

## КОНТРАСТНАЯ СОНОГРАФИЯ НА АМБУЛАТОРНОМ ЭТАПЕ В ОЦЕНКЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ГИПЕРВАСКУЛЯРИЗАЦИИ СТЕНКИ ВОСХОДЯЩЕЙ АОРТЫ И ОТБОРЕ ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Буховец И.Л., Максимова А.С., Козлов Б.Н., Пряхин А.С.,  
Роговская Ю.В., Усов В.Ю.

**Цель исследования.** Демонстрация ранней диагностики и описание клинического случая, доказывающего возможность прямой визуализации атеросклеротического поражения стенки аорты по данным ультразвукового и МРТ-томографического исследования с контрастом.

**Материал и методы.** Выполнено ультразвуковое исследование на фоне введения контрастного препарата второго поколения – Соновью, в амбулаторных условиях, а также магнитно-резонансная томография с контрастом парамагнетиком у пациента с аневризмой восходящего отдела аорты с подозрением на риск расслоения.

**Результаты.** Выявлены участки неоднородного по интенсивности и в целом усиленного накопления контраста в стенке аорты, позволившие подтвердить аневризматическую трансформацию и риск развития осложнений, которые при последующем хирургическом ведении – протезирование восходящей аорты – и морфологическом анализе резекционного материала были подтверждены.

**Заключение.** Показано, что использование контрастной эхографии позволяет без применения на начальном этапе более сложных и, в том числе, инвазивных методов детально оценить патологическую васкуляризацию стенки аорты и облегчить отбор пациентов для планирования оперативного вмешательства.

Ключевые слова: аневризма аорты, контрастная сонография, магнитно-резонансная томография с контрастированием

Контактный автор: Максимова А.С., e-mail: [asmaximova@yandex.ru](mailto:asmaximova@yandex.ru)

Для цитирования: Буховец И.Л., Максимова А.С., Козлов Б.Н., Пряхин А.С., Роговская Ю.В., Усов В.Ю. Контрастная сонография на амбулаторном этапе в оценке патологической гиперваскуляризации стенки восходящей аорты и отборе для хирургического лечения. REJR 2018; 8(1):208-214. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-208-214.

Статья получена: 18.12.2017

Статья принята: 02.02.2018

## CONTRAST-ENHANCED ULTRASOUND AT OUTPATIENT SERVICE IN THE ESTIMATION OF PATHOLOGICAL HYPERVASCULARIZATION OF ASCENDING AORTA WALL AND SELECTION FOR SURGICAL TREATMENT

Bukhovets I.L., Maksimova A.S., Kozlov B.N., Pryakhin A.S.,  
Rogovskaya Yu.V., Usov W.Yu.

**Purpose.** Demonstration and description of the clinical case proving the possibility of direct visualization of atherosclerotic lesion of the aortic wall by ultrasound and MRI with contrast enhancement.

**Materials and methods.** Contrast enhancement ultrasound and MRI of the ascending aorta in a patient with aneurysm without delamination were performed.

**Results.** Areas of different intensity of contrast accumulation in the aortic wall were revealed.

**Conclusion.** The use of contrast ultrasound, without using more complex and, including invasive methods, allows to assess in detail the pathological vascularization of the

Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. Научно-исследовательский институт кардиологии, г. Томск, Россия

Cardiology Research Institute. Tomsk National Research Medical Centre, Russian Academy of Sciences. Tomsk, Russia

aortic wall and to facilitate detailed tactics in the planning of surgical intervention.

Keywords: thoracic aorta aneurysm, contrast-enhanced ultrasound, contrast-enhanced MRI.

Corresponding author: Maksimova A.S., e-mail: [asmaximova@yandex.ru](mailto:asmaximova@yandex.ru)

*For citation: Bukhovets I.L., Maksimova A.S., Kozlov B.N., Pryakhin A.S., Rogovskaya Yu.V., Ussov W.Yu. Contrast-enhanced ultrasound at outpatient service in the estimation of pathological hypervascularization of ascending aorta wall and selection for surgical treatment. REJR 2018; 8(1):208-214 DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-208-214.*

Received: 18.12.2017

Accepted: 02.02.2018

Современная лучевая диагностика неразрывно связана с использованием контрастных препаратов – йодсодержащих в рутинной рентгенодиагностике и КТ, парамагнетиков – в МРТ [1]. В последние годы появляются новые классы контрастных средств и диагностическая ценность искусственного контрастирования увеличивается и не вызывает сомнений. Важнейшим механизмом, улучшающим диагностические показатели методов лучевой диагностики является проникновение контрастных препаратов в пораженные ткани из кровотока, что достоверно ограничивает их от здоровых тканей [2]. Для ультразвуковой диагностики интерес вызывают, так называемые микропузырьковые контрастные вещества для внутривенного введения. Размер микропузырьков сопоставим с размерами эритроцитов, поэтому они движутся единым пулом с эритроцитами и, что более важно, не попадают туда, куда не могут попасть эритроциты, то есть это первые чисто внутрисосудистые контрастные агенты. Микропузырьки ультразвуковых контрастных препаратов очень малы, но они превышают размеры молекул и частиц, используемых в качестве контрастных агентов при КТ и МРТ, которые диффундируют через фенестрированный эндотелий кровеносных сосудов в интерстиций [3]. Микропузырьковые контрастные препараты выводятся легкими с выдыхаемым воздухом и этим уникальны, так как большинство других препаратов – для МРТ и СРКТ выводятся почками и не лишены хотя бы минимальной нефротоксичности. Использование контрастных препаратов при ультразвуковых исследованиях очаговых патологических процессов повышает диагностическую точность метода до 92-95%, что сопоставимо с томографическими методами исследования – СРКТ и МРТ [4, 5, 6]. Ультразвуковое исследование с контрастированием наиболее часто используется для исследования паренхиматозных органов, но является относительно новым инструментом диагностики патологических изменений просвета и стенки аор-

ты, особенно в поликлинических условиях [6, 7]. В последние годы проблематика использования ультразвукового исследования с контрастированием сосредоточена на диагностике эндоподтекания после реконструкции имплантата аортального клапана и для диагностирования разрыва аневризм брюшной аорты [7]. При этом оценка состояния собственно стенки аорты, в том числе и восходящей, с помощью данного метода остается малоизученной. Результаты МР-исследований состояния аортальной стенки при патологии в первую очередь атеросклеротического характера изучались, но представлены в относительно небольшом числе публикаций [8, 9, 10].

Основное внимание при этом уделяется изучению морфологии атеросклеротических бляшек в сонных артериях с применением эхоконтрастных препаратов [11, 12, 13, 14]. Однако, поскольку, атеросклероз – системное заболевание, развитие атеросклеротического поражения в аорте – главном магистральном сосуде, обеспечивающим кровоснабжение жизненно важных регионов, долгое время может проходить бессимптомно и проявить себя тяжелыми внезапными осложнениями (расслоением и разрывом аневризмы), то изменения структуры стенки аорты крайне важны для ранней и доклинической диагностики атеросклероза аорты [15]. В доступной литературе мы не встретили данных по амбулаторному изучению структуры стенки восходящей аорты с применением контрастной эхографии.

Здесь мы представляем такой клинический случай, доказывающий возможность прямой визуализации атеросклеротического поражения стенки аорты при ультразвуковом исследовании с контрастом в сравнительном аспекте контрастной сонографии и МР-томографии с парамагнитным контрастным усилением.

#### **Материалы и методы.**

Представлен клинический случай использования ультразвукового исследования для оценки структурных особенностей стенки восходящего отдела аорты на фоне введения кон-

трастного препарата второго поколения – Соновью и при проведении магнитно-резонансной томографии.

Пациент первоначально обратился с жалобами на повышение артериального давления в течение многих лет, лечение получал нерегулярное, последний год давление плохо корректировалось. Кроме того, в течение пяти лет отмечал появление болей ангинозного характера при физической нагрузке, быстрой ходьбе, которые купировались приемом нитроглицерина. Отмечал постепенное снижение толерантности к физической нагрузке, а также появление в течение последних трех месяцев одышки при ходьбе.

Во время амбулаторного кардиохирургического консультирования была проведена эхография восходящего отдела аорты с контрастированием. Исследование проводилось на ультразвуковом сканере экспертного класса Vivid E9 (GE Healthcare, США) в программе LV Contrast U, с использованием матричного датчика M5S с частотой 1,5-4,6 МГц, механический индекс 0,4. Контрастный препарат Соновью (Бракко, Италия) вводился болюсно в объеме 3 мл в периферическую вену, с последующей промывкой 5 мл физиологического раствора. В процессе УЗ-исследования проводили запись электрокардиограммы и контроль за уровнем артериального давления.

В последующем больной Б. поступил в кардиохирургическое отделение с диагнозом: дисплазия соединительной ткани, аневризма восходящего отдела аорты и дуги аорты без признаков расслоения, гемодинамическая стенокардия. В клинических условиях было проведено комплексное обследование, включавшее ЭКГ, Эхо-КГ, рентгенографию органов грудной клетки, спирографию, диагностическую коронароангиографию, магнитно-резонансную томографию с контрастным усилением. Пациент был проконсультирован руководителем кардиохирургического отделения: рекомендовано хирургическое лечение в объеме протезирования аорты по типу Hemi-arch.

МР-томографическое исследование проводилось на томографе Toshiba Vantage Titan с индукцией магнитного поля 1,5 Тл и включало в себя T2 и T1-ВИ спин-эхо-МРТ в аксиальных и сагиттальных плоскостях до и спустя 12-15 мин после парамагнитного контрастирования. Парамагнитное контрастирование осуществлялось с использованием полумолярного парамагнетика – магневиста в стандартной дозировке 0,1 ммоль на кг массы тела пациента. Наряду с визуальным анализом картины, определялись диаметр и толщина стенки аорты на соответствующих уровнях

### Результаты.

По данным УЗИ с контрастным усилением максимальное расширение аорты у пациента Б. составило 49 мм (по данным МРТ – 48-50 мм), толщина стенки 2,5-3мм (по данным МРТ – 2-2,5 мм), стенки неравномерно уплотнены, в них четко визуализируются гиперэхогенные включения (рис. 1), дающие при МРТ-исследовании высокое накопление контраста, и нормальные фрагменты, соответствующие на МРТ-изображениях слабому накоплению парамагнетика (рис. 2). Участки неравномерного уплотнения при эхоконтрастировании при сравнении с МРТ картиной демонстрировали среднеинтенсивное накопление парамагнитного контраста. По данным морфологического исследования аортальной стенки после выполнения кардиохирургического вмешательства была выявлена зона внутриэндотелиальной отслойки, а также гиперваскуляризация меди (рис. 3). Полученные данные васкуляризации стенки аорты позволили кардиохирургам выбрать места наложения анастомозов с минимальным уровнем патологической васкуляризации с целью снижения риска возможных осложнений. Пациент выписан на 23 сутки после операции в хорошем состоянии, без субъективных жалоб и при уровне ТФН при ВЭМ-пробе более 75 Вт.

При контрольном исследовании у пациентки К., находившейся на лечении в кардиохирургическом отделении с диагнозом: врожденный порок сердца – бicuspidальный аортальный клапан, недостаточность аортального клапана 1-2 степени, аневризма восходящего отдела аорты, при проведении ультразвукового исследования с контрастным усилением признаков усиления стенки аорты выявлено не было (рис. 4). Данной пациентке была проведена операция протезирования аортального клапана искусственным механическим двустворчатым клапаном, протезирование восходящей аорты с пластикой дуги аорты по типу Hemi-arch.

### Заключение .

Таким образом, использование контрастной эхографии, позволяет, без применения более сложных и, в том числе, инвазивных методов, детально оценить патологическую васкуляризацию стенки аорты и облегчить детализацию тактики при планировании оперативного вмешательства уже при первичном обследовании в амбулаторных условиях.

### Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

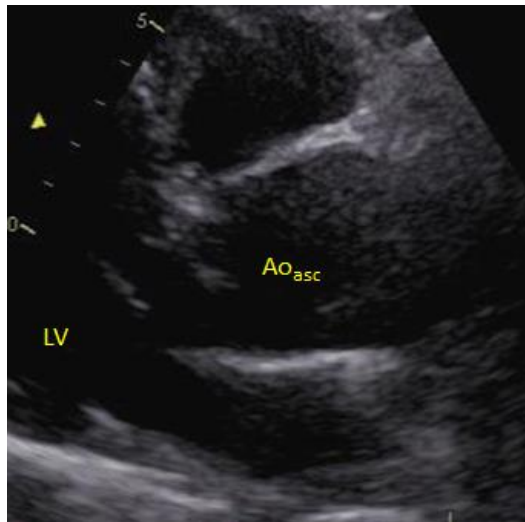


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

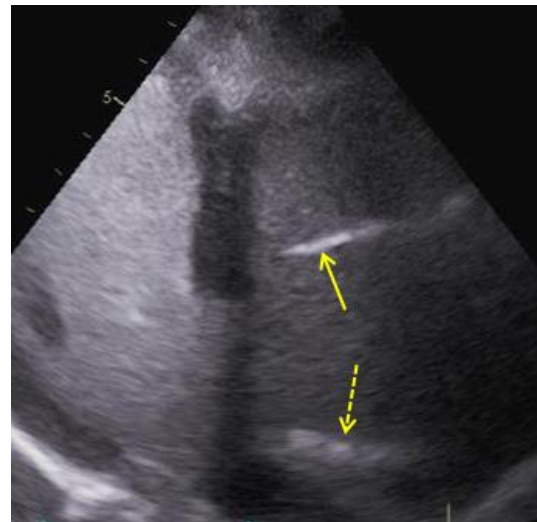


Рис. 1 б (Fig. 1 в)

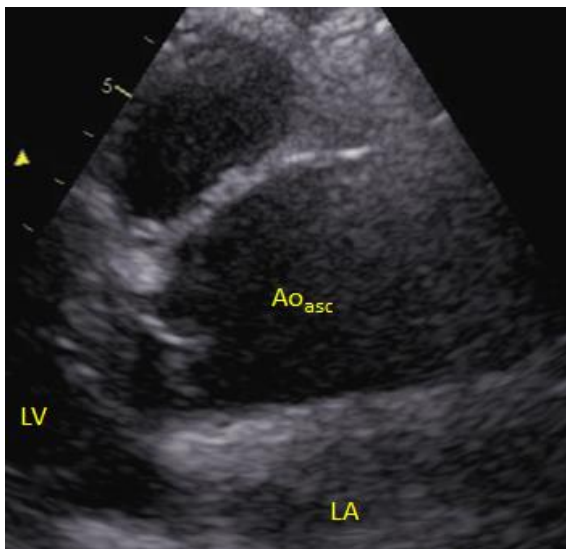


Рис. 1 в (Fig. 1 с)



Рис. 1 г (Fig. 1 д)

**Рис. 1. ЭхоКГ.**

Парастеральная позиция длинной оси левого желудочка у пациента Б. с аневризмой восходящего отдела аорты без признаков расслоения, до введения контрастного препарата (а, в), после контрастирования препаратом Соновью (б, г).

Ao<sub>asc</sub> – восходящая аорта, LV – левый желудочек, LA – левое предсердие, сплошная стрелка – выраженное усиление эхогенности, пунктирная стрелка – средне-интенсивное накопление, овал – гиперэхогенное включение.

**Fig. 1. Heart sonography.**

Parasternal long axis view of the left ventricle in patient B. with aortic aneurysm, without dissection, before contrast agent injection (a, c), and after Sonoview contrast agent injection (b, d).

Ao<sub>asc</sub> – aorta ascendens, LV – left ventricle, LA – left atrium, solid arrow – increased echogenicity, dotted arrow – intermediate accumulation, oval-hyperecho inclusion.

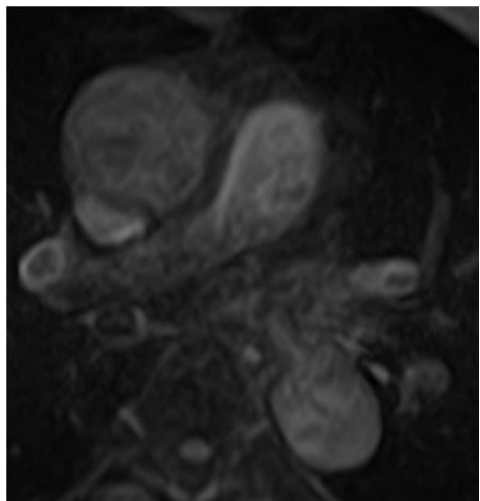


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

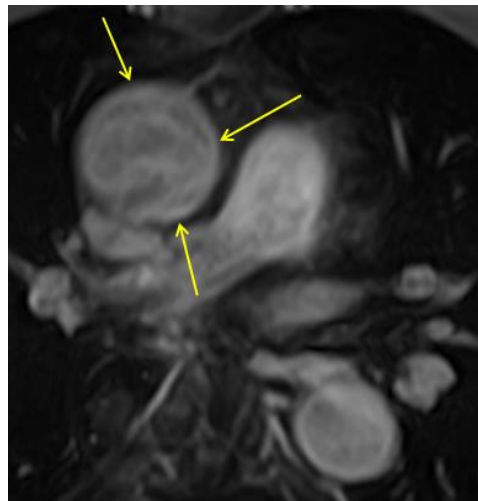


Рис. 2 б (Fig. 2 в)

**Рис. 2. МРТ аорты, аксиальная проекция.**

T1-ВИ спин-эхо исследование с подавлением сигнала от жира до введения контрастного препарата (а), T1-взвешенное спин-эхо исследование с подавлением сигнала от жира после контрастирования (б) у этого же пациента. Неоднородное накопление контраста в стенке восходящего отдела аорты (стрелки) на фоне сохраняющего пула контраста в просвете.

**Fig. 2. MRI of aorta.**

Axial plane, T1-weighted Fat-suppressed imaging before contrast agent injection (a), T1-weighted Fat-suppressed imaging after contrast agent injection (b) in the same patient. Inhomogeneous contrast accumulation in the wall of the ascending aorta (arrows) with the background of the persisting pool of contrast in the lumen.

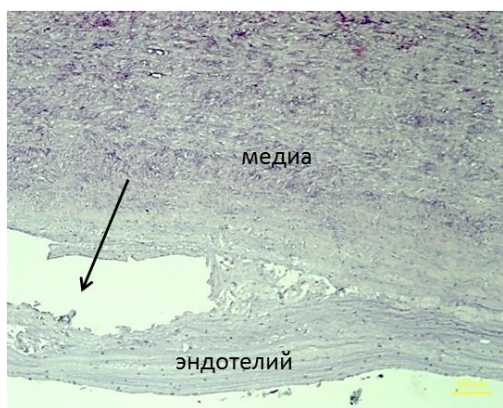


Рис. 3 а (Fig. 3 а)

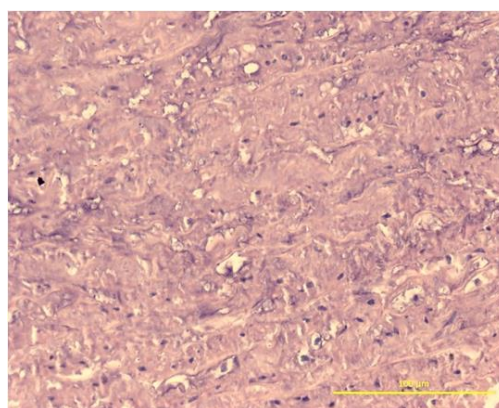


Рис. 3 б (Fig. 3 в)

**Рис. 3. Микропрепараты стенки аорты, окраска гематоксилином и эозином, увеличение × 100 (а) и × 200(б).**

Внутриэндотелиальная зона отслойки (стрелка), картина повышенной плотности сосудов – патологическая гиперваскуляризация медики аорты (а). При морфометрическом подсчете в увеличении ×200 определяется более 50 капилляров на поле зрения, что более чем вдесятеро превышает норму (б).

**Fig. 3. Histological microscopy image of aortic wall.**

Hematoxylin and eosin stain, × 100. Intraendothelial zone of detachment (arrow), increased density of vessels is seen due to pathological hypervascularization of aortic wall media (a). More than 50 capillaries per field of view (b).



Рис. 4 а (Fig. 4 а)



Рис. 4 б (Fig. 4 в)

**Рис. 4. ЭхоКГ.**

Парастернальная позиция длинной оси левого желудочка у пациентки К. с недостаточностью аортального клапана и аневризмой восходящего отдела аорты, до введения контрастного препарата (а), после контрастирования препаратом Соновью (б). Признаков контрастного усиления стенки аорты не выявлено.

Ao<sub>asc</sub> – восходящая аорта; LV – левый желудочек; LA – левое предсердие.

**Fig. 4. Heart sonography.**

Parasternal long axis view of the left ventricle in patient K. with aortic valve insufficiency and ascending aorta aneurysm, before contrast agent injection (a), after Sonoview contrast agent injection (b). Contrast enhancement of the aortic wall is not revealed.

Ao<sub>asc</sub> – aorta ascendens; LV – left ventricle; LA – left atrium.

**Список литературы:**

1. Фомина С.В., Завадовская В.Д., Юсубов М.С., Дрыгунова Л.А., Фильмонов В.Д. Контрастные препараты для ультразвукового исследования. Бюллетень сибирской медицины. 2011; 6: 137–142.
2. Поляев Ю.А., Юдин А.А., Шимановский Н.А. Применение контрастных средств в лучевой диагностике. Москва, Калганов, 2010. 432 с.
3. Новиков Н. Е. Контрастно-усиленные ультразвуковые исследования. История развития и современные возможности. Российский электронный журнал лучевой диагностики, 2012; 2: 20-28.
4. Sugimoto K., Moriyasu F. Shiraishi J., Saito K., Taira J., Saguchi T. et al. Assessment of arterial hypervascularity of hepatocellular carcinoma: comparison of contrast-enhanced US and gadoxetate disodium-enhanced MR imaging. *European Radiology*. 2012; 22: 1205–1213. DOI: 10.1007/s00330-011-2372-3.
5. Mandai M., Koda M., Matono T., Nagahara T., Sugihara T., Ueki M. et al. Assessment of hepatocellular carcinoma by contrast-enhanced ultrasound with perfluorobutane microbubbles: comparison with dynamic CT. *The British Journal of Radiology*. 2011; 84: 499-507. DOI: 10.1259/bjr/38682601.
6. Moudgil S., Kalra N., Prabhakar N., Dhiman R. K., Behera A., Chawla Y. K. et al. Comparison of contrast enhanced ultrasound with contrast enhanced computed tomography for the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*. 2017; 7(3): 222-229. DOI: 10.1016/j.jceh.2017.03.003.
7. Weskott H. P. Контрастная сонография. Бремен, УНИМЕД, 2014. 284 с.
8. Krishnam M. S., Tomasian A., Malik S., Desphande V., Laub G., Ruehm S. G. Image quality and diagnostic accuracy of unenhanced SSFP MR angiography compared with conventional contrast-enhanced MR angiography for the assessment of thoracic aortic diseases. *European Radiology*. 2010; 20: 1311-1320. DOI: 10.1007/s00330-009-1672-3.
9. Litmanovich D., Bankier A. A., Cantin L., Raptopoulos V., Boiselle Ph. M. CT and MRI in Diseases of the Aorta. *American Journal of Roentgenology*. 2009; 193: 928-940. DOI: 10.2214/AJR.08.2166.
10. Rajiah P. CT and MRI in the Evaluation of Thoracic Aortic Diseases. *International Journal of Vascular Medicine*. 2013; 2013: 797189. DOI: 10.1155/2013/797189.
11. Балахонова Т. В., Погорелова О. А., Трипотень М. И., Герасимова В. В., Сафиуллина А. А., Рогоза А. Н. Контрастное усиление при ультразвуковом исследовании сосудов: атеросклероз, неспецифический аортоартериит. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2014; 4: 33-45.
12. Тимина И. Е., Калинин Д. В., Чехоева О. А., Кармазановский Г. Г. Ультразвуковое исследование атеросклеротической бляшки в сонных артериях с использованием контрастного препарата (обзор литературы и первый опыт применения). *Медицинская визуализация*. 2015; 1: 126-132.
13. Чечеткин А. О., Друина Л. Д. Возможности контраст-

ного ультразвукового исследования в ангионеврологии. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2015; 9 (2): 35-40.

14. Rafailidis V., Pitoulis G., Kouskouras K., Rafailidis D. Contrast-enhanced ultrasonography of the carotids. *Ultrasonogra-*

*phy*. 2015; 34 (4): 312-23. DOI: 10.14366/usg.15005.

15. Врублевский А. В., Бощенко А. А., Карпов Р. С. Комплексная ультразвуковая оценка атеросклероза грудного отдела аорты и коронарных артерий. Томск, STT, 2007. 180 с.

### References:

1. Fomina S. V., Zavadovskaja V. D., Jusubov M. S., Drygunova L. A., Filimonov V. D. Contrast agents for ultrasound examination. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2011; 6: 137-142 (in Russian).

2. Polyayev Yu. A., Yudin A. L., Shimanovskiy N. L. The use of contrast agents in radiology. Moscow, Kalganov; 2010. 432 p. (in Russian).

3. Novikov N. E. Contrast-enhanced ultrasound. History of development and modern capabilities. *Russian electronic journal of radiology*, 2012; 2: 20-28 (in Russian).

4. Sugimoto K., Moriyasu F. Shiraiishi J., Saito K., Taira J., Saguchi T. et al. Assessment of arterial hypervascularity of hepatocellular carcinoma: comparison of contrast-enhanced US and gadoxetate disodium-enhanced MR imaging. *European Radiology*. 2012; 22: 1205-1213. DOI: 10.1007/s00330-011-2372-3.

5. Mandai M., Koda M., Matono T., Nagahara T., Sugihara T., Ueki M. et al. Assessment of hepatocellular carcinoma by contrast-enhanced ultrasound with perfluorobutane microbubbles: comparison with dynamic CT. *The British Journal of Radiology*. 2011; 84: 499-507. DOI: 10.1259/bjr/38682601.

6. Moudgil S., Kalra N., Prabhakar N., Dhiman R. K., Behera A., Chawla Y. K. et al. Comparison of contrast enhanced ultrasound with contrast enhanced computed tomography for the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*. 2017; 7 (3): 222-229. DOI: 10.1016/j.jceh.2017.03.003.

7. Weskott H.-P. Contrast-enhanced ultrasound. Bremen, UNI-MED, 2014. 284 p. (in Russian).

8. Krishnam M. S., Tomasian A., Malik S., Desphande V., Laub

G., Ruehm S. G. Image quality and diagnostic accuracy of unenhanced SSFP MR angiography compared with conventional contrast-enhanced MR angiography for the assessment of thoracic aortic diseases. *European Radiology*. 2010; 20: 1311-1320. DOI: 10.1007/s00330-009-1672-3.

9. Litmanovich D., Bankier A. A., Cantin L., Raptopoulos V., Boiselle Ph. M. CT and MRI in Diseases of the Aorta. *American Journal of Roentgenology*. 2009; 193: 928-940. DOI: 10.2214/AJR.08.2166.

10. Rajiah P. CT and MRI in the Evaluation of Thoracic Aortic Diseases. *International Journal of Vascular Medicine*. 2013; 2013: 797189. DOI: 10.1155/2013/797189.

11. Balakhonova T. V., Pogorelova O. A., Tripoten M. I., Gerasimova V. V., Saphiulina A. A., Rogoza A. N. Contrast-Enhanced Ultrasound in Vascular Medicine: Atherosclerosis, Takayasu arteritis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2014; 4: 33-45 (in Russian).

12. Timina I. E., Kalinin D. V., Chehoveva O. A., Karmazanovsky G. G. Contrast-Enhanced Ultrasound Imaging Atherosclerotic Plaque in Carotid Arteries (Literature Review and First Experience) *Medical Visualization*. 2015; 1: 126-132 (in Russian).

13. Chechetkin A. O., Druina L. D. Capabilities of contrast-enhanced ultrasound in angioneurology. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2015; 9 (2): 35-40 (in Russian).

14. Rafailidis V., Pitoulis G., Kouskouras K., Rafailidis D. Contrast-enhanced ultrasonography of the carotids. *Ultrasonogra-*

*phy*. 2015; 34 (4): 312-23. DOI: 10.14366/usg.15005.

15. Vrublevsky A. V., Boshchenko A. A., Karpov R. S. Complex ultrasound assessment of atherosclerosis of thoracic aorta and coronary arteries. Tomsk, STT, 2007. 180 p. (in Russian).