



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1060>

Объемный анализ компьютерно-томографической ангиографии при лечении расслоения грудной аорты на примере с семилетним периодом наблюдения

© Кобелев Е. *, Шаданов А.А., Сирота Д.А., Берген Т.А.,
Пак Н.Т., Чернявский А.М.

ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России; 630055 Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15,
Российская Федерация

Цель исследования: разработать методику расчета объема истинного и ложного каналов аорты по данным компьютерно-томографической ангиографии (КТА) на клиническом примере пациента после гибридного протезирования грудного отдела аорты и с развитием дистального стент-ассоциированного надрыва интимы (d-SINE) в отдаленном периоде наблюдения в сравнении с широко используемой методикой измерения диаметров аорты на разных уровнях.

Материал и методы. Выполнен последовательный анализ данных КТА аорты 7-летнего периода наблюдения. Аорта разделялась на 3 сегмента, в каждом сегменте рассчитывались общий объем аорты (ОА), объем истинного канала (ИК), объем функционирующего просвета ложного канала (ФЛК). Математически вычислялись: объем ложного канала путем разности значений объемов между ОА и ИК, объем тромбированного просвета ЛК (ТЛК) как разность ЛК и ФЛК, коэффициент тромбоза ЛК, степень раскрываемости протеза. Проведена математическая оценка превышения объема протеза.

Результаты. На клиническом примере проведены моделирование полости аорты и оценка изменений объемов истинного и ложного каналов при длительном наблюдении. Проведен анализ факторов, способствующих развитию синдрома d-SINE. При сравнении объема протеза и объема зоны имплантации выявлено превышение в 234%, раскрытие протеза при этом составило 80% от должного. При использовании референтного метода, основанного на диаметре истинного просвета аорты, превышение было не столь значимым и составило 22% через год после операции и без изменений в последующий период.

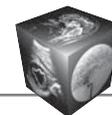
Заключение. Потенциально методика измерения объемов по данным КТА может применяться в качестве дополняющей к общепринятой методике, основанной на измерении диаметров, поскольку не требует дополнительных затрат от здравоохранения и имеет потенциал в плане оценки эффективности проведенного лечения и выявления предикторов осложнений в послеоперационном периоде для определения показаний к повторному оперативному вмешательству.

Ключевые слова: компьютерная томография, ангиография, «замороженный хобот слона», анализ объема, расслоение аорты, d-SINE, хирургия дуги аорты, гибридная хирургия аорты

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Кобелев Е., Шаданов А.А., Сирота Д.А., Берген Т.А., Пак Н.Т., Чернявский А.М. Объемный анализ компьютерно-томографической ангиографии при лечении расслоения грудной аорты на примере с семилетним периодом наблюдения. *Медицинская визуализация*. 2022; 26 (3): 46–56.
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1060>

Поступила в редакцию: 07.09.2021. **Принята к печати:** 27.05.2022. **Опубликована online:** 15.06.2022.



Volumetric analysis on computed tomography Angiography in the management of thoracic aortic dissection in case of seven years follow-up period

© Eugenio Kobelev*, Aldar A. Shadanov, Dmitry A. Sirota, Tatyana A. Bergen, Natalya T. Pak, Alexander M. Chernyavskiy

Meshalkin National Medical Research Center of Russian Federation Ministry of Health; 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk 630055, Russian Federation

Purpose. To establish the methods for estimating the volume of the true and false aortic canals applying computed tomography angiography (CTA) to a clinical case with hybrid stent-graft thoracic aorta with distal stent-graft-induced new entry associated (d-SINE) in the long-term follow-up period in comparison with a widely used technique of measuring diameters of the aorta on different levels.

Materials and methods. Sequential analysis of CTA in a 7-year follow-up was performed. Aorta was divided into 3 segments, in each segment total aortic volumes (AV), volume of the true canal (TC), and volume of functional lumen of the false canal (FLFC) were calculated. The following were mathematically calculated: volume of the false canal (FC) via difference in volume between AV and TC, volume of the thrombosed lumen of FC as the difference between FC and FLFC, the coefficient of FC thrombosis, the degree of stent-graft opening. Mathematical assessment of excess volume of the graft was performed.

Results. Modelling of aortic cavity, evaluation of changes in the volumes of TC and FC during a long-term follow-up, analysis of the factors inducing the development of the d-SINE syndrome were performed. When comparing the volume of the graft and the volume of the implantation zone, an excess of 234% was found, while the opening of the graft was 80%. When using the reference method based on the diameter of the true lumen of the aorta, the excess was 22% during one-year follow-up period showing no changes subsequently.

Conclusion. Potentially, the method of measuring volumes based on CTA results can be used to complement the generally accepted method based on measuring diameters, since it does not require additional financial resources and has the potential to estimate effectiveness of treatment and identify complications predictors in the postoperative period to determine indications for reoperation.

Keywords: computer tomography, angiography, “frozen elephant trunk”, volume analysis, aortic dissection, d-SINE, aortic arch surgery, hybrid aortic arch surgery

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Kobelev E., Shadanov A.A., Sirota D.A., Bergen T.A., Pak N.T., Chernyavskiy A.M. Volumetric analysis on computed tomography Angiography in the management of thoracic aortic dissection in case of seven years follow-up period. *Medical Visualization*. 2022; 26 (3): 46–56. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1060>

Received: 07.09.2021.

Accepted for publication: 27.05.2022.

Published online: 15.06.2022.

Введение

Реконструкция грудного отдела аорты по методике “замороженный хобот слона” является эффективным методом лечения при острых и хронических расслоениях аорты, так как в этом случае выполняется одномоментная реконструкция всего грудного отдела. “Frozen elephant trunk (FET)” является модифицированным вариантом операции H. Vorst. В отличие от классической операции, протезирование восходящего отдела аорты и ее дуги с низведением свободного конца протеза в просвет нисходящей грудной аорты сочетается со стентированием нисходящей грудной аорты. Однако, несмотря на технический прогресс, риск повторных вмешательств на нисходящей аорте все еще находится на высоком уровне. Одной из основных причин, обуславливающих повторное

хирургическое вмешательство, является развитие дистального стент-графт-ассоциированного надрыва интимы (d-SINE) [1, 2].

Термин “стент-графт ассоциированный надрыв интимы” впервые введен Z. Dong и соавт. SINE (Stent Graft-Induced New Entry) обозначает новый надрыв, вызванный самим протезом, исключая те случаи, которые были вызваны естественным прогрессированием заболевания или любым повреждением в результате эндоваскулярной манипуляции [3]. В зависимости от конца протеза SINE разделяется на проксимальный p-SINE и дистальный d-SINE надрыв.

Частота встречаемости синдрома SINE после процедуры “замороженный хобота слона” составляет 15–18% [1, 3, 5]. Согласно данным литературы, d-SINE является основной жизнеугрожа-



ющей ситуацией в отдаленном периоде наблюдения [4, 6].

На сегодняшний день в мировых руководствах упоминается методика измерения диаметров аорты на разных уровнях. Однако методика измерения диаметров не отображает объемное ремоделирование аорты и поэтому не отвечает задачам, которые стоят перед мультидисциплинарной командой на данном этапе развития современных хирургических технологий. Таким образом, необходим поиск новых возможностей оценки данных компьютерно-томографической ангиографии (КТА) в послеоперационном периоде при хроническом расслоении аорты для наиболее раннего выявления предикторов осложнений.

Цель исследования

Разработать методику расчета объема истинного и ложного каналов аорты по данным КТА на клиническом примере пациента после гибридного протезирования грудного отдела аорты и с развитием дистального стент-ассоциированного надрыва интимы (d-SINE) в отдаленном периоде наблюдения в сравнении с широко используемой методикой измерения диаметров аорты на разных уровнях.

Данные истории болезни

Это ретроспективная работа, связанная с анализом базы данных учреждения. Получено согласие пациента на публикацию данных в научной литературе при условии соблюдения врачебной тайны. За основу было взято клиническое наблюдение пациентки С., 47 лет, с диагнозом: хроническое расслоение аорты 1-го типа по классификации M. DeBaake, которой в 2012 г. впервые на территории России в ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России выполнена имплантация гибридного протеза E-Vita open plus 24 (JOTEC GmbH, Hechingen, Germany) [7].

В анамнезе у пациентки имелось повышенное артериальное давление, сменяющиеся гипертоническими кризами 2–3 раз в год.

Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациентка была выписана из клиники в удовлетворительном состоянии, после чего ежегодно выполнялась КТА аорты. Нами проанализированы полученные данные КТА до операции, в раннем послеоперационном периоде, через 6 мес и далее ежегодно, суммарно период наблюдения составил 7 лет. Клинически весь период наблюдения отсутствовали признаки мальперфузии внутренних органов и симптомы перемежающейся хромоты.

Данные клинического, лабораторного и лучевого обследований

КТА аорты

КТА аорты была выполнена на компьютерном томографе с количеством срезов от 64 до 320. Все исследования выполнялись в одну фазу сердечного цикла. Во всех случаях толщина реконструированного среза составила не более 1 мм. Верхний край зоны сканирования был на уровне ключиц (осмотр проксимальных отделов брахиоцефальных артерий), нижний край – на уровне середины головки бедренных костей (осмотр проксимальных отделов бедренных артерий). Во всех случаях был использован неионный йодсодержащий контрастный препарат, скорость введения составляла 4,5–5 мл/с.

Анализ полученных данных осуществлялся на специализированной станции для обработки изображений методом полуавтоматической сегментации аорты. Вручную выполнялось обведение контура измеряемого сосуда, устанавливались проксимальные и дистальные границы. Далее с помощью программного обеспечения рассчитывался объем неправильной фигуры, который вычислялся как сумма малых объемов, каждый из которых являлся произведением площади поперечного сечения сосуда на толщину среза. При анализе данных КТА вся аорта была разделена на 3 сегмента: сегмент А – уровень имплантированного стент-графта, сегмент В – от дистального конца протеза до чревного ствола, сегмент С – от чревного ствола до бифуркации аорты. Отдельно в каждом сегменте рассчитывались общий объем аорты (ОА), объем истинного канала (ИК), объем функционирующего просвета ложного канала (ФЛК). Математически вычислялся объем ложного канала путем разности значений объемов между ОА и ИК. Объем тромбированного просвета ЛК (ТЛК) также рассчитывался математически как разность ЛК и ФЛК (рис. 1).

Ремоделирование сегментов аорты было классифицировано согласно исследованию, выполненному D.S. Dohle и соавт. [8]: как позитивное, стабильное и негативное. Изменения в пределах >10% принимались как пороговые значения. Увеличение объема ИК >10% со стабильным ОА или уменьшение ОА >10% со стабильным объемом ИК расценивалось как позитивное ремоделирование. Изменения в пределах 10% расценивались как стабильное ремоделирование. Все остальные возможные изменения расценивались как негативное ремоделирование. Расчет процентных изменений ОА, ИК и ЛК производился относительно исходных данных КТА до операции.

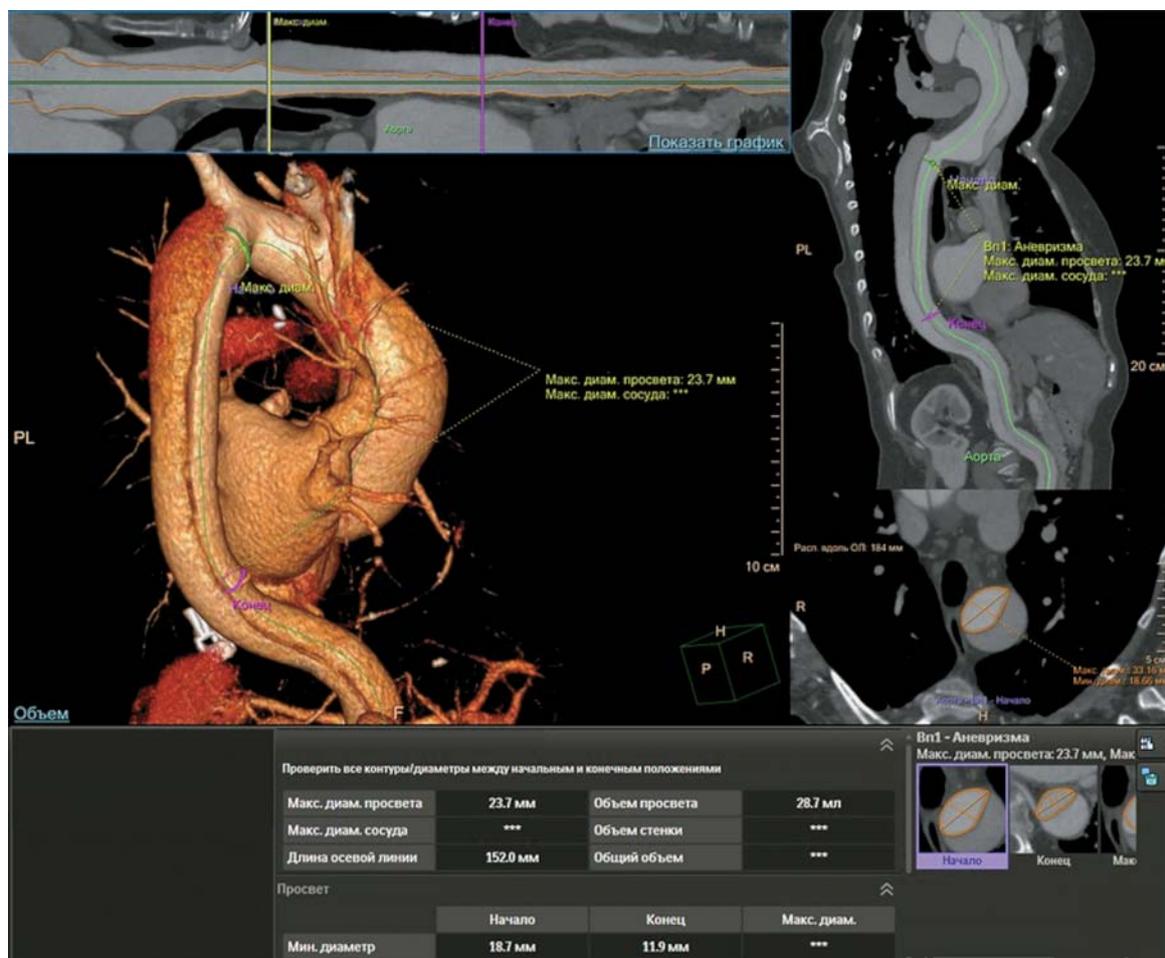
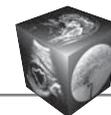


Рис. 1. Постобработка КТА, сегментация аорты и расчет объема истинного и ложного каналов.

Fig. 1. CTA postprocessing, aorta segmentation and calculation of true and false canals.

Для оценки степени тромбоза ЛК рассчитывался коэффициент тромбоза ЛК (КТЛК) по формуле:

$$\text{КТЛК} = 1 - (\text{ТЛК}/\text{ЛК}) \times 100\%.$$

Стент-графтовая часть гибридного протеза была переведена в объемные значения (мл) с применением формулы для расчета объема цилиндра:

$$V = \pi r^2 h,$$

для последующей количественной оценки превышения объема стент-графта (оверсайз) в отношении к дооперационному объему ИК в сегменте А. Оверсайз стент-графта рассчитывался по формуле:

$$\text{Оверсайз} = V_{\text{протеза}} / V_{\text{ИК в сегменте А до операции}} \times 100\%.$$

Раскрываемость протеза в раннем послеоперационном периоде и через год до исходного объема и рассчитывалась по формуле:

$$\text{Раскрываемость протеза} = V_{\text{ИК в сегменте А}} / V_{\text{протеза}} \times 100\%.$$

Результаты

Применительно к данному клиническому случаю был рассчитан объем стент-графта E-Vita open plus размерами 24 × 150 мм (диаметр × длина), согласно ранее указанной формуле. Расчетный объем занимаемого пространства стент-графта составил 67,8 мл, расчетный объем ИК в сегменте А до операции – 28,9 мл. Таким образом, зарегистрировано превышение объема стент-графта над объемом ИК, что составило 234,6%. В табл. 1 представлены размеры аорты по используемой в настоящий момент методике, согласно действующим рекомендациям [9].

Как видно из табл. 1 и 2, при динамическом наблюдении максимальная разница размеров составила на уровне средней трети нисходящего отдела 4 мм (22%), на остальных уровнях – 1–2 мм, при этом изменения объемов аорты дополняют методику измерения диаметров, что в комплексе дает более достоверное и наглядное представление о ремоделировании просвета сосуда (рис. 2).

**Таблица 1.** Диаметр истинного просвета канала аорты**Table 1.** Diameter of the true lumen of the aortic canal

Уровни измерения Measurement level	Диаметр истинного просвета канала аорты, мм Diameter of the true lumen of the aortic canal, mm					
	до операции before surgery	ранний послеоперационный период early post-op period	через 6 мес through 6 months	через 1 год through 1 year	через 2 года through 2 years	через 7 лет through 7 years
Перешеек Isthmus	24	22	22	22	22	22
Средняя треть нисходящего отдела Middle third of the descending aorta	18	18	20	22	22	22
Диафрагма Diaphragm	19	19	20	21	20	21
Чревный ствол Celiac trunk	18	17	18	19	19	18
Бифуркация аорты Aortic bifurcation	14	14	13	14	14	14

Таблица 2. Объемы аорты на измеряемых уровнях**Table 2.** Aortic volumes on measurable levels

Уровни измерения Measurement level	Диаметр истинного просвета канала аорты, мм Diameter of the true lumen of the aortic canal, mm					
	до операции before surgery	ранний послеоперационный период early post-op period	через 6 мес through 6 months	через 1 год through 1 year	через 2 года through 2 years	через 7 лет through 7 years
Истинный просвет сегмента А True lumen of segment A	28,9	49	–	55,9	54,1	53,3
Общий объем аорты сегмента А Total aortic segment A volume	174,4	229,6	–	149	163,1	246,8
Истинный просвет сегмента В True lumen of segment B	25,9	23,5	–	28	32,9	24,4
Общий объем аорты сегмента В Total aortic segment B volume	139	86,1	–	111,9	127,5	141,9
Истинный просвет сегмента С True lumen of segment C	24,5	19,9	22,4	20,5	25,1	23,9
Общий объем аорты сегмента С Total aortic segment C volume	66	6,5	71	69,2	75	76,3

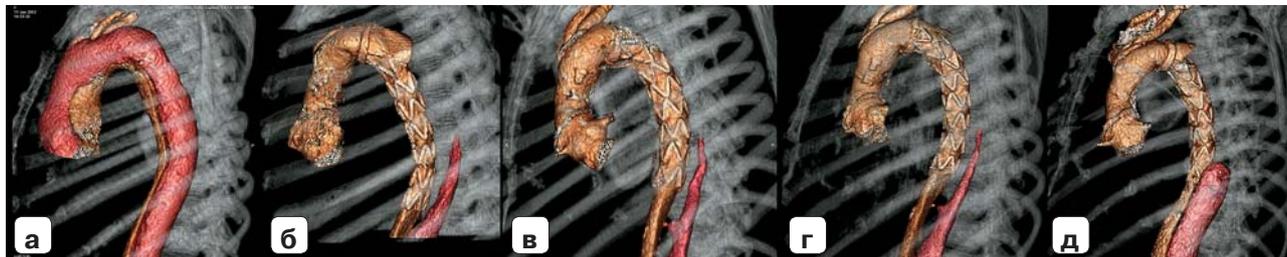
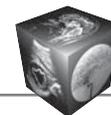


Рис. 2. Динамика ремоделирования грудного отдела аорты по данным КТА, 3D-реконструкция. **а** – до операции; **б** – ранний послеоперационный период; **в** – через год после операции; **г** – через 2 года после операции; **д** – через 7 лет после операции. Красный – ложный канал, желтый – истинный канал.

Fig. 2. CTA follow-up of the thoracic aorta remodelling, 3D reconstruction. **a** – before surgery; **б** – early postoperative period; **в** – one year follow-up; **г** – 2 years follow-up; **д** – 7 years follow-up. Red – false canal, yellow – true canal.

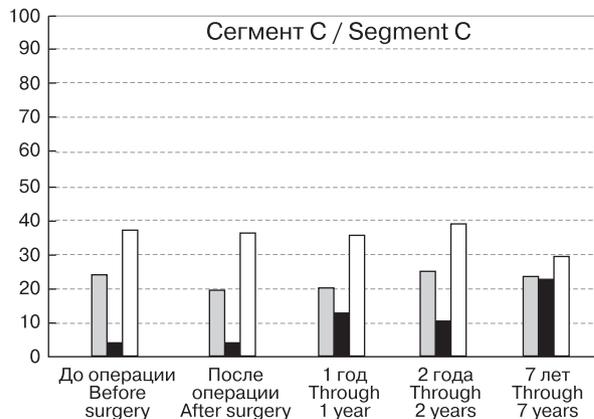
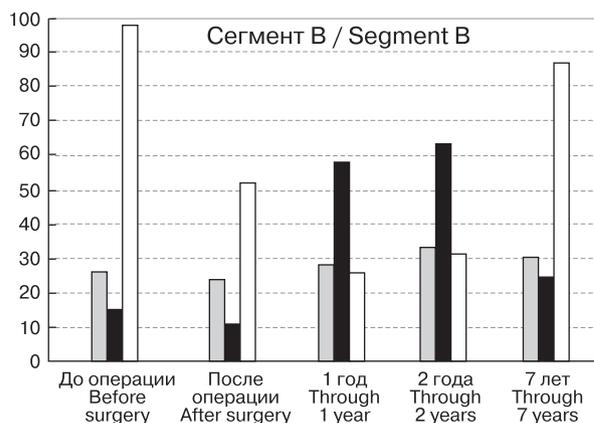
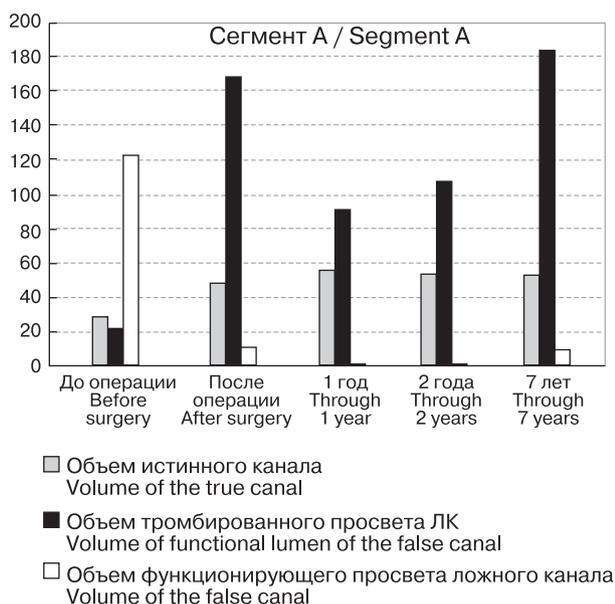


Рис. 3. Динамика ремоделирования аорты после операции, графики А, В, С соответствуют одноименным сегментам аорты. Все числовые значения представлены в миллилитрах.

Fig. 3. Dynamics of aortic remodeling after surgery, graphs A, B, C correspond to the similarly named aortic segments. All numerical values are presented in milliliters.

Анализ ремоделирования аорты и динамика тромбоза ложного канала с помощью оценки объемов каналов проводились отдельно в каждом сегменте (рис. 3).

Сегмент А. В раннем послеоперационном периоде наблюдалось негативное ремоделирование за счет увеличения ОА и ЛК, несмотря на увеличение объема ИК. Через 1 год после хирургического лечения определялось увеличение объема ИК с одномоментным уменьшением ОА и ЛК, что было расценено как положительное ремоделирование, также отмечался тромбоз ЛК с ТЛК, равным

94% (см. рис. 2). Через 2 года отмечалась стабилизация по КТА относительно предыдущего исследования. По данным КТА через 7 лет был выявлен d-SINE с результирующим увеличением ОА и ЛК.

Сегмент В. В раннем послеоперационном периоде, через год, 2 года и 7 лет отмечалось общее положительное ремоделирование за счет уменьшения ОА, ЛК и стабильного состояния ИК. Тромбоз ложного канала достиг своего пика к 1 году наблюдения (69%), после чего наблюдалось снижение объема тромбированного просвета (рис. 4).

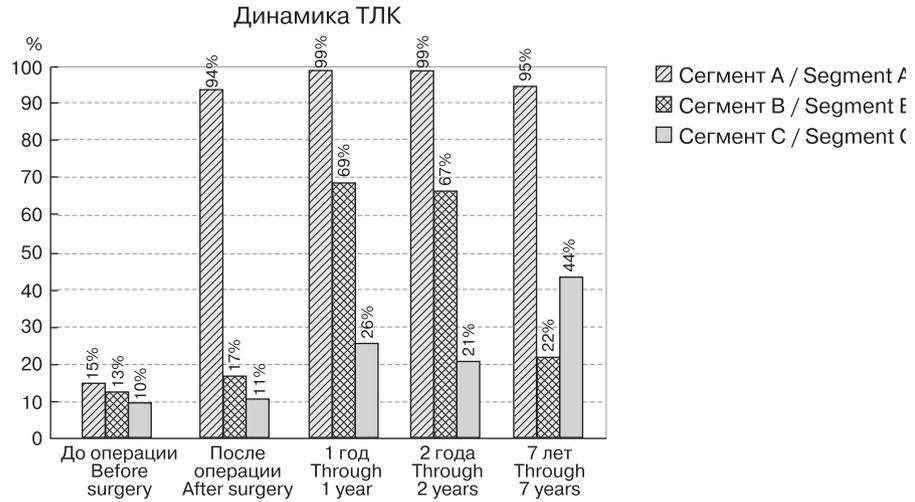


Рис. 4. Динамика тромбоза ложного канала сегментов А, В, С.
Fig. 4. Dynamics of thrombosis of the false canal, segments A, B, C.

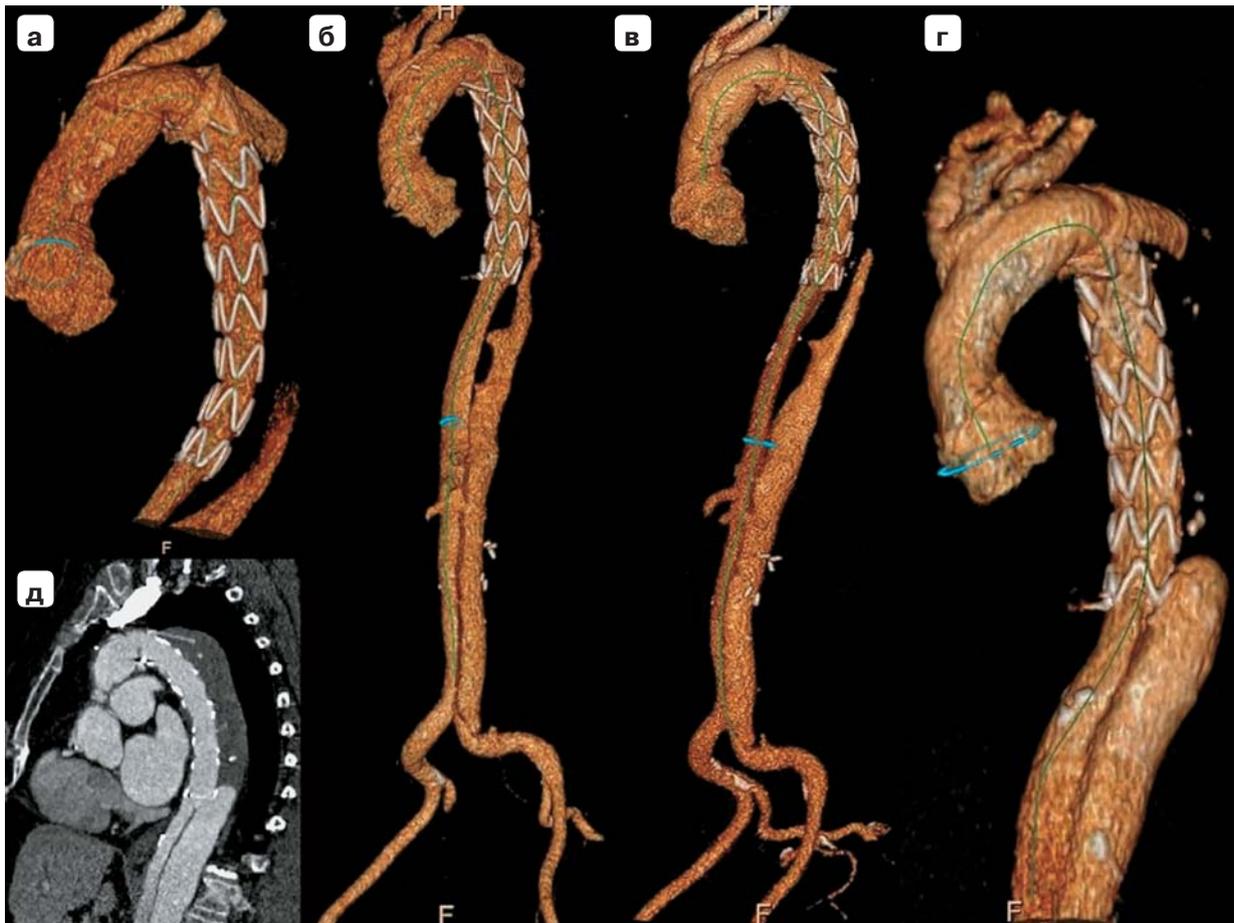
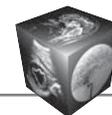


Рис. 5. Динамика ремоделирования грудного отдела аорты по данным КТА, 3D-реконструкция. **а** – ранний послеоперационный период; **б** – через год после операции; **в** – через 2 года после операции; **г, д** – через 7 лет после операции, выявлен синдром d-SINE.

Fig. 5. CTA dynamics of remodeling of the thoracic aorta, 3D reconstruction. **a** – early postoperative period; **b** – one year follow-up; **v** – 2 years follow-up; **г, д** – 7 years follow-up, d-SINE syndrome detected.



Сегмент С. В раннем послеоперационном периоде отмечалось негативное ремоделирование за счет уменьшения объема ИК, в дальнейшем негативное ремоделирование сохранялось за счет увеличения объема ЛК при относительно стабильных показателях ИК и ОА, что, вероятно, было связано с сохраняющимися фенестрациями. Динамика ТЛК показывает, что в раннем послеоперационном периоде, через год, 2 года и 7 лет составила 11, 26, 21 и 44% соответственно (рис. 5).

Проведен анализ динамики раскрываемости протеза до исходного состояния. Выявлено, что раскрываемость стент-графтовой части протеза в раннем послеоперационном периоде, через год, 2 года и через 7 лет составила 72, 82, 80 и 79% соответственно.

Помимо методики анализа объемов по данным КТА был проведен анализ количества остаточных фенестраций. В раннем послеоперационном периоде по данным КТА сумма поперечных сечений остаточных фенестраций в сегментах В и С составила 2,17 см².

Методика объемных измерений не только дополняет данные, полученные при широко используемой методике измерений диаметров, но и открывает перед практической медициной новые возможности в оценке эффективности оперативного лечения в ранний послеоперационный период и при динамическом наблюдении пациентов с расслоением аорты.

Обсуждение

Проблема ранней оценки изменений томографическими методами на настоящий момент пока не нашла своего решения. Существующие ограничения и несовершенство методики измерения диаметров аорты приводят к поздней диагностике уже свершившихся осложнений, поэтому имеется потребность в поиске новых методик измерений для точного подбора размера протеза и выявления предикторов осложнений. В работе мы применили методику объемного анализа изображений и провели сравнение результатов с рекомендованной на настоящий момент методикой измерений и оценки динамики изменений при расслоении аорты [9]. В этой работе проведен анализ свершившегося d-SINE в послеоперационный период для выявления новых возможностей диагностических неинвазивных методик.

Осложнение d-SINE активно обсуждается в последнее время из-за появления среднесрочных и отдаленных результатов эндоваскулярного лечения и “замороженного хобота слона”. К факторам риска относят хроническое расслоение аорты,

поскольку при этой патологии после имплантации протеза интима по истечению времени становится более ригидной и более склонной к надрыву [10, 11]. Однако наиболее важным фактором риска для развития надрыва интимы считается больший размер дистального конца протеза по отношению к размеру ИК, так называемый “оверсайз”. При расслоении аорты ИК может деформироваться и принимать полулунную форму за счет сдавливания ЛК, что создает сложности при подборе размера протеза.

Не стоит забывать и о механизме пружинящего эффекта (spring back) у самораскрывающихся стентов, стремящихся принять исходную продольную прямую форму при раскрытии в условиях нелинейного расположения грудной аорты. Данный эффект особенно выражен у протезов с наличием продольных проволок в каркасе, за счет которого усиливается его продольная жесткость, способствующая развитию SINE при расслоениях [3, 12, 13]. С подобными проблемами столкнулись специалисты г. Эссен, где до разработки гибридного протеза Evita open активно применялся торакальный протез (Talent, Medtronic) для выполнения методики “замороженный хобот слона”. При таком подходе количество осложнений в виде разрывов аорты и эндоликов в послеоперационном периоде достигало 50% [14, 15]. Q. Li и соавт. отметили что длина протеза менее 145 мм увеличивает риск возникновения SINE за счет развития эффекта рычага, при котором усиливается сила пружинящего эффекта [13].

Синдром d-SINE может развиваться через любое время после оперативного вмешательства, так как отсутствуют четкие временные границы данного осложнения. В связи с этим при построении прогноза возможных осложнений необходимо учитывать длину протеза, его продольную жесткость, а также вычисляемую степень его раскрытия, которая лучше демонстрируется при вычислении объемов ИК на уровне стент-графта в сравнении со стандартными измерениями диаметров.

В нашей работе был проведен анализ количества остаточных фенестраций в раннем послеоперационном периоде. Выглядит целесообразным определение фенестраций лишь в раннем послеоперационном периоде, поскольку их наличие свидетельствует о сообщении ИК и ЛК и является фактором, на который стоит обращать внимание при оценке эффективности проведенного лечения для решения вопроса о сроках повторного томографического исследования.

На примере данного клинического случая нами проанализированы возможности измерения объе-



мов аорты и интерпретация этих данных с точки зрения клинической картины заболевания. При помощи этого метода нами зафиксировано увеличение всех объемов сегмента А в раннем послеоперационном периоде, а не только ИК (+40%) с параллельным уменьшением объемов ОА (-8%), ИК (-19%), ЛК (-2%) в сегменте С. Вероятно, это связано с воздействием радиальной силы раскрытия протеза, при котором расширение в сегменте А привело к сужению сегмента С. В дальнейшем наблюдалась аневризматическая трансформация в сегментах В и С. На втором году наблюдения были выявлены редукция ТЛК в сегментах В и С, уменьшение степени раскрытия протеза с 82 до 80%. Возможно, это связано с тем, что увеличение объема ФЛК в сегментах В и С способствовало сдавлению стентированной части протеза, а также развитию напряжения интимомедиальной мембраны в области дистального конца стент-графта с последующим формированием d-SINE. В доступной литературе работ, анализирующих применение объемных методик при динамическом наблюдении, нам обнаружить не удалось. При применении объемного метода измерения аорты и анализе динамики сразу после операции в нашей работе имеется неполное раскрытие протеза с дальнейшим увеличением объема ЛК, что, следует предполагать, и привело к жизнеугрожающему осложнению. Результат нашей работы, частота возникновения грозных осложнений в клинической практике свидетельствуют о необходимости поиска новых подходов как в подборе стент-графта, так и при оценке эффективности проведенного хирургического лечения и наблюдения пациентов. Полученные в работе данные свидетельствуют о потенциале методики объемных изменений в оценке эффективности лечения и динамическом наблюдении пациентов с расслоением аорты. Помимо этого, полученные в работе данные могут быть учтены при изобретении новых медицинских изделий и при улучшении имеющихся стент-графтов.

В этой работе рассмотрен трехмерный анализ аорты, который продемонстрировал потенциал, что обосновывает дальнейшие ресурсные вложения для подробного изучения и проведения мультицентровых рандомизированных исследований.

Ограничения исследования: одноцентровое исследование, анализ проведен на примере одного пациента.

Заключение

Методика измерения объемов по данным КТА в послеоперационном периоде на примере динамического наблюдения пациента с расслоением

аорты демонстрирует преимущества при оценке ремоделирования аорты по сравнению с методом измерения диаметров как при оценке эффективности проведенного лечения, так и при динамическом наблюдении. Результаты, полученные в этой работе, обосновывают необходимость проведения дальнейших исследований методики измерения объемов по данным КТА. Потенциально в клинической практике методика измерения объемов по данным КТА может применяться в качестве дополняющей к общепринятой методике, основанной на измерении диаметров, поскольку не требует дополнительных затрат от здравоохранения и имеет потенциал в плане оценки эффективности проведенного лечения и выявления предикторов осложнений в послеоперационном периоде для определения показаний к повторному оперативному вмешательству.

Результат этой работы демонстрирует необходимость дальнейшего изучения прогностических возможностей диагностических методик.

Дополнительная информация

Источники финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минздрава России (N: 121032300337-5).

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Благодарность (Acknowledgments)

Благодарим директора Института экспериментальной биологии и медицины ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России доктора мед. наук, профессора И.Ю. Журавлеву за возможность проведения данной работы.

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, Professor Irina Yu. Zhuravleva for the opportunity to carry out this work.

Участие авторов

Кобелев Е. – сбор и обработка данных, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

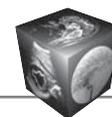
Шаданов А.А. – сбор и обработка данных, написание текста, статистическая обработка данных.

Сирота Д.А. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста.

Берген Т.А. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста.

Пак Н.Т. – анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Чернявский А.М. – участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.



Authors' participation

Kobelev E. – collection and analysis of data, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Shadanov A.A. – collection and analysis of data, writing text, statistical analysis.

Sirota D.A. – concept and design of the study, text preparation and editing.

Bergen T.A. – concept and design of the study, text preparation and editing.

Pak N.T. – analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Chernyavskiy A.M. – participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

- Berger T., Weiss G., Voetsch A. et al. Multicentre experience with two frozen elephant trunk prostheses in the treatment of acute aortic dissection. *Eur. J. Cardio-Thorac. Surg.* 2019; 56 (3): 572–578. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz037>
- Kreibich M., Bunte D., Berger T. et al. Distal Stent Graft-Induced New Entries After the Frozen Elephant Trunk Procedure. *Ann. Thorac. Surg.* 2020; 110 (4): 1271–1279. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.02.017>
- Dong Z., Fu W., Wang Y. et al. Stent graft-induced new entry after endovascular repair for Stanford type B aortic dissection. *J. Vasc. Surg.* 2010; 52 (6): 1450–1457. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.05.121>
- Cekmecelioglu D., Coselli J.S. Aortic arch repair with frozen elephant trunk versus conventional elephant trunk. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020; 9 (3): 223–225. <https://doi.org/10.21037/acs.2020.02.11>
- Furutachi A., Takamatsu M., Nogami E. et al. Early and mid-term outcomes of total arch replacement with the frozen elephant trunk technique for type A acute aortic dissection. *Interact Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2019; 29 (5): 753–760. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz154>
- Tsagakis K., Pacini D., Grabenwöger M. et al. Results of frozen elephant trunk from the international E-vita Open registry. *Ann. Cardiothorac. Surgery.* 2020; 9 (3): 178. <https://doi.org/10.21037/acs-2020-fet-25>
- Чернявский А.М., Альсов С.А., Ляшенко М.М., Сирота Д.А., Хван Д.С. Применение “гибридного” протеза в реконструкции дуги и проксимального отдела грудной аорты при расслоении аорты I типа по ДеБейки. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2012; 5: 11–15.
- Chernyavskiy A.M., Alsov S.A., Lyashenko M.M., Sirota D.A., Khvan D.S. “Hybrid” prosthesis for arch and proximal thoracic aorta reconstruction in cases of DeBakey type I aortic dissection. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery = Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2012; 5: 11–15. (In Russian)
- Dohle D.S., Tsagakis K., Janosi R.A. et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. *Eur. J. Cardio-Thorac. Surg.* 2016; 49 (1): 111–117. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezv045>
- Erbel R., Aboyans V., Boileau C. et al; ESC Committee for Practice Guidelines. 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): 2873–2926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>
- Hughes G.C. Stent graft-induced new entry tear (SINE): Intentional and NOT. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019; 157 (1): 101. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.10.060>
- Xu S.D., Huang F.J., Du J.H. et al. A study of aortic dimension in type B aortic dissection. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2008; 7 (2): 244–248. <https://doi.org/10.1510/icvts.2007.163154>
- Huang C.Y., Weng S.H., Weng C.F. et al. Factors predictive of distal stent graft-induced new entry after hybrid arch elephant trunk repair with stainless steel-based device in aortic dissection. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 146 (3): 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.07.052>
- Li Q., Wang L.F., Ma W.G. et al. Risk factors for distal stent graft-induced new entry following endovascular repair of type B aortic dissection. *J. Thorac. Dis.* 2015; 7 (11): 1907. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.11.27>
- Tsagakis K., Jakob H. Which frozen elephant trunk offers the optimal solution? Reflections from Essen group. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery. W.B. Saunders.* 2019; 31 (4): 679–685. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2019.05.038>
- Jakob H., Tsagakis K., Leyh R. et al. Development of an integrated stent graft-dacron prosthesis for intended one-stage repair in complex thoracic aortic disease. *Herz. Kardiovaskuläre Erkrankungen.* 2005; 30 (8): 766–768. <https://doi.org/10.1007/s00059-005-2765-7>



Для корреспонденции*: Кобелев Евгений – 630055 Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15, Российская Федерация. Тел.: +7-962-842-38-02. E-mail: kobelev_e@meshalkin.ru

Кобелев Евгений – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела лучевой и инструментальной диагностики ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0002-5901-2271>

Шаданов Алдар Андреевич – аспирант центра хирургии аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0002-1176-8125>

Сирота Дмитрий Андреевич – канд. мед. наук, руководитель отдела хирургии аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0002-2192-4072>

Берген Татьяна Андреевна – канд. мед. наук, заведующая научно-исследовательским отделом лучевой и инструментальной диагностики ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>

Пак Наталья Тихоновна – канд. мед. наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела лучевой и инструментальной диагностики ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0002-7842-9881>

Чернявский Александр Михайлович – доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ “НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина” Минздрава России, Новосибирск. <https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>

Contact*: Eugenii Kobelev – 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk 630055, Russian Federation. Phone: +7-962-842-38-02.

E-mail: kobelev_e@meshalkin.ru

Eugenii Kobelev – Junior Researcher, Research Department of Radiation and Instrumental Diagnostics, Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0002-5901-2271>

Aldar A. Shadanov – graduate student of the Department of Aortic, Coronary and Peripheral Artery Surgery Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0002-1176-8125>

Dmitry A. Sirota – Cand. of Sci. (Med.), the Head of the Department of Aortic, Coronary and Peripheral Artery Surgery Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0002-2192-4072>

Tatyana A. Bergen – Cand. of Sci. (Med.), the Head of the Research Department of Radiology and Instrumental Diagnostics Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>

Natalya T. Pak – Cand. of Sci. (Med.), researcher Research Department of Radiation and Instrumental Diagnostics Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0002-7842-9881>

Alexander M. Chernyavskiy – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director Meshalkin National Medical Research Center of Ministry of Health Russian Federation, Novosibirsk. <https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>