

Брешенков Денис Геннадьевич, e-mail: denisbreshenkov@gmail.com.

Ремоделирование аорты у пациентов с расслоением аорты после операции замороженного хобота слона

Чарчян Э.Р., Брешенков Д.Г., Ховрин В.В., Куличкин А.С., Малахова М.В., Федулова С.В., Чакал Д.А., Степаненко А.Б., Белов Ю.В.

Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского (ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского), 119991, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Абrikосовский пер., 2

Аннотация

Актуальность. Расслоение аорты остается одной из наиболее сложных для радикального лечения сердечно-сосудистой патологией. Операция «замороженного хобота слона» (ЗХС) позволяет одномоментно реконструировать дугу и нисходящую грудную аорту, однако отдаленные результаты во многом определяются характером послеоперационного ремоделирования аорты. Целью исследования была сравнительная оценка ремоделирования аорты после имплантации расслоение-специфичных и классических гибридных протезов с использованием стандартизированного протокола, а также анализ частоты специфических осложнений – дистальной стент-графт-индуцированной фенестрации (ДСИФ) и эндоликов.

Материал и методы. В ретроспективное одноцентровое исследование включено 106 пациентов с расслоением аорты, оперированных методом ЗХС в 2014–2025 гг. Пациенты разделены на 2 группы: группа 1 ($n = 56$) – гибридный протез «Мягкий хобот слона» (МедИнж, Россия); группа 2 ($n = 50$) – классические гибридные протезы (E-Vita Open Plus, Thoraflex Hybrid, Medtronic Valiant). Оценку

ремоделирования выполняли по запатентованному авторами статьи протоколу (RU 2841599 C1), включающему планиметрию (площадь, периметр) на 7 уровнях аорты и волюметрию в 3 сегментах с использованием КТ. Измерения проводили в до операции, после вмешательства, через 6 месяцев и ежегодно до 5 лет. Ремоделирование классифицировали по критериям Dohle DS как позитивное (ПР), негативное (НР) или стабильное (СР).

Результаты. На критических уровнях имплантации стент-графта (2–4) в группе 1 отмечено устойчивое снижение НР и рост ПР, тогда как в группе 2 динамика носила прерывистый характер с частыми эпизодами НР. Волюметрическая оценка выявила стабильное ремоделирование в группе 1, в то время как в группе 2 к 4–5-м годам прогрессировало НР. Частота ДСИФ через 5 лет была статистически значимо ниже в группе 1 (8,9% против 42,9%; $p = 0,001$). Использование расслоение-специфического гибридного протеза аорты ассоциировано со снижением риска ДСИФ (ОШ 0,10; 95% ДИ 0,02–0,36; $p = 0,001$), а расслоение аорты В типа — с его повышением (ОШ 10,46; 95% ДИ 2,37–62,68; $p = 0,004$). Поздние (>5 лет) эндолики 1b типа встречались статистически значимо чаще в группе 2 (31,4% против 7,1%; $p = 0,009$).

Заключение. Применение расслоение-специфичных гибридных протезов при хирургическом лечении расслоения аорты обеспечивает более стабильное позитивное ремоделирование и снижает частоту ДСИФ и отдаленных эндоликов по сравнению с классическими протезами. Стандартизованный планиметрический и волюметрический протокол позволяет надежно мониторировать ремоделирование и своевременно определять показания к повторным вмешательствам.

Ключевые слова: гибридная хирургия; стент-графт; гибридный протез; расслоение аорты; аневризма аорты.

Финансирование: работа выполнена без задействования грантов и финансовой поддержки от общественных, некоммерческих и коммерческих организаций.

Соответствие принципам этики: информированное согласие получено от каждого пациента. Исследование одобрено этическим комитетом ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского (протокол № 1 от 24.01.25).

Для цитирования: Чарчян Э.Р., Брешенков Д. Г., Ховрин В.В., Куличкин А.С., Малахова М.В., Федулова С.В., Чакал Д.А., Степаненко А.Б., Белов Ю.В. Ремоделирование аорты у пациентов с расслоением аорты после операции замороженного хобота слона. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2025;40(3):

Aortic remodeling in patients with aortic dissection after Frozen Elephant Trunk procedure

Charchyan E.R., Breshenkov D., Khovrin V.V., Kulichkin A.S., Malakhova M.V., Fedulova S.V., Chakal D.A., Stepanenko A.B., Belov Yu.V.

Petrovsky National Research Centre of Surgery, 2 Abrikosovsky Lane, Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract

Background. Aortic dissection remains one of the most challenging cardiovascular pathologies for radical surgical treatment. The frozen elephant trunk (FET) procedure allows simultaneous reconstruction of the aortic arch and descending thoracic aorta. However, long-term outcomes are largely determined by postoperative aortic remodeling.

Aim: To compare aortic remodeling after implantation of dissection-specific versus conventional hybrid prostheses using a standardized protocol and to assess the incidence of specific complications – distal stent graft-induced new entry (dSINE) and endoleaks.

Material and Methods. This prospective single-center study included 106 patients with aortic dissection who underwent FET between 2014 and 2025. Patients were divided into two groups: Group 1 ($n = 56$) – “Soft Elephant Trunk” hybrid prosthesis (MedInzh, Russia); Group 2 ($n = 50$) – conventional hybrid prostheses (E-Vita Open Plus, Thoraflex Hybrid, Medtronic Valiant). Remodeling was assessed according to a patented protocol (RU 2841599 C1), including planimetry (area, perimeter) at 7 aortic levels and volumetry in 3 segments using CT before surgery, postoperatively, at 6 months, and annually up to 5 years. Remodeling was classified according to Dohle DS criteria as positive (PR), negative (NR), or stable (SR).

Results. At critical stent graft implantation levels (2–4), Group 1 showed a consistent decrease in NR and an increase in PR, whereas Group 2 demonstrated an irregular pattern with frequent NR episodes. Volumetric assessment revealed stable remodeling in Group 1, while Group 2 showed NR progression at 4–5 years. The 5-year incidence of dSINE was significantly lower in Group 1 (8.9% vs. 42.9%; $p = 0.001$). Use of a dissection-specific hybrid prosthesis was associated with a reduced risk of dSINE (OR 0.10; 95% CI 0.02–0.36; $p = 0.001$), while type B dissection increased the risk (OR 10.46; 95% CI 2.37–62.68; $p = 0.004$). Late (>5 years) type 1b endoleaks occurred more frequently in Group 2 (31.4% vs. 7.1%; $p = 0.009$).

Conclusions. The use of dissection-specific hybrid prostheses in aortic dissection surgery provides more stable positive remodeling and reduces the incidence of dSINE and late endoleaks compared with conventional prostheses. The standardized planimetric and volumetric protocol allows reliable monitoring of remodeling and timely identification of indications for reintervention.

Keywords: hybrid surgery; stent graft; hybrid prosthesis; aortic dissection; aortic aneurysm.

Funding: the work was carried out without the use of grants or financial support from public, non-profit and commercial organizations.

Compliance with ethical standards: informed consent was obtained from each patient. The study was approved by the Ethics Committee of Petrovsky National Research Centre of Surgery (protocol No.1 from 24.01.25).

For citation: Charchyan E.R., Breshenkov D., Khovrin V.V., Kulichkin A.S., Malakhova M.V., Fedulova S.V., Chakal D.A., Stepanenko A.B., Belov Yu.V. Aortic remodeling in patients with aortic dissection after Frozen Elephant Trunk procedure. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(3):

ДЕЛАТЬ

Введение

Расслоение аорты остается одной из наиболее сложных для радикального лечения форм сердечно-сосудистой патологии [1–2]. Развитие гибридных технологий в лечении заболеваний аорты, в частности операции «замороженного хобота слона» (ЗХС), существенно расширило возможности одномоментной реконструкции дуги и нисходящей грудной аорты [3–5]. Изначально это вмешательство задумывалось как одноэтапное лечение расслоения аорты. Однако на практике даже при применении современных гибридных протезов отдаленный результат операции зависят от многофакторного процесса послеоперационного ремоделирования аорты. В этой связи важную роль приобретает оценка этого процесса – как важного морфологического маркера эффективности вмешательства и отдаленного прогноза [6–7].

Настоящее исследование направлено на изучение особенностей ремоделирования аорты после имплантации различных гибридных стент-графтов с использованием стандартизированного протокола, включая планиметрический и волюметрический анализ, а также оценку специфических осложнений, таких как дистальная стент-графт индуцированная фенестарция (ДСИФ) и эндолики.

Материал и методы

Ретроспективное исследование выполнено на базе ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского в рамках одноцентрового инициативного исследования ГИБРИД-А: “Оценка результатов гибридной хирургии расслоения грудной аорты” (одобрено этическим комитетом, протокол № 1 от 24.01.2025).

Мы проанализировали последовательные медицинские истории пациентов с расслоением аорты за период с 2014 по 2025 гг. Критериями включения были: (1) возраст старше 18 лет; (2) лечение расслоения аорты, распространяющегося дистальнее левой подключичной артерии до бифуркации с использованием методики «замороженного хобота слона»; (3) выбор протеза осуществлялся независимо от анатомии пациента. Критериями исключения являлись: отсутствие информированного согласия у анализируемых субъектов исследования и противопоказания к гибридной хирургии аорты. Диагноз расслоения аорты был подтвержден с помощью компьютерной томографии у всех пациентов.

Для оценки ремоделирования использовался собственный разработанный протокол ¹, включающий планиметрический анализ площади и периметра каналов семи уровней аорты и волнометрический анализ каналов в трех сегментах (рис. 1):

1. корень аорты (только до операции) (уровень А1);
2. восходящая аорта (ВА) (только до операции) (уровень А2);
3. дуга аорты между БЦС и левой ОСА, только до операции (уровень А3);
4. уровень перешейка аорты (уровень Г1);

¹ Патент на изобретение RU 2841599 С1. Способ определения комплекса показателей функционального состояния нисходящего грудного и брюшного отделов аорты у пациентов после гибридного оперативного лечения, включающего протезирование восходящего отдела аорты синтетическим протезом, с применением компьютерной томографии : заявл. 03.10.2024 : опубл. 10.06.2025 / Э.Р. Чарчян, А.Б. Степаненко, А.С. Куличкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского". EDN: PECSXC.

5. НГА на уровне левого предсердия (ЛП) (уровень Г2);
6. НГА на уровне дистального края стент-графта (уровень Г3);
7. НГА на уровне 2 см дистальнее края стент-графта (уровень Г4);
8. брюшная аорта (БА) на уровне ЧС (уровень Б5);
9. БА на уровне ½ между ЧС и бифуркацией аорты (уровень Б6);
10. БА на уровне бифуркации аорты (уровень Б7).

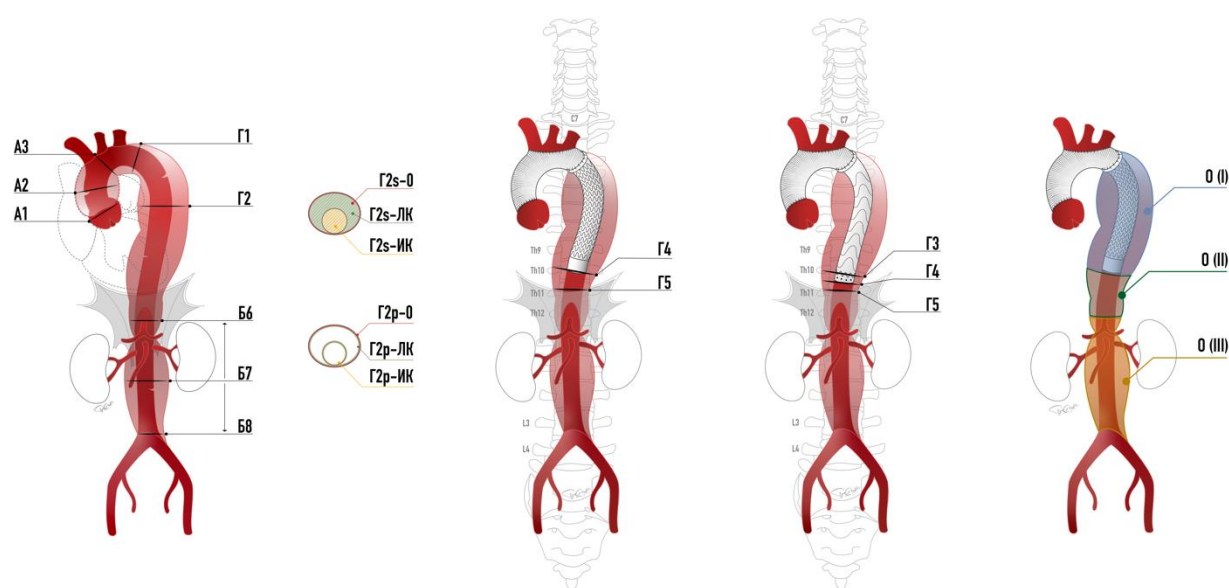


Рис. 1. Протокол оценки ремоделирования аорты РНЦХ (Патент на изобретение RU 2841599 C1)

Fig. 1. Petrovsky NRCS protocol for aortic remodeling assessment (Patent RU 2841599 C1)

В данной работе мы не использовали уровень дистальной жесткой короны для МХС, так как он не показал различий с уровнем дистального края.

На всех последовательных исследованиях мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) (до операции, после, через 6 мес., 1 год, далее ежегодно до 5 лет) выполнялся анализ согласно протоколу истинного канала (ИК), ложного канала (ЛК) и общего просвета аорты (ОП) с измерением площади и периметра. Волнометрический анализ охватывал три сегмента торакоабдоминального отдела:

- сегмент А: от устья ЛПкЛА до дистального конца стент-графта;
- сегмент В: от конца стент-графта до чревного ствола;
- сегмент С: от чревного ствола до бифуркации.

Дополнительно оценивались анатомические параметры расслоения и характеристики стент-графта (рис. 2):

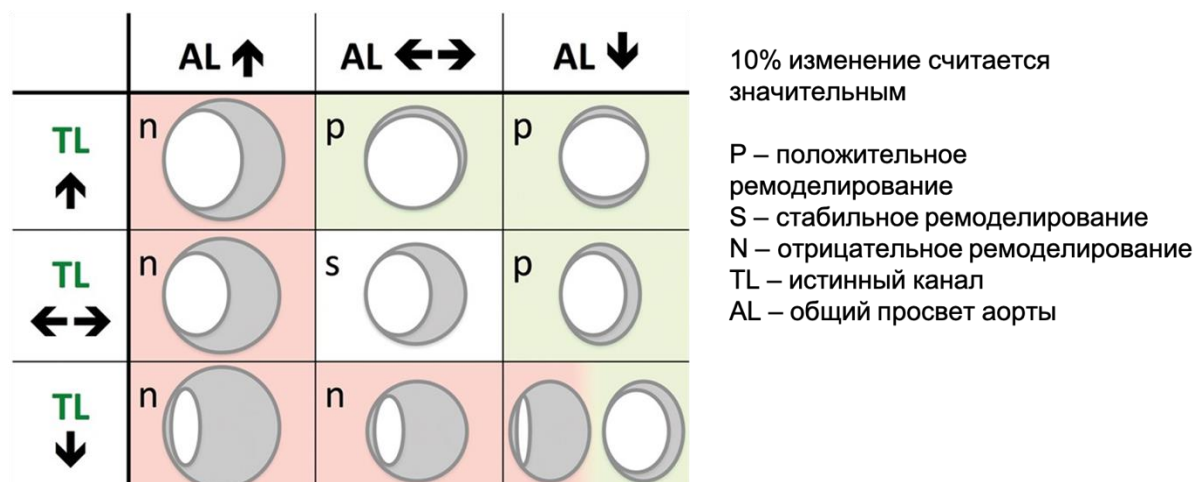
- распространение расслоения на брахиоцефальные и висцеральные ветви;
- отхождение спинальных и висцеральных ветвей (от ИК или ЛК);
- наличие резидуальных фенестраций;
- состояние ложного канала (тромбоз, частично проходим, проходим);
- характеристики стент-графта: длина, уровень посадки, диаметр, появление ДСИФ, тромбоз, эндолики типов Ib-V, имплантация в ЛК, залом стент-графта.

Измерения проводились на рабочих станциях Syngo.via VA20A (Siemens Healthineers AG, Германия) и RadiAnt DICOM Viewer 2.2.9 (Medixant, Польша).

Критерии оценки ремоделирования аорты

Ремоделирование аорты оценивается согласно классическому определению D.S. Dohle [8]: в соответствии со стандартами отчетности эндоваскулярного лечения аорты для определения значимых изменений используется порог в 10%. Увеличение ИК $> 10\%$ при стабильном ОП или снижение ОП $> 10\%$ при стабильном ИК классифицируются как положительное ремоделирование (ПР),

изменения в пределах 10%-го порога – как стабильные (CP), все остальные изменения - как негативное ремоделирование (НР) (см. рис. 2).



Dohle D-S., Tsagakis K., Janosi R.A., Benedik J., Kühl H., Penkova L. et al.
 Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk // Eur J Cardiothorac Surg. – 2016. –49. – P.111–117.

Рис. 2. Параметры ремоделирования аорты по D.S. Dohle [8].

Fig. 2. Parameters of aortic remodeling according to D.S. Dohle [8]

Появление ДСИФ определялось как новая фенестрация по краю стент-графта в двух последовательных исследованиях. В рамках исследования была проведена сравнительная оценка влияния расслоение-специфического гибридного протеза «Мягкий хобот слона» (МедИнж, Пенза, Россия). Все пациенты были разделены на две группы: 1 группа включала пациентов с гибридным протезом «Мягкий хобот слона», 2 группа – все остальные гибридные протезы аорты (E-Vita Open Plus (Jotec, Германия), Thoraflex Hybrid (Vascutek, Шотландия) и др.).

Статистическая обработка

Статистический анализ количественных данных проводился с учетом характера распределения. Оценка соответствия распределения количественных переменных нормальному закону выполнялась с помощью критерия Шапиро –

Уилка. В случае нормального распределения количественные переменные представлены средним значением и стандартной ошибкой, $M (SE)$; при отсутствии нормального распределения – медианой и межквартильным интервалом, $Me (Q1;Q3)$; качественные переменные – абсолютными и относительными частотами встречаемости, $n (%)$. Для сравнения количественных переменных в двух независимых группах применялся критерий Стьюдента при нормальном распределении переменной в обеих группах. В случае отсутствия нормального распределения переменной хотя бы в одной из сравниваемых групп использовались критерий Уилкоксона (для двух зависимых выборок) и критерий Манна – Уитни (для двух независимых выборок). Для сравнения качественных переменных в независимых группах использовались χ^2 -критерий Пирсона или точный критерий Фишера. При анализе факторов риска развития ДСИФ использовалось отношение шансов (ОШ) и его 95% доверительный интервал (ДИ ОШ). Пороговый уровень значимости при проверке статистических гипотез составлял 0,05.

Результаты

Всего с 2014 г. было выполнено 350 гибридных вмешательств на аорте, из которых 275 (78%) выполнено при расслоении аорты. В исследование вошло 106 пациентов со всеми последовательными МСКТ-исследованиями (до, после, через 6 мес., 1–5 лет наблюдения): 1 группа ($n = 56$) и 2 группа ($n = 50$). Расслоение аорты типа А по Стэнфорду преобладало в обеих группах, но несколько чаще встречалось во 2-ой группе (86,0% против 73,2%, $p = 0,105$). Хроническая стадия расслоения статистически значимо чаще встречалась в 1 группе (62,5% против 54,0%), в то время как подострая – во 2-ой группе (28,0% против 14,3%, $p = 0,216$) (табл. 1).

Таблица 1. Исходные характеристики пациентов**Table 1.** Baseline patient characteristics

Показатели	Общая группа, <i>n</i> = 106	1 группа, <i>n</i> = 56	2 группа, <i>n</i> = 50
<i>Тип расслоения по Стэнфорду</i>	–	–	–
Тип А, <i>n</i> (%)	84 (79,2%)	41 (73,2%)	43 (86%)
Тип В, <i>n</i> (%)	22 (20,8%)	15 (26,8%)	7 (14%)
<i>Стадия расслоения</i>	–	–	–
- острая, <i>n</i> (%)	22 (20,8%)	13 (23,2%)	9 (18%)
- подострая, <i>n</i> (%)	22 (20,8%)	8 (14,3%)	14 (28%)
- хроническая, <i>n</i> (%)	62 (58,5%)	35 (62,5%)	27 (54%)
<i>Стент-графт</i>	–	–	–
Мягкий хобот слона, <i>n</i> (%)	–	56 (100%)	0
Thoraflex Hybrid, <i>n</i> (%)	–	0	10 (20%)
E-Vita Open Plus, <i>n</i> (%)	–	0	29 (58%)
Medtronic Valiant (ХС+ЭЛАГА), <i>n</i> (%)	–	0	11 (22%)
Повторные вмешательства на аорте, <i>n</i> (%)	23 (21,7%)	9 (16,1%)	14 (28%)
Дисплазия СТ	11 (19%)	10 (25%)	1 (5,6%)

Примечание: СТ – соединительная ткань; ХС – «хобот слона»; ЭЛАГА – эндоваскулярное лечение аневризм грудной аорты.

Диаметры аорты и отношение ИК/ОП на уровнях А (стент-графт) и В (дистальная НГА) статистически не различались между группами ($p > 0,05$) (табл. 2). Число сообщений между каналами (re-entries) на этих уровнях было выше в 1 группе, статистически значимые различия зафиксированы для крупных re-entries >5 мм на уровне А ($p = 0,023$) (табл. 3).

Таблица 2. Размеры каналов аорты**Table 2.** Aortic lumen dimensions

Показатели	1 группа, <i>n</i> = 56	2 группа, <i>n</i> = 50	<i>p-value</i>
Размеры аорты на уровне ЛП (уровень А)			
- ИК (периметр), см	6,4 (1,7)	6,9 (1,2)	0,2632
- ИК (площадь), см ²	2,3 (1,80, 3,3)	2,3 (1,70, 3,15)	>0,99
- ОП (периметр), см	11,5 (10,2, 12,9)	11,35 (9,7, 12,9)	0,89
- ОП (площадь), см ²	10,1 (8,0, 12,3)	8,6 (7,5, 12)	0,60
- ИК/ОП (периметр), отношение	0,6 (0,1)	0,6 (0,2)	0,2652

- ИК/ОП (площадь), отношение	0,22 (0,15, 0,33)	0,26 (0,17, 0,39)	0,85
Размеры аорты на уровне середины дистальной НГА (уровень В)			
- ИК (периметр), см	5,9 (1,5)	6,4 (1,2)	0,1912
- ИК (площадь), см ²	2,00 (1,55, 2,60)	2,00 (1,70, 3,35)	0,36
- ОП (периметр), см	10,65 (9,52, 12,3)	10,85 (9,62, 12,45)	0,66
- ОП (площадь), см ²	8,6 (6,9, 11,4)	8,3 (6,4, 11,1)	0,76
- ИК/ОП (периметр), отношение	0,54 (0,5, 0,6)	0,55 (0,49, 0,65)	0,71
- ИК/ОП (площадь), отношение	0,22 (0,17, 0,31)	0,26 (0,19, 0,35)	0,38

Примечание: ИК – истинный канал; ЛП – левое предсердие; НГА – нисходящая грудная аорта; ОП – общий просвет (аорты)

Таблица 3. Фенестрации и отхождение висцеральных ветвей

Table 3. Entries and origins of the visceral arteries

Показатели	Общее, (n = 106)	1 группа, (n = 56)	2 группа, (n = 50)	<i>p-value</i>
Первичная фенестрация	–	–	–	0,9251
- Корень, п (%)	28 (49,1%)	20 (50%)	8 (47,1%)	–
- Восходящая аорта, п (%)	12 (21,1%)	8 (20%)	4 (23,5%)	–
- Дуга аорты, п (%)	12 (21,1%)	9 (22,5%)	3 (17,6%)	–
- Нисходящая аорта, п (%)	5 (8,8%)	3 (7,5%)	2 (11,8%)	–
Отхождение м/р артерий от ЛК	–	–	–	–
- Межреберные артерии уровень А, п (%)	6 (3, 9)	7 (4, 9)	4 (2, 8)	0,24
- Межреберные артерии уровень В, п (%)	4,2 (2,7)	4,4 (2,7)	3,7 (2,9)	0,3654
Чревный ствол	–	–	–	0,5611
- Неизвестно, п (%)	3 (5,2%)	1 (2,5%)	2 (11,1%)	–
- ИК, п (%)	39 (67,2%)	27 (67,5%)	12 (66,7%)	–
- ЛК, п (%)	4 (6,9%)	3 (7,5%)	1 (5,6%)	–
- Оба канала, п (%)	12 (20,7%)	9 (22,5%)	3 (16,7%)	–
Верхняя брыжеечная артерия	–	–	–	0,7061
- Неизвестно, п (%)	2,0 (3,5%)	1 (2,5%)	1 (5,9%)	–
- ИК, п (%)	42 (73,7%)	29 (72,5%)	13 (76,5%)	–
- Оба канала, п (%)	13 (22,8%)	10 (25%)	3 (17,6%)	–
Левая почечная артерия	–	–	–	0,7361
- Неизвестно, п (%)	2 (3,5%)	1 (2,5%)	1 (5,9%)	–
- ИК, п (%)	21 (36,8%)	16 (40%)	5 (29,4%)	–
- ЛК, п (%)	19 (33,3%)	12 (30%)	7 (41,2%)	–
- Оба канала, п (%)	15 (26,3%)	11 (27,5%)	4 (23,5%)	–
Правая почечная артерия	–	–	–	0,3891
- Неизвестно, п (%)	2 (3,5%)	1 (2,5%)	1 (5,9%)	–
- ИК, п (%)	33 (57,9%)	21 (52,5%)	12 (70,6%)	–
- ЛК, п (%)	15 (26,3%)	13 (32,5%)	2 (11,8%)	–
- Оба канала, п (%)	7 (12,3%)	5 (12,5%)	2 (11,8%)	–
Нижняя брыжеечная артерия	–	–	–	0,3491

- Неизвестно, n (%)	4 (7,1%)	3 (7,7%)	1 (5,9%)	–
- ИК, n (%)	30 (53,6%)	18 (46,2%)	12 (70,6%)	–
- ЛК, n (%)	19 (33,9%)	16 (41%)	3 (17,6%)	–
- Оба канала, n (%)	3 (5,4%)	2 (5,1%)	1 (5,9%)	–
Левая общая подвздошная артерия	–	–	–	0,8801
- Нет расслоения, n (%)	5 (9,1%)	4,0 (10,5%)	1 (5,9%)	–
- ИК, n (%)	12 (21,8%)	9,0 (23,7%)	3 (17,6%)	–
- ЛК, n (%)	30 (5,5%)	2 (5,3%)	1 (5,9%)	–
- Оба канала, n (%)	35 (63,6%)	23 (60,5%)	12 (70,6%)	–
Правая общая подвздошная артерия	–	–	–	0,7631
- Нет расслоения, n (%)	5 (9,1%)	4 (10,5%)	1 (5,9%)	–
- ИК, n (%)	15 (27,3%)	11 (28,9%)	4 (23,5%)	–
- ЛК, n (%)	1 (1,8%)	1 (2,6%)	0	–
- Оба канала, n (%)	34 (61,8%)	22 (57,9%)	12 (70,6%)	–
Н сообщений между каналами (re-entries) (уровень А), Me (Q1, Q3)	–	6 (4,7, 7,3)	4 (2,9, 7,1)	0,083
- больше 5 мм, Me (Q1, Q3)	–	2 (1, 4)	1 (0, 2,1)	0,023
Н сообщений между каналами (re-entries) (уровень В), Me (Q1, Q3)	–	4 (2, 5)	4 (2, 5,3)	0,833
- больше 5 мм, Me (Q1, Q3)	–	1 (0, 2)	0 (0, 2)	0,633
Н сообщений между каналами (re-entries) (уровень С), Me (Q1, Q3)	–	6,5 (4, 8)	7 (3, 11,5)	0,843
- больше 5 мм, Me (Q1, Q3)	–	2 (0, 4)	2 (1, 4,7)	0,883

ИК – истинный канал; ЛК – ложный канал; м/р – межрёберные (артерии); ур. А/В/С – уровни анализа; Me – медиана; Q1 — нижний квартиль (25-й перцентиль); Q3 — верхний квартиль (75-й перцентиль); re-entries — сообщения между каналами (ре-энтри).

Дистальная стент-графт-индуцированная фенестрация и эндолики

Частота ДСИФ статистически значимо выше в группе 2 через 5 лет (42,9% против 10,7%, $p = 0,002$) при сопоставимом их количестве в раннем послеоперационном периоде (табл. 4).

Таблица 4. Частота развития дистальной стент-графт-индуцированной фенестрации

Table 4. Incidence of distal stent graft-induced new entry

Время наблюдения	Общее, <i>n</i> = 106	1 группа <i>n</i> = 56	2 группа, <i>n</i> = 50	<i>p</i> -value
П/о, n (%)	1 (1,2)	0	1 (3,6)	0,722
6 мес, n (%)	3 (3,6)	1 (1,8)	2 (7,1)	0,533
1 год, n (%)	5 (6)	2 (3,6)	3 (10,7)	0,415
2 года, n (%)	10 (11,9)	4 (7,1)	6 (21,4)	0,121

3 года, n (%)	12 (14,3)	4(7,1)	7 (25,0)	0,098
4 года, n (%)	14 (16,7)	4 (7,1)	8 (28,6)	0,078
5 лет, n (%)	16 (19)	5 (8,9)	10 (35,7)	0,014
5–10 лет, n (%)	17 (20)	5 (8,9)	12 (42,9)	0,001

Отмечено статистически значимое увеличение частоты развития ДСИФ в группе классических стент-графтов со временем с 3,6% до 42,9%, тогда как в группе расслоение-специфических стент-графтов эта динамика составила 0–8,9%, при динамике в общей группе 1,2–20%. Использование расслоение-специфичного стент-графта (группа 1) ассоциировалось со значительным снижением риска ДСИФ (ОШ 0,10; 95% ДИ: 0,02–0,36; $p = 0,001$), тогда как наличие расслоения аорты В типа статистически значимо повышало риск (ОШ 10,46; 95% ДИ: 2,37–62,68; $p = 0,004$) (рис. 3).

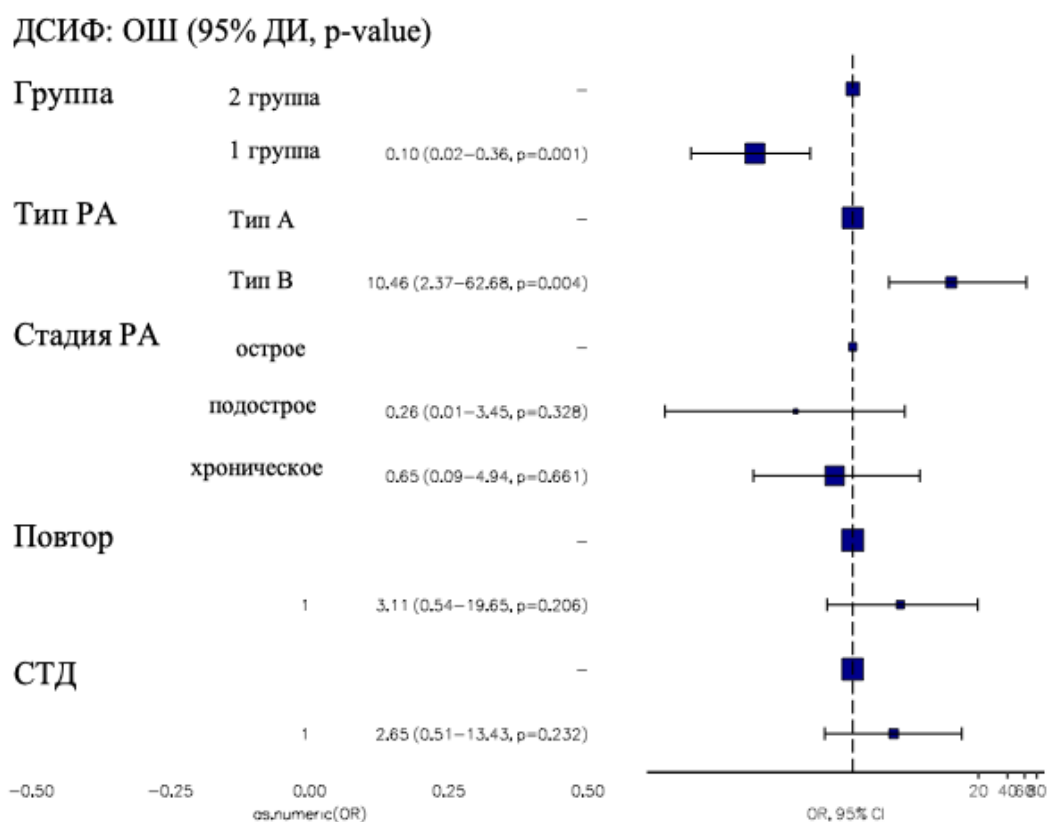


Рис. 3. Факторы риска развития дистальной стент-графт-индуцированной фенестрации

Fig. 3. Risk factors for the development of distal stent graft-induced new entry

Эндолики II типа чаще регистрировались во 2 группе в раннем послеоперационном периоде (43,6% против 23,8%), однако к 5 годам различия нивелировались. Также в группе 2 отмечались более высокая частота развития эндоликов Ib типа, что напрямую было связано с более частым развитием ДСИФ. Отдаленные эндолики (>5 лет) были чаще у пациентов группы 2 (31,4% против 7,1%, $p = 0,009$) (табл. 5).

Таблица 5. Частота развития эндоликов

Table 5. Incidence of endoleaks

Эндолики	Общее <i>n</i> = 106	1 группа <i>n</i> = 56	2 группа <i>n</i> = 50	<i>p-value</i>
После операции				
нет, <i>n</i> (%)	60 (61,9)	31 (56,4)	29 (69,0)	0,065
Ib, <i>n</i> (%)	2 (2,1)	0 (0,0)	2 (4,8)	
II, <i>n</i> (%)	34 (35,1)	24 (43,6)	10 (23,8)	
IV, <i>n</i> (%)	1 (1,0)	0 (0,0)	1 (2,4)	
6 мес.				
нет, <i>n</i> (%)	64 (70,3)	39 (69,6)	25 (71,4)	0,058
Ib, <i>n</i> (%)	3 (3,3)	0 (0,0)	3 (8,6)	
II, <i>n</i> (%)	24 (26,4)	17 (30,4)	7 (20,0)	
1 год				
нет, <i>n</i> (%)	73 (80,2)	47 (83,9)	26 (74,3)	0,143
Ib, <i>n</i> (%)	5 (5,5)	1 (1,8)	4 (11,4)	
II, <i>n</i> (%)	13 (14,3)	8 (14,3)	5 (14,3)	
2 года				
нет, <i>n</i> (%)	73 (80,2)	47 (83,9)	26 (74,3)	0,028
Ib, <i>n</i> (%)	9 (9,9)	2 (3,6)	7 (20,0)	
II, <i>n</i> (%)	9 (9,9)	7 (12,5)	2 (5,7)	
3 года				
нет, <i>n</i> (%)	74 (81,3)	48 (85,7)	26 (74,3)	0,089
Ib, <i>n</i> (%)	10 (11,0)	3 (5,4)	7 (20,0)	
II, <i>n</i> (%)	7 (7,7)	5 (8,9)	2 (5,7)	
4 года				
нет, <i>n</i> (%)	73 (80,2)	47 (83,9)	26 (74,3)	0,064
Ib, <i>n</i> (%)	12 (13,2)	4 (7,1)	8 (22,9)	
II, <i>n</i> (%)	6 (6,6)	5 (8,9)	1 (2,9)	
5 лет				
нет, <i>n</i> (%)	73 (80,2)	48 (85,7)	25 (71,4)	0,039
Ib, <i>n</i> (%)	13 (14,3)	4 (7,1)	9 (25,7)	
II, <i>n</i> (%)	5 (5,5)	4 (7,1)	1 (2,9)	
Более 5 лет				

нет, n (%)	71 (78,0)	48 (85,7)	23 (65,7)	0,009
Ib, n (%)	15 (16,5)	4 (7,1)	11 (31,4)	
II, n (%)	5 (5,5)	4 (7,1)	1 (2,9)	

Тромбоз ложного канала

Оценка динамики тромбоза ложного канала на разных уровнях аорты: в области стент-графта, дистальной части нисходящей грудной аорты, висцеральных артерий, брюшной аорты и подвздошных артерий. Через год после операции полный тромбоз на уровне стент-графта был выше в группе 1 – 55,4% против 34,8% в группе 2 ($p = 0,157$). К 5 годам этот показатель достиг 73,2% в группе 1 и 47,8% в группе 2 ($p = 0,057$), что говорит о более стабильных результатах у пациентов из группы 1 (рис. 4А).

На уровне дистальной части нисходящей грудной аорты через год полный тромбоз отмечался у 3,6% пациентов группы 1 и 8,7% – в группе 2 у пациентов с острым расслоением аорты, тогда как частичный тромбоз был значительно выше в группе 1 (82,1% против 52,2%, $p = 0,023$). Эта разница сохранялась и через 5 лет – 78,6% частичного тромбоза в группе 1 против 65,2% в группе 2 ($p = 0,33$) (рис. 4Б).

На уровне висцеральных артерий полный тромбоз ЛК оставался невысоким в обеих группах (2,6% в группе 1 и 4,3% в группе 2), а частичный тромбоз ЛК был чуть выше в группе 2 – 39,1% против 33,9% в группе 1 ($p = 0,703$), что еще раз показывает более низкие шансы развития тромбоза ЛК на этом уровне (рис. 4В). Что касается брюшной аорты, через год полный тромбоз ЛК был редким событием – 1,8% в группе 1 и отсутствовал в группе 2. Частичный тромбоз при этом составил 25% в группе 1 и 26,1% в группе 2 ($p = 0,811$) (рис. 4Г).

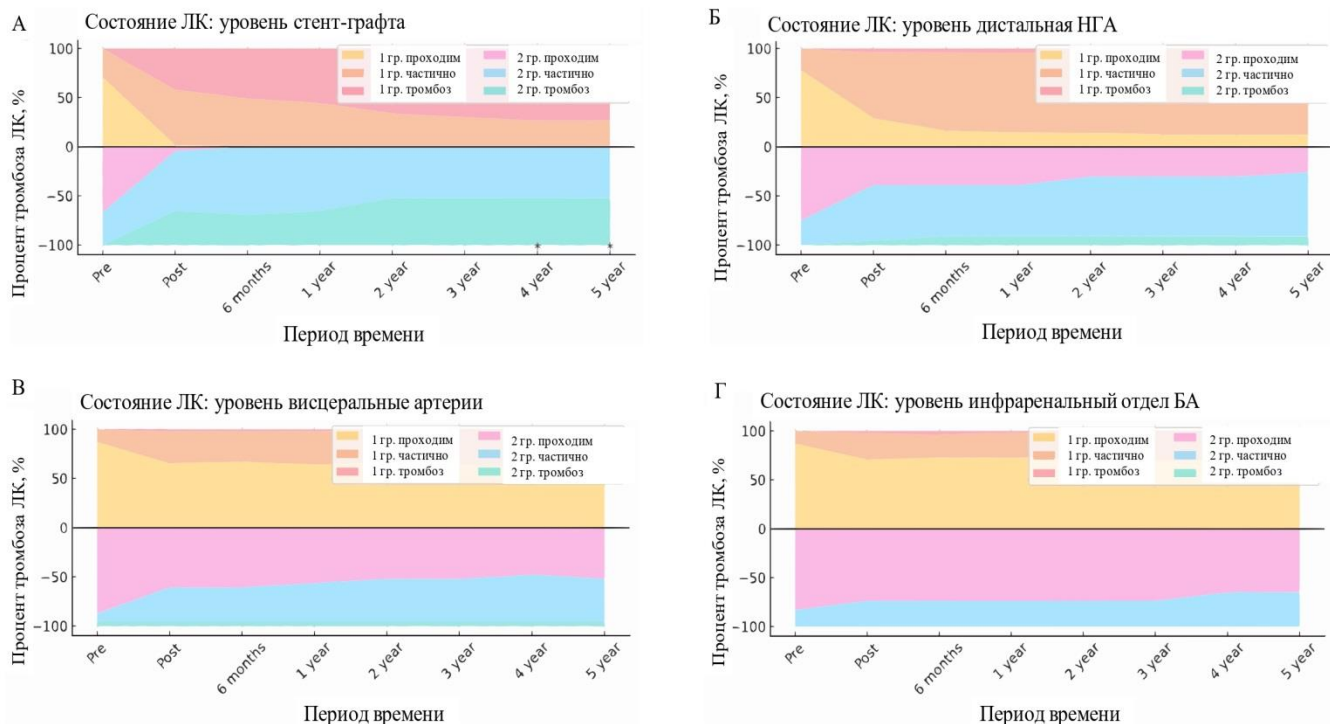


Рис. 4. Состояние просвета ложного канала (инвертирован для группы 2). А – состояние ложного канала на уровне стент-графта; Б – состояние ложного канала на уровне дистальной НГА; В – состояние ложного канала на уровне висцеральных ветвей; Г – состояние ложного канала на уровне брюшной аорты.

Fig. 4. Status of the false lumen (inverted for Group 2). A – false lumen status at the stent graft level; B – false lumen status at the distal descending thoracic aorta level; C – false lumen status at the level of the visceral branches; D – false lumen status at the abdominal aorta level.

Ремоделирование аорты

На **рис. 5** представлена сравнительная динамика волюметрического ремоделирования аорты в пределах 5 лет в группах 1 и 2. На уровне стент-графта (рис. 5А) в группе 1 отмечалось прогрессивное снижение случаев НР и к концу периода наблюдения НР отсутствовало, тогда как частота ПР и СР составили 50%. В группе 2, несмотря на высокий процент ПР в раннем периоде до 1 года (в периоде 6 мес.–1 год НР отсутствовало), в отдаленном периоде НР

прогрессировало и в периоде 4–5 лет составило 100%. На уровне В (дистальной НГА) (рис. 5Б) в группе 1 также как на уровне А отмечалась динамика в виде снижения частоты НР (с 78% на этапе до – после до 0% в периоде 4–5 лет) с увеличением доли ПР (50%) и СР (50%). В группе 2 отмечалась схожая динамика снижения частоты НР (с 60% на этапе до – после до 0% в периоде 4 – 5 лет), однако в отличии от группы 1 не было случаев ПР после 2-хлетнего периода, а также отмечалась более нестабильная динамика ремоделирования (в периоде 1 – 2 лет и 4 – 5 лет НР отсутствовало, тогда как в точках 2 – 3 года и 3 – 4 года было более 50%).

На уровне С (брюшная аорта) (рис. 5В) в обеих группах к концу периода наблюдения наблюдался значимый процент НР (50% в группе 1 и 35% в группе 2). Также на весь период наблюдения отмечалась нестабильная динамика ремоделирования с отсутствием тенденций, что еще раз подтверждает сложный механизм ремоделирования в данной зоне.

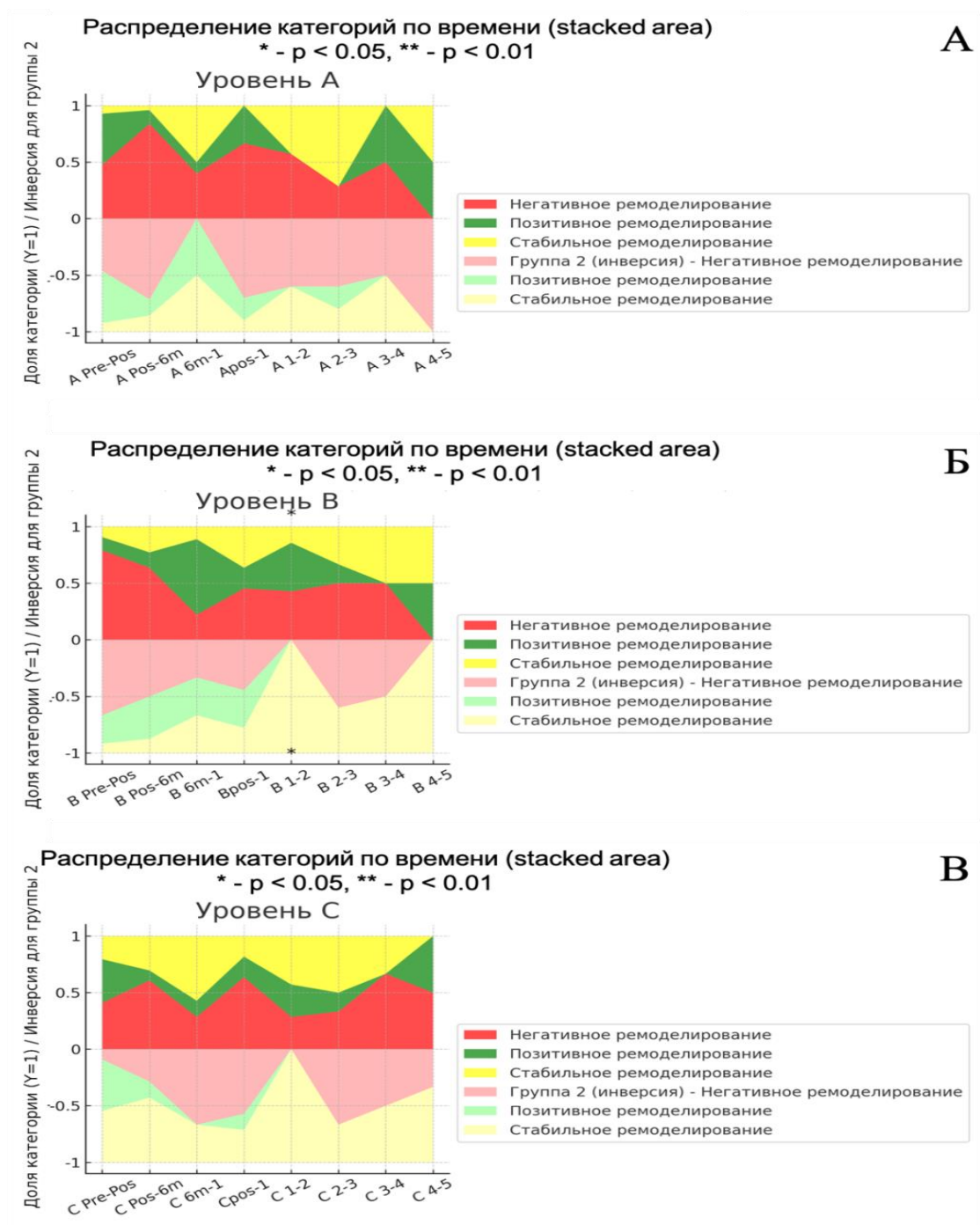


Рис. 5. Сравнительная волуметрическая оценка ремоделирования. Ремоделирование классифицировано как негативное (НР, красный), позитивное (ПР, зеленый) или стабильное (СР, желтый). А – ремоделирование на уровне А (уровень стент-графта); Б – ремоделирование на уровне В (уровень дистальной НГА); В – ремоделирование на уровне С (уровень брюшной аорты)

Fig. 5. Comparative volumetric assessment of aortic remodeling. Remodeling is classified as negative (NR, red), positive (PR, green), or stable (SR, yellow). A – remodeling at level A (stent graft level); B – remodeling at level B (distal descending thoracic aorta level); C – remodeling at level C (abdominal aorta level)

При оценке планиметрического ремоделирования по площади (рис. 6) и периметру (рис. 7) отмечается более разноречивые тенденции и отсутствие статистически значимых различий в частоте НР. Однако при анализе всех уровней и особенно 2-го (уровень левого предсердия), 3-го (дистальный край стент-графта), 4-го (2 см дистальнее стент-графта) отмечены устойчивые тенденции снижения частоты НР и увеличение доли ПР в группе 1, тогда как в группе 2 отмечалась более «прерывистая» динамика, с зачастую высокими значениями НР (см. рис. 6, 7).

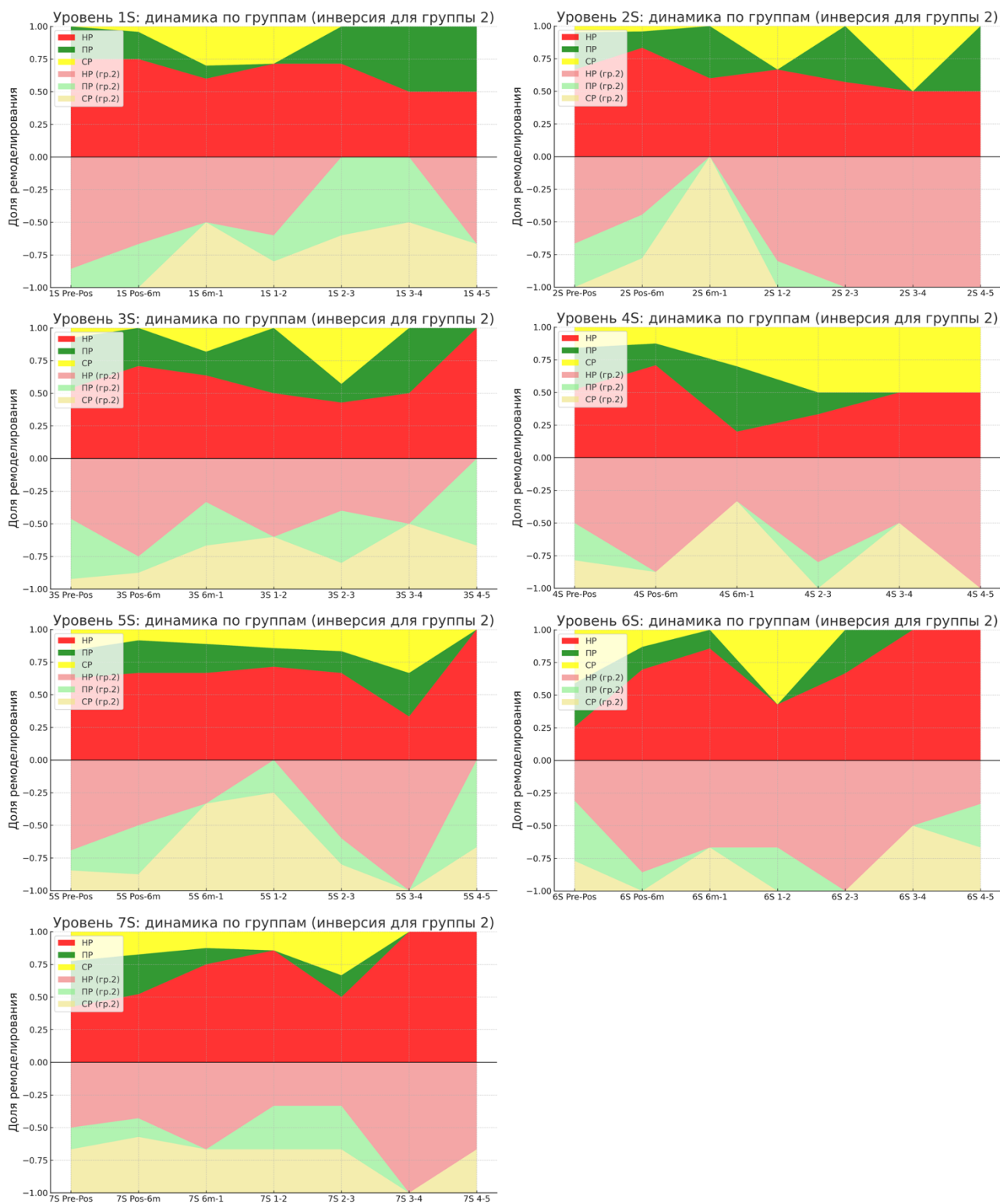


Рис. 6. Сравнительная планиметрическая оценка ремоделирования по площади. Ремоделирование классифицировано как негативное (НР, красный), позитивное (ПР, зеленый) или стабильное (СР, желтый)

Fig. 6. Comparative planimetric assessment of aortic remodeling by area. Remodeling is classified as negative (NR, red), positive (PR, green), or stable (SR, yellow)

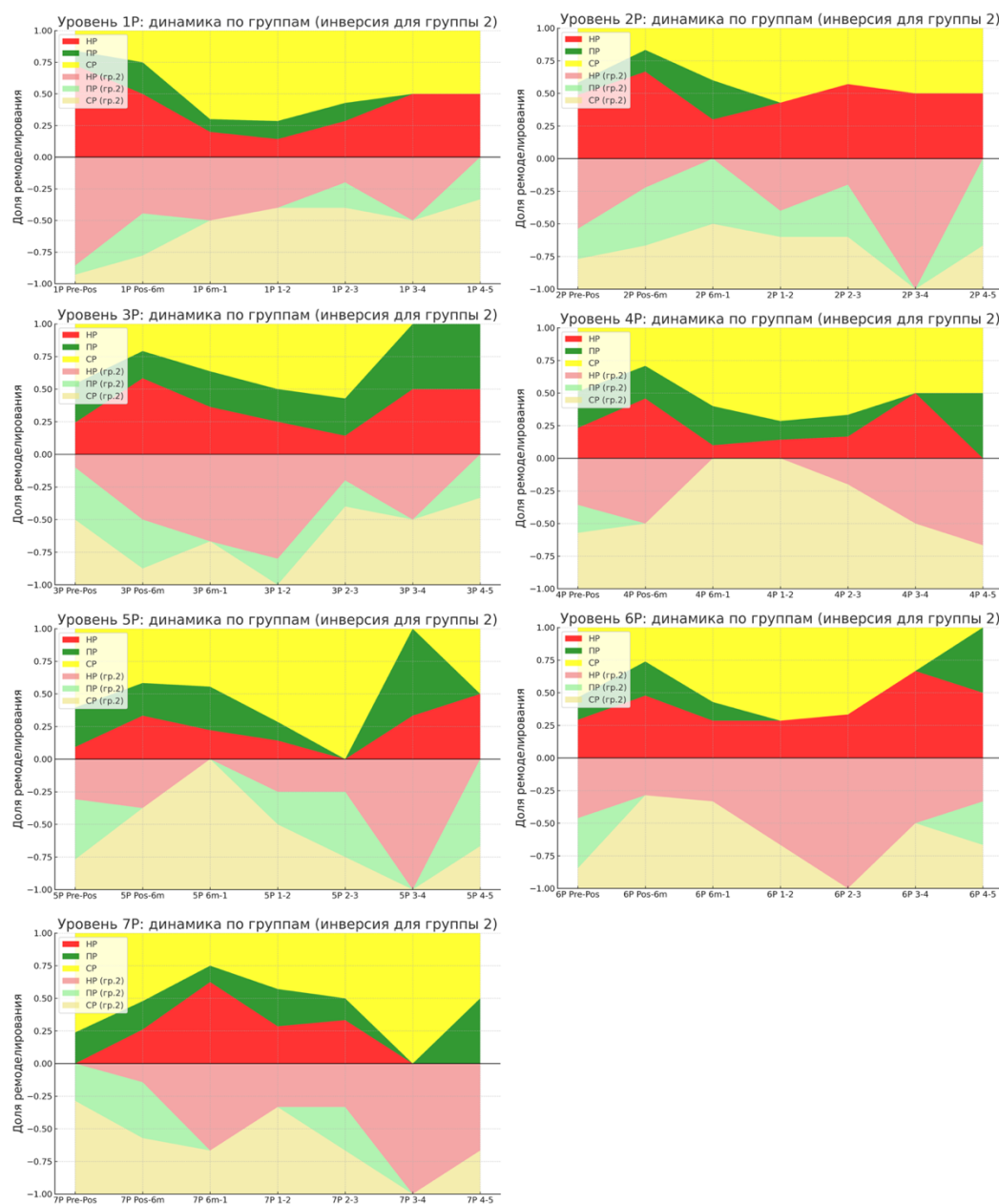


Рис. 7. Сравнительная планиметрическая оценка ремоделирования по периметру. Ремоделирование классифицировано как негативное (НР, красный), позитивное (ПР, зеленый) или стабильное (СР, желтый)

Fig. 7. Comparative planimetric assessment of aortic remodeling by perimeter. Remodeling is classified as negative (NR, red), positive (PR, green), or stable (SR, yellow)

Также стоит отметить, что оценка ремоделирования по изменению площади каналов показала более высокие значения НР на всех уровнях, что на наш взгляд может быть связано, во-первых, с тем, что периметр менее чувствителен к расширению с учетом формулы расчет, ведь при увеличении диаметра площадь растет квадратично, тогда как периметр – линейно; а во-вторых более сложная оценка площади при КТ-анализе, связанная с наличием артефактов, пристеночных тромбов и ошибок выделения просвета при извитой анатомии аорты. Таким образом, наш анализ показал, что волюметрическая и планиметрическая оценка ремоделирования по периметру дает более стабильную динамику изменения просветов, тогда как оценка по площади имеет волнообразный характер и сопряжена с более высокой погрешностью.

Обсуждение

В настоящем исследовании впервые проведена оценка ремоделирования аорты после ЗХС с использованием расслоение-специфического и классических гибридных протезов на основании стандартизированного комплексного планиметрического и волюметрического протокола. Полученные данные подтверждают полноту, высокую информативность и актуальность предложенного протокола оценки ремоделирования аорты, разработанного в РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского. Использование объективных критериев, включая волюметрию и планиметрию, позволило выявить тенденции механизма ремоделирования аорты после операции ЗХС, в том числе и с использованием специфических для расслоения гибридных протезов аорты. Несмотря на то, что на большинстве уровней статистически значимые различия отсутствовали, в данной

работе удалось показать, что при одинаково высокой частоте НР в периоде до и после в обеих группах, группа 1 имела более равномерную и стабильную динамику снижения НР, тогда как в группе неспецифических стент-графтов ремоделирование показало волнообразный и порой хаотичный характер (группа 2).

Также важные тенденции стабилизации кривой ремоделирования в группе расслоение-специфического гибридного протеза были отмечены в ремоделировании на уровнях, критически значимых для формирования ДСИФ – дистальный край (уровень 3) и зона ниже (уровень 4). Эти результаты согласуются с данными S. Morodomi и соавт., где отмечено, что повышенная жесткость дистального конца стент-графта, оверсайзинг и турбуленция с увеличением сдвигового напряжения дистальнее стент-графта является основным фактором риска развития ДСИФ и НР [9].

В нашем исследовании дизайн гибридного протеза «Мягкого хобота слона» продемонстрировал технические преимущества в отдаленном периоде наблюдения: мягкий и радиально гибкий дистальный участок, отсутствие жестких металлических колец в дистальной зоне посадки, а также возможность «глубокой» имплантации позволили достичь снижения частоты развития ДСИФ и обеспечить более стабильные результаты ремоделирования. В группе 1 отмечено статистически значимое уменьшение частоты развития ДСИФ по сравнению с группой классических стент-графтов (от 3,6% до 42,9%), тогда как в группе расслоение-специфических стент-графтов эта динамика составила 0–8,9%.

Анализ факторов риска развития ДСИФ подтвердил, что расслоение-специфический гибридный протез снижает риск развития ДСИФ (ОШ 0,10; 95% ДИ 0,02–0,36; $p = 0,001$). Несмотря на более высокую частоту ранних эндоликов II типа в 1 группе, долгосрочные результаты демонстрируют преимущество гибридного протеза «Мягкий хобот слона» по ключевым критериям стабильности.

Следует отметить, что группы были сопоставимы по диаметрам аорты и отношениям ИК/ОП, основным параметрам анатомии расслоения аорты в виде отхождения ветвей, наличия сообщений между каналами, типам и стадиям расслоения аорты, что исключает систематическую ошибку и подчеркивает реальное влияние конструкции протеза на результаты. Ограничением исследования, на наш взгляд, является кривая обучения и хронологический дисбаланс в группах (гибридный протез «Мягкий хобот слона» начал применяться в 2019 г.)

Этот подход отражает современные тенденции в разработке гибридных протезов для ЗХС, направленные на снижение механического конфликта с хрупкой интимой и уменьшение напряжения в зоне дистального конца стент-графта и дальше, что ранее было подчеркнуто во многих работах [3, 7, 10–15]. Данные исследования еще раз подтверждают, что использование протезов, адаптированных к морфологии расслоенной аорты, ассоциировано с более благоприятным ремоделированием в ранние и отдаленные сроки наблюдения, что позволяет снизить частоту специфических стент-графт-ассоциированных осложнений [10, 14–17].

Кроме того, наше исследование подтвердило, что волюметрическая оценка является более стабильной методикой мониторинга ремоделирования в отличие от планиметрии по площади, чувствительной к артефактам визуализации и локальному расширению ложного канала. Это подтверждает и основоположник D. Dohle, говоря в своей знаковой работе о важности многоуровневого количественного анализа ремоделирования аорты в послеоперационном периоде [4, 8, 18–20].

Заключение

Результаты настоящего исследования подтверждают, что использование расслоение-специфичных стент-графтов в хирургии расслоения аорты

обеспечивает: 1) более прогнозируемое ремоделирование дистальной аорты в ключевых анатомических зонах в отдаленном периоде; 2) статистически значимое снижение частоты развития ДСИФ и связанных с ним эндоликов 1b типа.

Разработанный протокол оценки ремоделирования, сочетающий плани- и волюметрический анализы, может служить эффективным инструментом стандартизированной оценки результатов хирургии расслоения аорты и уже внедрен и активно используется за пределами РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского. Будущие исследования с расширением когорты и включением новых методов визуализации (магнитно-резонансная томография, компьютерное ремоделирование на основе вычислительной гидродинамики) позволят точнее определить критерии выбора персонифицированного гибридного протеза.

Таким образом, применение расслоение-специфичных гибридных протезов при операции ЗХС ассоциировано со статистически значимо лучшими результатами ремоделирования расслоения аорты в отдаленном периоде по сравнению с классическими протезами.

Литература / References

1. Панфилов Д.С., Козлов Б.Н., Затолокин В.В., Пономаренко И.В., Ходашинский И.А., Шипулин В.М. Профилактика геморрагических осложнений при операциях на грудной аорте. *Российский кардиологический журнал*. 2018;(11):70–76. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-11-70-76>

Panfilov D.S., Kozlov B.N., Zatolokin V.V., Ponomarenko I.V., Khodashinsky I.A., Shipulin V.M. Profilaktika gemorragicheskikh oslozhneniy pri operatsiyakh na grudnoy aorte. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2018;(11):70-76. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-11-70-76>

2. Gudbjartsson T., Ahlsson A., Geirsson A., Gunn J., Hjortdal V., Jeppsson A. et al. Acute type A aortic dissection - a review. *Scand. Cardiovasc. J.* 2020;54(1):1–13. <https://doi.org/10.1080/14017431.2019.1660401>

3. Kozlov B.N., Panfilov D.S., Saushkin V.V., Nasrashvili G.G., Kuznetsov M.S., Nenakhova A.A. et al. Distal aortic remodelling after the standard and the elongated frozen elephant trunk procedure. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2019;29(1):117–123. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz047>
4. Kanemitsu S., Taniwaki M., Ishikawa R., Sakamoto S., Mizumoto T. The impact of true lumen morphology on frozen elephant trunk technique in chronic aortic dissection. *J. Thorac. Dis.* 2025;17(4):1906–1918. <https://doi.org/10.21037/jtd-2024-2020>
5. Kreibich M., Pitts L., Kempfert J., Yildiz M., Schönhoff F., Gaisendrees C. et al. Multicentre frozen elephant trunk technique experience as redo surgery to treat residual type A aortic dissections following ascending aortic replacement. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2024;66(5):ezae401. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezae401>
6. Osswald A., Tsagakis K., Thielmann M., Lumsden A.B., Ruhparwar A., Karmonik C. et al. An artificial intelligence-based automatic classifier for the presence of false lumen thrombosis after frozen elephant trunk operation. *Diagnostics.* 2024;14(24):2853. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14242853>
7. Kozlov B., Panfilov D., Lukinov V. Frozen elephant trunk for aortic dissection using different hybrid grafts: Preliminary results from a prospective study. *J. Pers. Med.* 2023;13(5):784. <https://doi.org/10.3390/jpm13050784>
8. Dohle D.S., Tsagakis K., Janosi R.A., Benedik J., Kühl H., Penkova L. et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(1):111–117. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezv045>
9. Morodomi S., Okamura H., Ujihara Y., Sugita S., Nakamura M. Finite element analysis and computational fluid dynamics to elucidate the mechanism of distal stent graft-induced new entry after frozen elephant trunk technique. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2024;66(5):ezae392. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezae392>

10. Panfilov D.S., Kozlov B.N., Pryakhin A.S., Kopeva K.V. Frozen elephant trunk technique with different proximal landing zone for aortic dissection. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2021;33(2):286–292.

<https://doi.org/10.1093/icvts/ivab118>

11. Козлов Б.Н., Панфилов Д.С., Манвелян Д.В., Сондуев Э.Л., Затолокин В.В., Петлин К.А. Первые результаты хирургической реконструкции аорты с применением отечественного гибридного стент-графта «МедИнж». *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2021;36(1):102–107. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-101-107>

Kozlov B.N., Panfilov D.S., Manvelyan D.V., Sonduev E.L., Zatolokin V.V., Petlin K.A. The first results of surgical reconstruction of the aorta using the domestic aortic hybrid stent-graft MedEng. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2021;36(1):101–107. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-101-107>

12. Osswald A., Schucht R., Schlosser T., Jánosi R.A., Thielmann M., Weymann A. et al. Changes of stent-graft orientation after frozen elephant trunk treatment in aortic dissection. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2021;60(2):359–366. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezab055>

13. Tsagakakis K., Wendt D., Dimitriou A.M., Thielmann M., Shehada S.E., El Gabry M. et al. The frozen elephant trunk treatment is the operation of choice for all kinds of arch disease. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*. 2018;59(4):540–546. <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.18.10597-0>

14. Kreibich M., Bunte D., Berger T., Vötsch A., Rylski B., Krombholz-Reindl P. 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>

15. Kreibich M., Berger T., Rylski B., Chen Z., Beyersdorf F., Siepe M. et al. Aortic reinterventions after the frozen elephant trunk procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020;159(2):392–399.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.02.069>

16. Tsagakakis K., Jakob H. Which frozen elephant trunk offers the optimal solution? Reflections from Essen Group. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;31(4):679–685. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2019.05.038>

17. Панфилов Д.С., Козлов Б.Н., Саушкин В.В., Шипулин В.М. Гибридное хирургическое лечение аневризмы восходящей аорты в сочетании с синдромом «shaggy aorta». *Кардиология.* 2019;59(5S):65–68. <https://doi.org/10.18087/cardio.2646>

Panfilov D.S., Kozlov B.N., Saushkin V.V., Shipulin V.M. Hybrid treatment of the ascending aortic aneurysm and “shaggy aorta” syndrome. *Kardiologiya.* 2019;59(5S):65–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.18087/cardio.2646>

18. Takei Y., Takei Y., Miyazaki S., Suzuki K., Saito S., Oogaki H., Muraoka Y. et al. Hemodynamic predictors of negative false lumen remodeling after frozen elephant trunk for acute aortic dissection. *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2024;72(6):376–386. <https://doi.org/10.1007/s11748-023-01984-x>

19. Borghese O., Sajiram S., Lee M., Olayiwola A., Adams B., Oo A.Y. et al. Frozen elephant trunk procedure for acute type a aortic dissection: Analysis of distal aortic remodeling according to the Society for Vascular Surgery (SVS)/Society of Thoracic Surgeons (STS) reporting standard. *Ann. Vasc. Surg.* 2024;108:346–354. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2024.06.009>

20. Ruiz-Muñoz A., Guala A., Dux-Santoy L., Teixidó-Turà G., Valente F., Garrido-Oliver J. et al. False lumen hemodynamics and partial thrombosis in chronic aortic dissection of the descending aorta. *Eur. Radiol.* 2024;34(8):5190–5200. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10513-6>

Информация о вкладе авторов

Чарчян Э.Р. – концепция и дизайн исследования, редактирование, непосредственное участие в операциях; Брешенков Д.Г. – концепция и дизайн исследования, сбор материала, статистическая обработка, написание текста, редактирование, непосредственное участие в операциях; Ховрин В.В. – сбор материала, концепция и дизайн исследования; Куличкин А.С., Малахова М.В., Федулова С.В. – сбор материала; Чакал Д.А. – сбор материала, непосредственное участие в операциях; Степаненко А.Б. – концепция и дизайн исследования, сбор материала; Белов Ю.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование, непосредственное участие в операциях.

Information on author contributions

Charchyan E.R. – study concept and design, editing, direct participation in surgeries. Breshenkov D.G. – study concept and design, data collection, statistical analysis, manuscript writing, editing, direct participation in surgeries. Khovrin V.V. – data collection, study concept and design. Kulichkin A.S. – data collection. Malakhova M.V. – data collection. Fedulova S.V. – data collection. Chakal D.A. – data collection, direct participation in surgeries. Stepanenko A.B. – study concept and design, data collection. Belov Yu.V. – study concept and design, editing, direct participation in surgeries.

Сведения об авторах

Чарчян Эдуард Рафаэлович, д-р мед. наук, член-корр. РАН, заведующий отделением реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, e-mail: charchmed@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0002-0488-2560>.

Брешенков Денис Геннадьевич, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, врач сердечно-сосудистый хирург, отделение реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, e-mail: denisbreshenkov@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-9459-9282>.

Ховрин Валерий Владиславович, д-р мед. наук, главный научный сотрудник, отделения рентгенодиагностики и компьютерной томографии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-6720-4126>.

Куличкин Алексей Сергеевич, врач-рентгенолог отделения рентгенодиагностики и компьютерной томографии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-1256-560X>.

Малахова Мария Владимировна, канд. мед. наук, врач-рентгенолог отделения рентгенодиагностики и компьютерной томографии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-9985-3753>.

Федулова Светлана Вячеславовна, канд. мед. наук, зав. лабораторией интраоперационной диагностики, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-0563-2897>.

Чакал Дейяра Алиевна, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <http://orcid.org/0000-0003-3542-0315>.

Степаненко Анна Борисовна, д-р мед. наук, главный научный сотрудник, профессор отделения реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-8768-127X>.

Белов Юрий Владимирович, академик РАН, директор института кардио-аортальной хирургии ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского. ГНЦ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия, e-mail: belovmed@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-9280-8845>.

Information about the authors

Eduard R. Charchyan, Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the RAS, Head of the Department of Reconstructive Cardiovascular Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, e-mail: charchmed@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0002-0488-2560>.

Denis G. Breshenkov, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Cardiovascular Surgeon, Department of Reconstructive Cardiovascular Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, e-mail: denisbreshenkov@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-9459-9282>.

Valeriy V. Khovrin, Dr. Sci. (Med.), Chief Research Scientist, Department of X-ray Diagnostics and Computed Tomography Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-6720-4126>.

Aleksey S. Kulichkin, Radiologist, Department of X-ray Diagnostics and Computed Tomography, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-1256-560X>.

Mariya V. Malakhova, Cand. Sci. (Med.), Radiologist, Department of X-ray Diagnostics and Computed Tomography, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-9985-3753>.

Svetlana V. Fedulova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Intraoperative Diagnostics Laboratory, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, e-mail: <https://orcid.org/0000-0002-0563-2897>.

Deyyara A. Chakal, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Reconstructive Cardiovascular Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, <http://orcid.org/0000-0003-3542-0315>.

Anna B. Stepanenko, Dr. Sci. (Med.), Chief Research Scientist, Professor, Department of Reconstructive Cardiovascular Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-8768-127X>.

Yuriy V. Belov, Dr. Sci. (Med.), Academician of the RAS, Director, Institute of Cardio-Aortic Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia, e-mail: belovmed@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-9280-8845>.

Поступила 08.08.2025;
рецензия получена 18.08.2025;
принята к публикации 03.09.2025.

Received 08.08.2025;
review received 18.08.2025;
accepted for publication 03.09.2025.