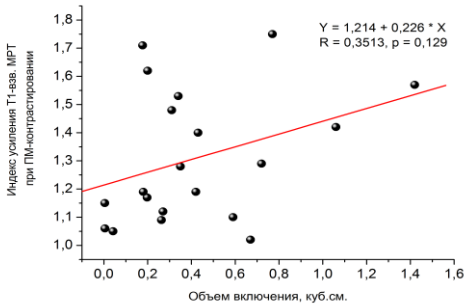

Рис. 2,б.

Рис. 2. Взаимоотношения показателей объема левого предсердия (а) и объема очагового включения парамагнетика в наиболее интенсивном очаге в левом предсердии (б) у обследованных пациентов. Очевидно отсутствие взаимозависимости этих показателей.

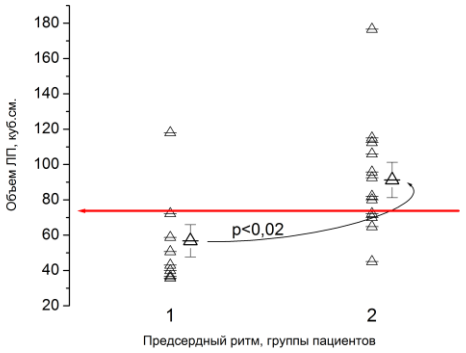

Рис. 3.

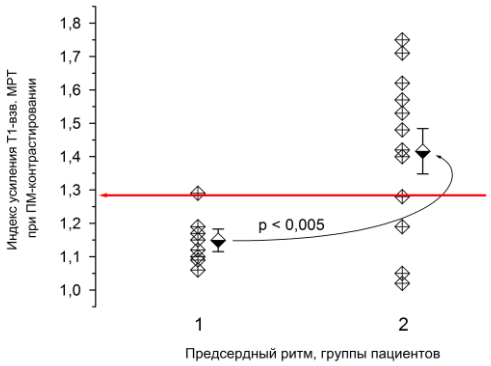

Рис. 4.

Рис. 3. Величины объема левого предсердия в группах с синусовым ритмом (1) и наджелудочковыми тахиаритмиями (2). Представлены как распределения индивидуальных значений, так и среднегрупповые величины (справа). Горизонтальной линией со стрелкой отмечена величина объема левого предсердия в 75 мл, выше которой располагались лишь случаи пациентов с наджелудочковыми тахиаритмиями.

Рис. 4. Показатели индекса усиления Т1-ВИ МРТ в группах с синусовым ритмом (1) и наджелудочковыми тахиаритмиями (2). Представлены распределения индивидуальных значений и (справа от них) среднегрупповые величины. Горизонтальной линией со стрелкой отмечена величина ИУ = 1,27, выше которой располагались лишь случаи пациентов с наджелудочковыми тхиаритмиями.

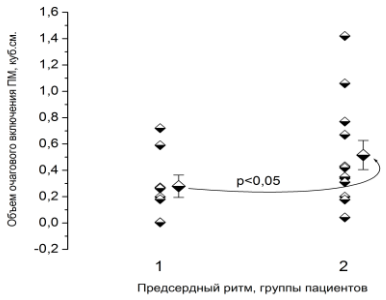

Рис. 5,а.

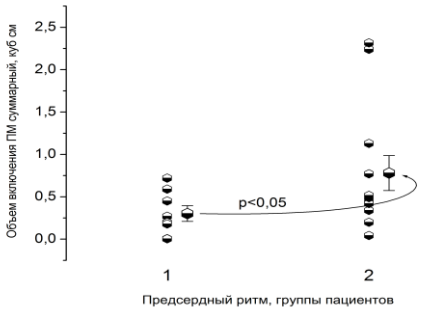

Рис. 5,б.

Рис. 5. Показатели объема включения парамагнетика в наиболее интенсивном очаге (а) и в целом по предсердию (б) в группах с синусовым ритмом (1) и наджелудочковыми тахиаритмиями (2). Представлены распределения индивидуальных значений, и (справа от них) среднегрупповые величины.

ние является вполне информативным в оценке визуальной картины предсердного накопления парамагнетика (Рис. 1) и его интенсивности. При этом объем и интенсивность включения достоверно выше у пациентов с тахиаритмиями, а сочетание признаков расширения предсердия более 75 см3, показателя ИУ более 1,27, а также множественный характер очагов включения прямо указывали на неизбежность развития наджелудочковых тахиаритмий.

Мы сознаем, что необходима детализация представленных данных в аспекте прямого анатомического сопоставления результатов электрофизиологического и МР-томографического исследования, поскольку у наших пациентов они топически не совпадали. Однако для корректности такого исследования необходимы соответствующие программные средства сочетанного анализа и сопоставления изображений, которые еще предстоит создать. Кроме того, необходимо сравнение контрастированной МРТ у пациентов с наджелудочковыми тахиаритмиями ишемического и некоронарогенного генеза.

Однако уже представленные данные свидетельствуют, что МР-томографическое исследование сердца с парамагнитным контрастированием миокарда предсердий является существенным дополнительным методом исследования при наджелудочковых нарушениях ритма и позволяет предполагать их проявление у пациентов с перенесенным острым инфарктом миокарда. Дальнейшее многоцентровое накопление результатов использования контрастированной МРТ у пациентов с наджелудочковыми тахиаритмиями вероятно лишь усилит диагностическое значение МРТ сердца у таких пациентов.

Список литературы:

1. *Стукалова О.В., Власова Э.Е., Тарасова Л.В., Терновой С.К. Магнитно-резонансная томография сердца у больных постинфарктным кардиосклерозом перед операцией хирургической реваскуляризации миокарда.// Регионарное кровообращение и микроциркуляция.- 2013.- Т.12.- №1.- С.36-41.*

2. *Терновой С.К., Синицын В.Е. Лучевая диагностика сердечно-сосудистой патологии : новые горизонты.// Вестник РАМН.- 2003.- №12.- С. 65-68.*

3. *Kato R., Lickfett L., Meininger G. et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonanceimaging // Circulation.- 2003.- V.107.- P.2004-2010.*

4. *Бокерия Л.А., Филатов А.Г., Ковалев А.С. Сравнительный анализ эффективности расширенной радиочастотной аблации зон функционального субстрата при различных формах фибрилляции предсердий.//Анналы аритмологии.- 2013.- Т.10.- №2.- С.111-120.*

5. *Стукалова О.В., Синицын В.Е., Терновой С.К. Оценка миокарда у больных ИБС с помощью контрастной МРТ.// Медицинская визуализация.- 2004.- № 5.- С.18-24.*

6. *Баталов Р.Е., Антонченко И.В. Патофизиологические предпосылки катетерного лечения фибрилляции предсердий.// Вестник аритмологии.- 2010.- № 60,.- С.70-74.*

7. *McGann C.J., Kholmovski E.G., Oakes R.S., et al. New magnetic resonance imaging-based method for defining the extend of left atrial wall injury after the ablation of atrial fibrillation.// J.Am.Coll.Cardiol.- 2008.- V.52.- P.1263–1271.*

8. *Nordbeck P., Hiller K.H., Fidler F. et al. Feasibility of contrast-enhanced and nonenhanced MRI for intraprocedural and post-procedural lesion visualization in interventional electrophysiology: animal studies and early delineation of isthmus ablation lesions in patients with typical atrial flutter.// Circ. Cardiovasc.Imaging. - 2011.- V.4.- №3.- P,282-294.*

9. *Усов В.Ю., Богунецкий А.А. Оценка жизнеспособности ишемически поврежденного миокарда: возможности магнитно-резонансной и эмиссионной томографии.// Бюлл. Сибирской медицины.- 2013.- Т.12.- №6.- С.154-166.*

10. *Grothoff M., Piorkowski C., Eitel C. et al. MR imaging - guided electrophysiological ablation studies in humans with passive catheter tracking: initial results.// Radiology.- 2014.- V.271.- №3.- P.695-702.*

11. *Алеев В.Р., Антонченко И.В. Особенности электрофизиологических процессов у пациентов с пароксизмальной и хронической формами фибрилляции предсердий.// Вестник аритмологии.- 2003.- № 34.- С. 38-43.*

12. *Антонченко И.В., Татарский Б.А., Попов С.В. Лечение пароксизмальных форм фибрилляции предсердий.// Вестник аритмологии.- 2009.- № 53.- С. 3-10.*

13. *Артеменко С.Н., Романов А.Б., Туров А.Н и соав. Сравнительная оценка радиочастотной остиальной, антральной изоляции устьев легочных вен и аблации ганглионарных сплетений у пациентов с фибрилляцией предсердий.// Вестник аритмологии.- 2012.- № 68.- С.14-20.*

14. *Lee Y.S., Hyun D.W., Jung B.C. et al. Left atrial volume index as a predictor for occurrence of atrial fibrillation after ablation of typical atrial flutter.// J.Cardiol.- 2010.- V.56.- №3.- P.348-353.*