

## Возможности диагностики: инновационный подход в использовании магнитно-резонансной томографии при аневризме аорты

Е. Кобелев<sup>1</sup>, Н.Т. Пак<sup>1</sup>, Е.Э. Бобрикова<sup>1</sup>, В.Ю. Усов<sup>2</sup>, Е.Э. Кливер<sup>1</sup>, Д.А. Сирота<sup>1</sup>, А.М. Чернявский<sup>1</sup>, Т.А. Берген<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Томский национальный исследовательский медицинский центр, Томск, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

В статье сообщается об инновационном применении магнитно-резонансной томографии для определения хирургической тактики.

Авторы описывают случай 47-летнего пациента, которому провели исследование методом магнитно-резонансной томографии с последующим хирургическим лечением аневризмы аорты. В отличие от эхокардиографии, этот способ диагностики позволяет увидеть всю грудную аорту, в отличие от компьютерной томографии — помогает выявить изменения в стенке аорты. С помощью магнитно-резонансной томографии нам удалось определить дистальный край резекции. Послеоперационный период прошёл без осложнений. По синхронизированному с электрокардиограммой данным мы оценили структурные изменения стенки аорты и её механические свойства. Важно отметить, что результаты магнитно-резонансной томографии коррелировали с результатами гистологического исследования.

Для эффективного хирургического лечения пациентов с аневризмой аорты необходимо определять степень изменений в стенке сосуда.

Магнитно-резонансная томография стенки аорты — перспективное направление в диагностике, требующее дальнейшего изучения в многоцентровых исследованиях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** МРТ; магнитно-резонансная томография; аневризма грудной аорты; стенка аорты; клинический случай.

### Как цитировать

Кобелев Е., Пак Н.Т., Бобрикова Е.Э., Усов В.Ю., Кливер Е.Э., Сирота Д.А., Чернявский А.М., Берген Т.А. Возможности диагностики: инновационный подход в использовании магнитно-резонансной томографии при аневризме аорты // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 3. С. 000–000. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108404>

Рукопись получена: 31.05.2022 Рукопись одобрена: 29.06.2022 Опубликовано: 22.08.2022

### Diagnostic challenge: innovative approach in use of magnetic resonance imaging in aortic aneurysm

Evgenii Kobelev<sup>1</sup>, Natalya T. Pak<sup>1</sup>, Evgeniya E. Bobrikova<sup>1</sup>, Wladimir Yu. Usov<sup>2</sup>, Evgeniy E. Kliver<sup>1</sup>, Dmitriy A. Sirota<sup>1</sup>, Aleksandr M. Chernyavskiy<sup>1</sup>, Tatyana A. Bergen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> E. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russian Federation

### ABSTRACT

Here we report a case of technological innovation: the use of magnetic resonance imaging to determine surgical strategy.

Here is a 47-year-old man who underwent an magnetic resonance imaging and subsequent surgical treatment of the aortic aneurysm. Unlike echocardiography, magnetic resonance imaging enabled us to view the entire thoracic aorta. Unlike computer tomography, magnetic resonance imaging enabled us to detect changes in the aortic wall accurately. Thus, in this case, the use of magnetic resonance imaging allowed us to determine the distal resection edge. The patient's postoperative course was unremarkable. Use of electrocardiogram-synchronized magnetic resonance imaging of thoracic aorta allows detecting structural changes of the aortic wall and its mechanical properties. It is significant that magnetic resonance imaging results of the aortic wall correlate with histologic examination.

The extent of changes in the aortic wall must be determined to accurately plan surgical treatment of patients with aortic aneurism.

Magnetic resonance imaging of the aortic wall is promising for further study in multicenter research.

**KEYWORDS:** MRI; magnetic resonance imaging; thoracic aneurism; aortic wall; case report.

### To cite this article

Kobelev E, Pak NT, Bobrikova EE, Usov WYu, Kliver EE, Sirota DA, Chernyavskiy AM, Bergen TA. Diagnostic challenge: innovative approach in use of magnetic resonance imaging in aortic aneurysm. *Digital Diagnostics*. 2022;3(02):000–000. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108404>

**Received:** 31.05.2022 **Accepted:** 29.06.2022 **Published:** 22.08.2022

### АКТУАЛЬНОСТЬ

Пациенты с аневризмой грудной аорты должны быть обследованы для оценки показаний к хирургическому вмешательству, за исключением случаев, связанных с ожидаемой ограниченной продолжительностью жизни из-за сопутствующих заболеваний или низким качеством жизни [1]. Согласно последним рекомендациям, обследование включает компьютерную (КТ) или магнитно-резонансную (МРТ) томографию для измерения диаметра аорты [2-4].

Мы предлагаем новый уникальный подход в использовании МРТ у пациентов с аневризмой грудной аорты, позволяющий определить оптимальную хирургическую тактику.

### ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

#### О пациенте

Пациент, мужчина, 47 лет, после хирургического лечения аневризмы аорты по данным МРТ, без отягощающих факторов или хронических заболеваний в анамнезе.

Аневризма восходящего отдела аорты всегда представляет сложность для врачей. При обследовании с помощью эхокардиографии выявлено расширение восходящего отдела аорты до 5,5 см без аортальной регургитации.

#### Результаты инструментального обследования

Пациенту выполнили синхронизированную с электрокардиограммой МРТ аорты и МРТ сердца. Исследование проводили на МР-томографе 1,5 Тл со специализированной катушкой. Использовали T2- и T1-взвешенные изображения без контрастного усиления, затем T1-

взвешенные изображения с усилением. Во время МРТ выполнили ангиографию с контрастным усилением (рис. 1). Максимальный диаметр восходящего отдела аорты составил 5,4 см, расстояние между проксимальным и каудальным краем аневризмы — 9 см; диаметр аорты перед устьем брахиоцефального ствола — 3,4 см, между устьями левой общей сонной и подключичной артерий — 2,4 см, в нисходящей части — 2,3 см. Расстояние от края брахиоцефального ствола до краиниального края аневризмы — 5,5 см.

Обследование стенки аорты проводили с применением импульсных последовательностей.

Для оценки эластичности и сократимости стенки аорты использовали нативные изображения, полученные в режиме свободной прецессии в установившемся состоянии (steady-state free precession, SSFP) в аксиальной и коронарной проекциях (см. рис. 1).

В режиме SSFP мы смогли чётко визуализировать движение стенки аорты во время сердечного цикла и направление кровотока. Для количественной оценки скорости пульсовой волны или при необходимости оценки функции клапанов проводили МРТ в последовательности QFlow (с визуализацией протоков). Толщину стенки восходящего отдела аорты и васкуляризацию оценивали по снимкам, полученным в T1-взвешенной спин-эхо (T1-spin echo, T1-SE) и градиент-эхо (T1-gradient-echo, GRE) последовательностях в аксиальной проекции, T1-взвешенной последовательности со спектрально-селективным подавлением сигнала, в последовательности спектрального насыщения и инверсии-восстановления (T1-spectral presaturation with inversion recovery, T1-SPIR) в режиме «чёрной крови» (рис. 2), в T2-взвешенной последовательности со спектральным подавлением в режиме «чёрной крови» в аксиальной и косой проекциях.

Согласно данным МРТ, у пациента выявлено расширение восходящего отдела аорты от корня протяжённостью до 9 см, максимальный диаметр — 5,5 см. Стенка аорты в области локализации аневризмы равномерно истончена, более выражена в средней части, пульсация снижена, имеются признаки дискинезии, от края аневризматического мешка к устью брахиоцефального ствола стенка аорты интактна в пределах не более 3 см (см. рис. 2), диаметр аорты на этом уровне составляет не более 3,5 см. Следует также отметить наличие двустворчатого аортального клапана у пациента.

В соответствии с современными рекомендациями [1, 2, 4], пациент нуждался в хирургическом лечении. Диссекция, утолщение и гиперваскуляризация стенки грудной аорты и проксимальных отделов её главных ветвей не выявлены. Анатомия устьев главных ветвей — типична.

## Диагноз, лечение

Первоначально планировалось наложить зажим непосредственно перед устьем брахиоцефального ствола, но с учётом данных МРТ хирургический подход был скорректирован. Принимая во внимание распространённость поражения стенки аорты на дугу дистальнее аневризмы, решено было выполнить вмешательство в условиях остановки кровообращения и антеградной односторонней церебральной перфузии. Важно отметить, что при резекции и патологических изменениях в стенке аорты могут наблюдаться осложнения как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде. В данном случае пациенту было выполнено супракоронарное протезирование восходящего отдела и дуги аорты с формированием дистального анастомоза по типу полудуги.

После хирургического лечения пациент прошёл КТ-ангиографию грудной аорты (см. рис. 2). На послеоперационных снимках диаметр контрастируемого просвета аорты не расширен, эндоподтекание отсутствует.

При сопоставлении данных МРТ с результатами гистологического исследования интраоперационного биоптата (резецированная стенка аорты) отмечено соответствие выявленных изменений стенки аорты. По данным макроскопического исследования толщина

стенки резецированной аорты составила 2,0–3,0 мм на уровне дистального и проксимального края и 1,0–1,5 мм в средней части (включая часть дистального края) тела аневризмы. При микроскопическом исследовании в срезах из проксимального и дистального сегментов аневризмы и в 2 см от дистального края резекции выявлены обширная деструкция среднего слоя, мукоидный отёк эластических волокон, сглаживание складок эластических мембран. На отдельных участках, ближе к адвентициальной оболочке, наблюдались признаки умеренной рассеянной периваскулярной лимфоидной инфильтрации, облитерация просвета части сосудов стенки аорты. Под внутренней оболочкой обнаружены очаговые скопления макрофагов с пенистой цитоплазмой, не выступающие над поверхностью (рис. 3). Диагноз по результатам гистологического исследования: неспецифический вторичный васкулит низкой активности, деграция среднего слоя эластичных мембран аорты. Аневризма восходящего отдела аорты. Атеросклероз аорты, стадия липидных пятен.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МРТ, в отличие от КТ, позволяет изучить структуру и механические свойства стенки аорты, измерить её диаметр, определить оптимальную хирургическую тактику.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследования выполнены в рамках государственного задания Минздрава России (Разработка тканеинженерных конструкций для сердечно-сосудистой хирургии, N 121032300337-5).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Т.А. Берген, Д.А. Сирота — концепция и дизайн работы; Е. Кобелев, Н.Т. Пак, Е.Ю. Кливер — сбор и анализ данных; Е.Е. Бобрикова, В.Ю. Усов — интерпретация данных; А.М. Чернявский — утверждение финальной версии статьи.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных.

**Благодарности.** Благодарим руководителя Института экспериментальной биологии и медицины ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е. Н. Мешалкина» Минздрава России д.м.н., профессора Ирину Юрьевну Журавлеву за возможность выполнения данной работы.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation (Development of tissue-engineered structures for cardiovascular surgery; N 121032300337-5).

**Competing interests.** The authors declare no conflict of interest.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. T.A. Bergen, D.A. Sirota — conception and design of the work; E. Kobelev, N.T. Pak, E.E. Kliver — acquisition, analysis of data; E.E. Bobrikova, V.Yu. Usov — interpretation of data; A.M. Chernyavskiy — approved the final version of the work.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

**Acknowledgments** We thank the Chief of the Institution of Experimental Biology and Medicine "E. Meshalkin National Medical Research Center" of the Ministry of Health of the Russian Federation MD Ph.D. professor Irina Yu. Zhuravleva for the opportunity to carry out this work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

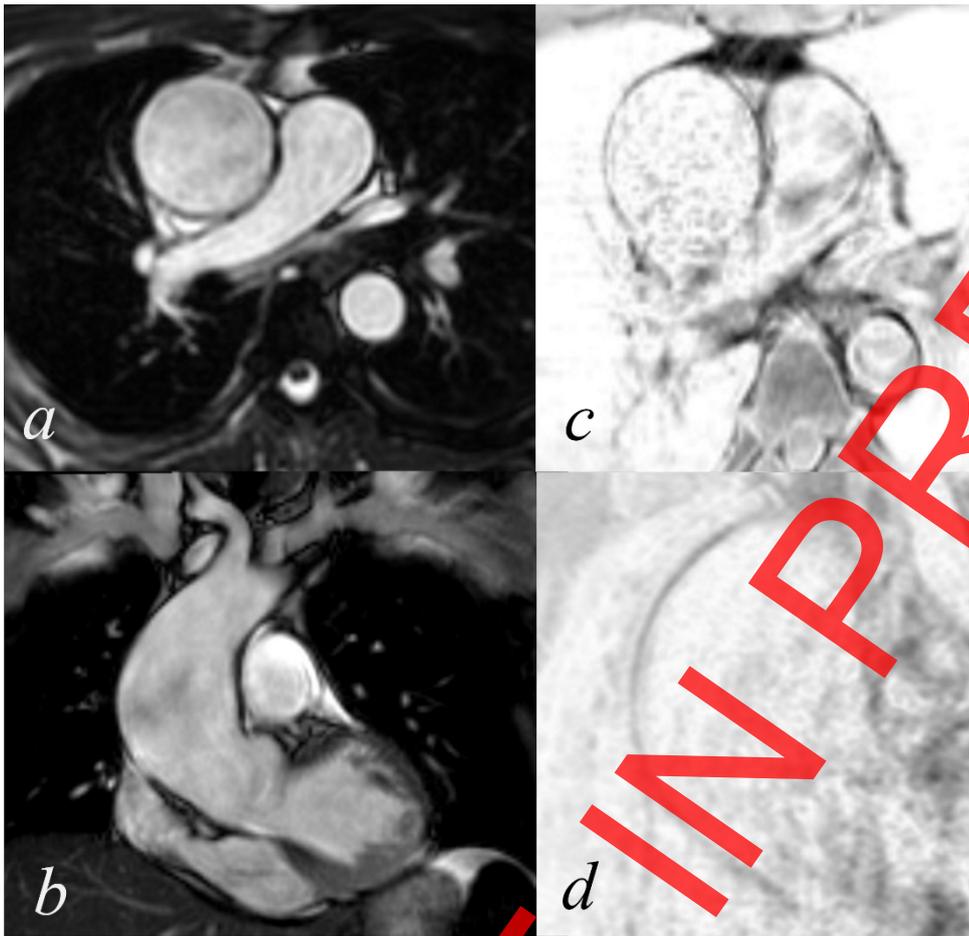
1. Erbel R., Aboyans V., Boileau C., et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur Heart J*. 2014. Vol. 35, N 41. P. 2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
2. Hiratzka L.F., Bakris G.L., Beckman J.A., et al. Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine // *J Am Coll Cardiol*. 2010. Vol. 55, N 14. P. e27–e129.
3. Galizia M.S., Bolen M.A., Flamm S. MRI of the thoracic aorta // *Applied Radiology*. 2015. N 44, N 8. P. 22–26. doi: 10.37549/ar2207
4. Saliba E., Sia Y. The ascending aortic aneurysm: when to intervene? // *IJC Heart Vasculature*. 2015. Vol. 6. P. 91–100. doi: 10.1016/j.ijcha.2015.01.009

## REFERENCES

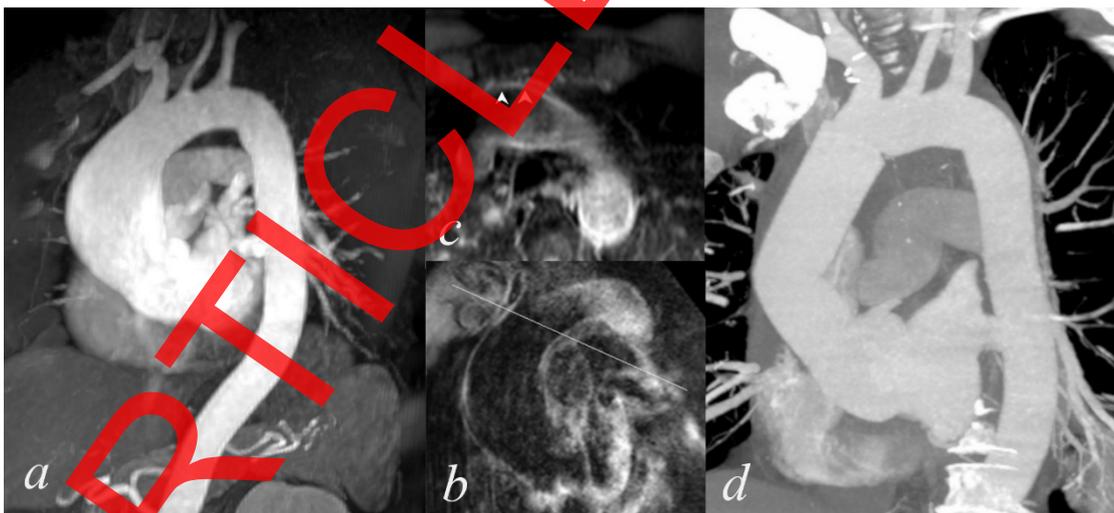
1. Erbel R, Aboyans V, Boileau C. et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European society of cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014;35(41):2873–926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
2. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, et al. Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(14):e27–e129.
3. Galizia MS, Bolen MA, Flamm S. MRI of the thoracic aorta. *Applied Radiology*. 2015;44(8):22–26. doi: 10.37549/ar2207
4. Saliba E, Sia Y. The ascending aortic aneurysm: When to intervene? *IJC Heart Vasculature*. 2015;6:91–100. doi: 10.1016/j.ijcha.2015.01.009

ОБ АВТОРАХ	AUTHORS' INFO
<p>* <b>Берген Татьяна Андреевна</b>, д.м.н.;                      адрес: Россия, 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15;                      ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0003-1530-1327">http://orcid.org/0000-0003-1530-1327</a>;                      eLibrary SPIN: 5467-7347;                      e-mail: <a href="mailto:bergen_t@meshalkin.ru">bergen_t@meshalkin.ru</a></p>	<p><b>Tatyana A. Bergen</b>, MD, Dr. Sci. (Med.);                      address: 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk, 630055, Russia;                      ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0003-1530-1327">http://orcid.org/0000-0003-1530-1327</a>;                      eLibrary SPIN: 5467-7347;                      e-mail: <a href="mailto:bergen_t@meshalkin.ru">bergen_t@meshalkin.ru</a></p>
<p><b>Кобелев Евгений</b>;                      ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-5901-2271">http://orcid.org/0000-0002-5901-2271</a>;                      eLibrary SPIN: 7828-9713;</p>	<p><b>Eugenii Kobelev</b>;                      ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-5901-2271">http://orcid.org/0000-0002-5901-2271</a>;                      eLibrary SPIN: 7828-9713;</p>

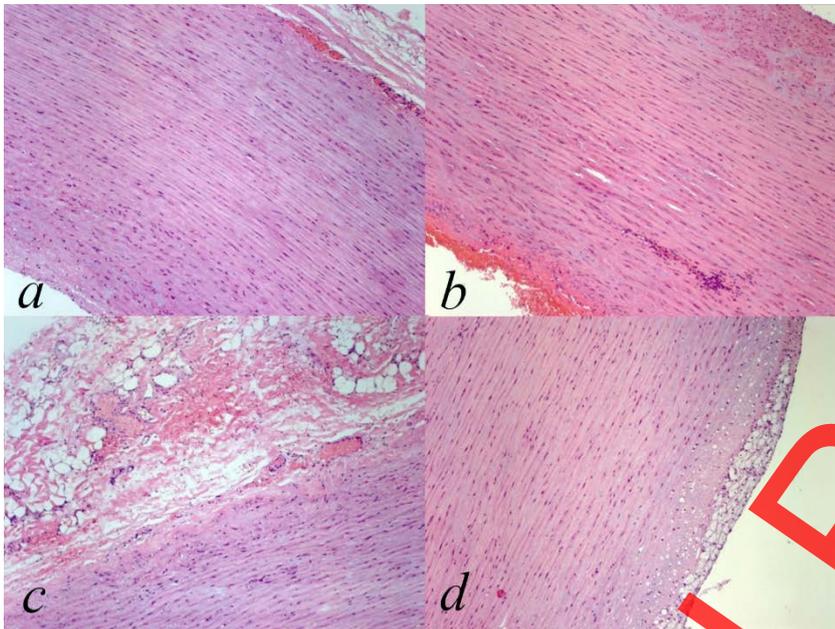
e-mail: kobelev_e@meshalkin.ru	e-mail: kobelev_e@meshalkin.ru
<b>Пак Наталья Тихоновна</b> , к.м.н.; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-7842-9881">http://orcid.org/0000-0002-7842-9881</a> ; eLibrary SPIN: 1896-8447; e-mail: n_pak@meshalkin.ru	<b>Natalya T. Pak</b> , MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-7842-9881">http://orcid.org/0000-0002-7842-9881</a> ; eLibrary SPIN: 1896-8447; e-mail: n_pak@meshalkin.ru
<b>Бобрикова Евгения Эдуардовна</b> ; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-5985-4076">http://orcid.org/0000-0001-5985-4076</a> ; eLibrary SPIN: 6315-9772; e-mail: bobrikova_e@meshalkin.ru	<b>Evgeniya E. Bobrikova</b> ; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-5985-4076">http://orcid.org/0000-0001-5985-4076</a> ; eLibrary SPIN: 6315-9772; e-mail: bobrikova_e@meshalkin.ru
<b>Усов Владимир Юрьевич</b> , д.м.н., профессор; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-7978-5514">http://orcid.org/0000-0001-7978-5514</a> ; eLibrary SPIN: 1299-2074; e-mail: ussov1962@yandex.ru	<b>Wladimir Yu. Ussov</b> , MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-7978-5514">http://orcid.org/0000-0001-7978-5514</a> ; eLibrary SPIN: 1299-2074; e-mail: ussov1962@yandex.ru
<b>Кливер Евгений Эдуардович</b> , д.м.н.; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-3915-3616">http://orcid.org/0000-0002-3915-3616</a> ; eLibrary SPIN: 1511-3814; e-mail: ee_kliver@meshalkin.ru	<b>Evgeniy E. Kliver</b> , MD, Dr. Sci. (Med.); ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-3915-3616">http://orcid.org/0000-0002-3915-3616</a> ; eLibrary SPIN: 1511-3814; e-mail: ee_kliver@meshalkin.ru
<b>Сирота Дмитрий Андреевич</b> , к.м.н.; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-9940-3541">http://orcid.org/0000-0002-9940-3541</a> ; eLibrary SPIN: 4706-7549; e-mail: d_sirota@meshalkin.ru	<b>Dmitriy A. Sirota</b> , MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0002-9940-3541">http://orcid.org/0000-0002-9940-3541</a> ; eLibrary SPIN: 4706-7549; e-mail: d_sirota@meshalkin.ru
<b>Чернявский Александр Михайлович</b> , д.м.н., профессор, член-корр. РАН; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-9818-8678">http://orcid.org/0000-0001-9818-8678</a> ; eLibrary SPIN: 5286-6950; e-mail: a_cherniavsky@meshalkin.ru	<b>Aleksandr M. Chernyavskiy</b> , MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences; ORCID: <a href="http://orcid.org/0000-0001-9818-8678">http://orcid.org/0000-0001-9818-8678</a> ; eLibrary SPIN: 5286-6950; e-mail: a_cherniavsky@meshalkin.ru
* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author	



**Рис. 1.** Снимки, полученные в режиме SSFP в аксиальной (a) и коронарной (b) проекциях, T1-SE (средняя треть аневризмы аорты) в аксиальной проекции (c), T1-SPIR в режиме «чёрной крови» в косой проекции (d). Истончённая стенка аорты, более выраженная в средней части.



**Рис. 2.** Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением, артериальная фаза, с задержкой дыхания, в косой проекции, 3D-реконструкция аорты (a); T1-SPIR в режиме «чёрной крови» в аксиальной проекции на уровне дистального края аневризмы восходящего отдела аорты (b); перед устьем брахиоцефального ствола в косой проекции (c). Интактная стенка аорты (стрелки), компьютерная томографическая ангиография грудной аорты после хирургического лечения (d).



**Рис. 3.** Проксимальная (*a, b*) и средняя (*c*) части тела аневризмы. Рассеянная периваскулярная лимфоидная инфильтрация. Дистальная часть резецированной стенки аорты (*d*). На всех изображениях картина деструкции, мукоидного отёка эластических волокон, сглаживания складок эластических мембран.