

ПРЕДИКТОРЫ ЛЕТАЛЬНОСТИ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЯ АОРТОСВЯЗАННЫХ СОБЫТИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ХИРУРГИИ ПРОКСИМАЛЬНОГО РАССЛОЕНИЯ АОРТЫ

DOI: 10.17691/stm2023.15.1.05

УДК 616.132–089.168.1

Поступила 26.09.2022 г.



Д.А. Сирота, к.м.н., зав. научно-исследовательским отделом хирургии аорты, коронарных и периферических артерий Института патологии кровообращения¹; сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий¹;

М.О. Жульков, к.м.н., научный сотрудник научно-исследовательского отдела хирургии аорты, коронарных и периферических артерий Института патологии кровообращения¹; сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий¹;

Д.С. Хван, к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела хирургии аорты, коронарных и периферических артерий института патологии кровообращения¹; сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты и коронарных артерий¹;

T. Caus, д.м.н., сердечно-сосудистый-хирург²;

Б.Н. Козлов, д.м.н., зав. отделением сердечно-сосудистой хирургии³;

В.Л. Лукинов, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник⁴; зав. лабораторией численного анализа стохастических дифференциальных уравнений⁴;

М.М. Ляшенко, сердечно-сосудистый хирург¹; зав. отделением хирургии аорты, коронарных и периферических артерий¹;

А.Г. Макаев, ординатор, сердечно-сосудистый хирург¹;

А.В. Протопопов, ординатор, сердечно-сосудистый хирург¹;

Х.А. Агаева, сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты, коронарных и периферических артерий¹;

А.В. Фомичев, к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела хирургии аорты, коронарных и периферических артерий Института патологии кровообращения¹;

сердечно-сосудистый хирург отделения хирургии аорты, коронарных и периферических артерий¹;

С.А. Магбулова, ординатор, сердечно-сосудистый хирург⁵;

А.Д. Лиманский, студент⁶;

А.М. Чернявский, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр им. академика Е.Н. Мешалкина Минздрава России, ул. Речкуновская, 15, Новосибирск, 630055;

²University Hospital Amiens, Avenue René Laënnec, Salouël, Amiens, 80054, France;

³Научно-исследовательский институт кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, ул. Киевская, 111а, Томск, 634012;

⁴Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, пр. Академика Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090;

⁵Новосибирский государственный медицинский университет, Красный проспект, 52, Новосибирск, 630091;

⁶Институт медицины и психологии В. Зельмана Новосибирского государственного университета, ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090

Для контактов: Протопопов Андрей Владимирович, e-mail: andrew-uss@yandex.ru

Цель исследования — проанализировать предикторы летальности, тромбоза ложного канала, увеличения диаметра аорты и частоты возникновения аортосвязанных событий в раннем и отдаленном послеоперационном периоде при различных вариантах хирургии проксимального расслоения аорты с помощью метода логистической регрессии.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное обсервационное сравнение результатов хирургического лечения 213 пациентов с диагнозом «расслоение аорты I типа по ДеБейки». Пациенты были разделены на три группы: в 1-й группе выполняли классическую реконструкцию дуги аорты по типу hemiarch или полное протезирование дуги аорты многобраншевым протезом (n=121); во 2-й — реконструкцию дуги аорты по типу hemiarch и имплантацию непокрытого металлического стента (n=55); в 3-й — вмешательство по типу «замороженный хобот слона» (n=37). У всех пациентов, вошедших в исследование, диагноз был подтвержден в дооперационном периоде по результатам ультразвукового и томографического исследования. Выявление предикторов негативных событий проводили построением моделей логистических регрессий.

Результаты. Построение многофакторной модели логистической регрессии выявило мультипликативные значимые предикторы летальности: наличие послеоперационных неврологических осложнений увеличивало вероятность летальности в 3,39 (1,24–9,18) раза, а наличие полностью проходимого ложного канала — в 4,17 (1,49–13,68) раза.

Среди предикторов развития аортосвязанных событий наибольшее значение имели заболевания соединительной ткани (вероятность возникновения событий увеличивалась в 6,68 (2,98–15,62) раза), наличие частичного тромбоза ложного канала (вероятность развития события возрастала в 2,39 (1,07–5,44) раза) и пластика аортального клапана (вероятность возникновения событий увеличивалась в 2,84 (1,13–7,17) раза).

Среди методик реконструкции аорты имплантация гибридного протеза являлась наиболее сильным предиктором тромбоза ложного канала, увеличивая вероятность этого события в 4,19 (1,90–9,44) раза, а имплантация непокрытого металлического стента, наоборот, снижала вероятность тромбоза ложного канала в 0,17 (0,03–0,62) раза. При этом вид вмешательства не оказывал влияния на частоту развития аортосвязанных событий и летальность в отдаленном периоде наблюдения.

Ключевые слова: «замороженный хобот слона»; расслоение аорты; дуга аорты; грудной отдел аорты; тромбоз; большое кровотечение; стенты.

Как цитировать: Sirota D.A., Zhulkov M.O., Khvan D.S., Caus T., Kozlov B.N., Lukin V.L., Lyashenko M.M., Makaev A.G., Protopopov A.V., Agaeva Kh.A., Fomichev A.V., Magbulova S.A., Limansky A.D., Chernyavsky A.M. Predictors of lethality, remodeling, and aorta-related events in different types of proximal aortic dissection surgery. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2023; 15(1): 38, <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.1.05>

English

Predictors of Lethality, Remodeling, and Aorta-Related Events in Different Types of Proximal Aortic Dissection Surgery

D.A. Sirota, MD, PhD, Head of the Research Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries,

Institute of Blood Circulation Pathology¹; Cardiovascular Surgeon,

Department of Aorta and Coronary Artery Surgery¹;

M.O. Zhulkov, MD, PhD, Researcher, Research Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries,

Institute of Blood Circulation Pathology¹; Cardiovascular Surgeon,

Department of Aorta and Coronary Artery Surgery¹;

D.S. Khvan, MD, PhD, Senior Researcher, Research Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries,

Institute of Blood Circulation Pathology¹; Cardiovascular Surgeon,

Department of Aorta and Coronary Artery Surgery¹;

T. Caus, MD, DSc, Cardiovascular Surgeon²;

B.N. Kozlov, MD, DSc, Head of the Cardiovascular Surgery Department³;

V.L. Lukin, PhD, Senior Researcher⁴; Head of the Laboratory of Numerical Analysis of Stochastic Differential Equations⁴;

M.M. Lyashenko, Cardiovascular Surgeon¹; Head of the Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries¹;

A.G. Makaev, Resident, Cardiovascular Surgeon¹;

A.V. Protopopov, Resident, Cardiovascular Surgeon¹;

Kh.A. Agaeva, Cardiovascular Surgeon, Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries¹;

A.V. Fomichev, MD, PhD, Senior Researcher, Research Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, Institute of Blood Circulation Pathology¹; Cardiovascular Surgeon,

Department of Surgery on Aorta, Coronary and Peripheral Arteries¹;

S.A. Magbulova, Resident, Cardiovascular Surgeon⁵;

A.D. Limansky, Student⁶;

A.M. Chernyavsky, MD, DSc, Professor, Correspondent Member of the Russian Academy of Sciences, General Director¹

¹Meshalkin National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 15 Rechkunovskaya St., Novosibirsk, 630055, Russia;

²University Hospital of Amiens, Avenue René Laënnec, Salouël, Amiens, 80054, France;

³Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, 111a Kievskaya St., Tomsk, 634012, Russia;

⁴Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 6 Academician Lavrentyeva Prospect, Novosibirsk, 630090, Russia;

⁵Novosibirsk State Medical University, 52 Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia;

⁶V. Zelman Institute for Medicine and Psychology, Novosibirsk State University, 1 Pirogova St., Novosibirsk, 630090, Russia

The aim of the study is to analyze predictors of lethality, false lumen thrombosis, enlargement of aortic diameter, and frequency of aorta-related events in the early and remote postoperative periods for various types of proximal aortic dissection surgery using the logistic regression method.

Materials and Methods. A retrospective observational comparison of the results of surgical treatment of 213 patients with the diagnosis of “DeBakey type I aortic dissection” has been carried out. The participants were divided into three groups: group 1 underwent classic aortic arch reconstruction using hemiarch technique or total reconstruction of the aortic arch with a multiple-branch prosthesis (n=121); group 2 was subjected to the hemiarch technique and implantation of bare-metal (uncoated) stents (n=55); in group 3, the “frozen elephant trunk” correction technique was used (n=37). The diagnosis of all patients included into the study was preoperatively confirmed by ultrasound and tomographic examination. Predictors of negative events have been identified by building the models of logistic regressions.

Results. The multivariate model of logistic regression has revealed multiplicative significant predictors of lethality: postoperative neurological complications increased the probability of lethality by 3.39 (1.24–9.18) times and presence of a patent false lumen by 4.17 (1.49–13.68) times.

Among the predictors of aorta-related events, the most important were connective tissue diseases (the probability increased by 6.68 (2.98–15.62) times), presence of partial thrombosis of the false lumen (the probability of event development increased by 2.39 (1.07–5.44) times), and aortic valve repair (the probability aorta-event occurrence increased by 2.84 (1.13–7.17) times).

Hybrid prosthesis implantation appeared to be the most significant predictor of false lumen thrombosis increasing its probability by 4.19 (1.90–9.44) times among aortic repair methods, while a bare-metal stent implantation in contrast reduced the likelihood of false lumen thrombosis by 0.17 (0.03–0.62) times. Eventually, the type of repair had not any significant impact on the aorta-related events and lethality in the long-term period.

Key words: “frozen elephant trunk”; aorta dissection; aortic arch; thoracic aorta; thrombosis; substantial hemorrhage; stents.

Введение

Несмотря на наличие множества факторов, значительно отягощающих состояние пациентов с проксимальным расслоением аорты, результаты хирургического лечения этой группы больных постепенно улучшаются благодаря своевременной диагностике и выполняемому хирургическому вмешательству. Тем не менее уровень госпитальной летальности остается в пределах 10–30% [1–6].

В настоящее время одновременно с выполнением классического (традиционного) вмешательства — протезирования восходящего отдела и дуги аорты по типу hemiarch или total arch replacement — технически возможной стала имплантация дополнительных устройств в виде голометаллических стентов или стент-графтов в нисходящий отдел аорты [7]. Однако эффективность подобных расширенных вмешательств на аорте до сих пор изучена недостаточно.

По данным исследования Т. Suzuki с соавт. [8], где проанализированы результаты стандартного подхода к реконструкции аорты, актуарная свобода от повтор-

ных операций составляет 96,9; 83,2; 64,2 и 58,3% через 1, 5, 10 и 12 лет соответственно. Регрессионный анализ пропорциональных рисков Кокса позволил авторам выявить следующие независимые предикторы поздней повторной операции: молодой возраст, мальперфузия конечностей, проксимальная фенестрация в восходящем отделе аорты, диаметр нисходящей аорты, индекс F/T>1 (отношение диаметра ложного и истинного канала в области нисходящего отдела аорты) и синдром Марфана.

Наличие проходимого ложного канала является одним из главных предикторов послеоперационного ремоделирования аорты, а значит, и риска повторных вмешательств — именно этот постулат лег в основу хирургической стратегии лечения расслоений аорты [9]. Несмотря на стремление к максимальной реадaptации расслоенных стенок аорты, эффективность различных хирургических методик в достижении этой цели существенно отличается. Так, предложенная в 1983 г. Н.Г. Vorst операция «хобот слона» не способствовала выключению из кровотока аневризмы и/или ложного канала [10, 11]. Появление новых протезов и

технологий двигало хирургов по пути большей радикальности при выполнении первичных реконструкций проксимальных расслоений аорты. Однако преимущества подобных вмешательств по-прежнему остаются неочевидными. Например, эффективность имплантации голометаллического стента Djumbodis Dissection System многократно подвергалась сомнению. По данным литературы, стентирование истинного просвета непокрытым металлическим стентом приводит к тромбозу ложного канала только в 68% случаев при остром и в 18–20% — при хроническом расслоении, что не может конкурировать с практически 100% тромбозом в течение 5 лет при использовании техники «замороженный хобот слона» [7, 12–14].

Несмотря на то, что результаты хирургического лечения проксимальных расслоений аорты с течением времени постепенно улучшаются, по данным одного из последних крупных реестров, операционная летальность устойчиво сохраняется в пределах 18–25% [5]. Учитывая большую анатомическую вариабельность расслоений аорты и широкий выбор способов хирургической коррекции, анализ предикторов развития аортосвязанных событий и, как следствие, повторных хирургических вмешательств представляет огромный интерес [15].

Цель исследования — проанализировать предикторы летальности, тромбоза ложного канала, увеличения диаметра аорты и частоты возникновения аортосвязанных событий в раннем и отдаленном послеоперационном периоде при различных вариантах хирургии проксимального расслоения аорты с помощью метода логистической регрессии.

Материалы и методы

Выполнено ретроспективное обсервационное исследование. Сравнивали результаты хирургического лечения 213 пациентов с диагнозом «расслоение аорты I типа по ДеБейки». У всех пациентов расслоение затрагивало восходящий отдел, дугу аорты и нисходящий грудной отдел аорты. В исследование включены пациенты, оперированные в клиниках Национального медицинского исследовательского центра им. академика Е.Н. Мешалкина (Новосибирск), Научно-исследовательского института кардиологии Томского национального исследовательского медицинского

центра РАН (Томск) и в University Hospital Amiens (Амьен, Франция) с 2001 по 2017 г.

Пациентов разделили на три группы: 1-я — с применением стандартных хирургических подходов (протезирование по типу «полудуги» или полное протезирование дуги аорты) — $n=121$; 2-я — протезирование по типу «полудуги» или полное протезирование дуги аорты и использование непокрытого металлического стента ($n=55$); 3-я — вмешательство по типу «замороженный хобот слона» (frozen elephant trunk, FET) — $n=37$ (рис. 1).

У всех пациентов, вошедших в исследование, диагноз был подтвержден в дооперационном периоде по результатам ультразвукового и томографического исследования. Тромбоз ложного канала оценивали по всей длине просвета вне зависимости от анатомической зоны. Полным тромбозом считали отсутствие контрастирования ложного просвета, полной проходимость — полное отсутствие признаков тромбирования ложного просвета по данным контрольного МСКТ-контрастного исследования. К аортосвязанным событиям относили любые события, связанные с аортой (разрывы, расслоения), а также вмешательства на аорте и аортальном клапане за весь период наблюдения.

Статистическая обработка данных. Выборочные распределения непрерывных показателей исследовали на согласие с законом нормального распределения, используя критерий Шапиро–Уилка. Сроки наблюдения в группах оказались ненормальными, поэтому сравнение проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни с коррекцией ошибки множественного сравнения при помощи критерия Бенджамини–Хохберга. Для оценки величины различия в группах рассчитывали псевдомедиану разностей значений (Pseudomedian) и стандартизованную разность средних (SMD). Непрерывные показатели представляли в виде медианы, 25-го и 75-го процентилей (Me [Q1; Q3]), среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Бинарные показатели описывали как количество событий и частоты с построением 95% доверительного интервала по формуле Уилсона ($n/\%$, 95% CI).

Выявление предикторов негативных событий проводили построением моделей логистических регрессий. С помощью однофакторных моделей

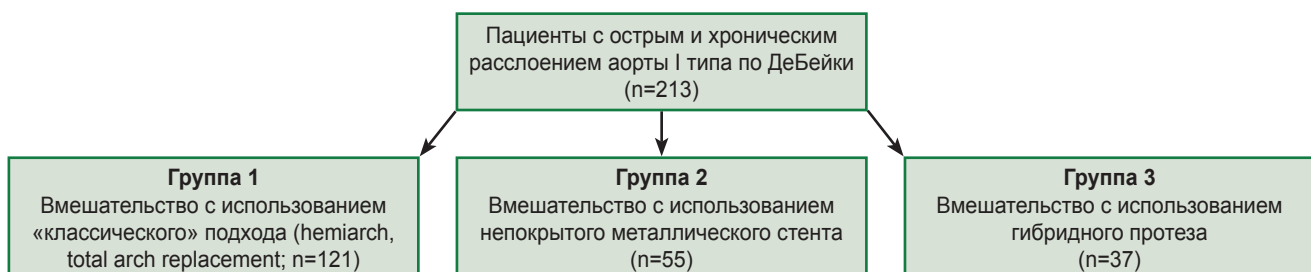


Рис. 1. Дизайн исследования

определяли отдельные предикторы, ассоциированные с целевым событием. Из совокупности ковариат с достигнутым уровнем значимости $p < 0,3$ в однофакторных моделях методами прямого и обратного шага строили оптимальные по информационному критерию Акаике модели многофакторной логистической регрессии. Все модели прямого и обратного шага совпали. Для многофакторной модели логистической регрессии методами ROC-анализа выявляли наилучший с точки зрения отношения чувствительности и специфичности порог классификации, строили таблицу соответствия (сопряженности), по которой рассчитывали прогностические показатели: чувствительность, специфичность, частоту случаев метода, фактическую частоту случаев. Тестом Hosmer–Lemeshow исследовали согласованность

прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами негативных событий.

Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т.е. различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Все статистические расчеты выполняли в программе R-Studio (версия 2022.07.2+576 Spotted Wakerobin, США) на языке R (версия 4.1.3, Австрия).

Результаты

Пациентов наблюдали очным или заочным методом. Средний период наблюдения для каждой группы рассчитывали отдельно (табл. 1).

Описательная статистика исследуемых ковариат представлена в табл. 2.

Таблица 1

Сроки наблюдения пациентов в каждой группе

Группы	Продолжительность наблюдения, мес			Группы	Различия между группами		
	Me [Q1; Q3]	M±SD	Min–Max		Pseudomedian (95% CI)	SMD (95% CI)	p* (коррекция p)
1-я	35,0 [5,0; 57,0]	34,53±30,15	0–103	1–2-я	3 (–2–12)	0,21 (–0,11–0,53)	0,235 (0,471)
2-я	32,0 [5,5; 47,0]	28,47±24,16	0–100	1–3-я	7 (–2–19)	0,35 (–0,02–0,72)	0,103 (0,310)
3-я	22,0 [11,0; 36,0]	24,68±21,51	0–97	2–3-я	4 (–5–13)	0,16 (–0,25–0,58)	0,344 (0,471)

* U-критерий Манна–Уитни.

Таблица 2

Описательная статистика исследуемых показателей у пациентов

Ковариаты	Количество данных	Статистика	Значения
Мужской пол	213 (100%)	n/%, 95% CI	136/64, 57–70
Масса тела, кг	204 (96%)	Me [Q1; Q3] M±SD Min–max	78 [68; 90] 79,73±17,61 42–146
Рост, см	203 (95%)	Me [Q1; Q3] M±SD Min–max	173 [166; 179] 172,71±9,88 147–196
Заболевания соединительной ткани	213 (100%)	n/%, 95% CI	49/23, 18–29
Отсутствие артериальной гипертензии	129 (61%)	n/%, 95% CI	30/23, 17–31
Предшествующая кардиохирургия	213 (100%)	n/%, 95% CI	19/9, 6–14
Неосложненное расслоение	129 (61%)	n/%, 95% CI	66/51, 43–60
Осложненное расслоение	213 (100%)	n/%, 95% CI	100/47, 40–54
Тампонада сердца	213 (100%)	n/%, 95% CI	52/24, 19–31
Коронарная мальперфузия	213 (100%)	n/%, 95% CI	19/9, 6–14
Мальперфузия брахиоцефальных артерий	213 (100%)	n/%, 95% CI	23/11, 7–16
Гемиплегия	213 (100%)	n/%, 95% CI	8/4, 2–7
Моноплегия	213 (100%)	n/%, 95% CI	9/4, 2–8
Параплегия	213 (100%)	n/%, 95% CI	2/1, 0–3
Мальперфузия внутренних органов	213 (100%)	n/%, 95% CI	32/15, 11–20
Инфаркт кишечника	213 (100%)	n/%, 95% CI	0/0, 0–2
Мальперфузия почек	213 (100%)	n/%, 95% CI	13/6, 4–10
Ишемия нижних конечностей	213 (100%)	n/%, 95% CI	31/15, 10–20
Тип A по Stanford	213 (100%)	n/%, 95% CI	207/97, 94–99

Окончание табл. 2

Ковариаты	Количество данных	Статистика	Значения
Бедренная канюляция	213 (100%)	n/%, 95% CI	92/43, 37–50
Подключичная канюляция	126 (59%)	n/%, 95% CI	60/48, 39–56
Канюляция восходящей аорты	111 (52%)	n/%, 95% CI	53/48, 39–57
Длительность искусственного кровообращения, мин	204 (96%)	Me [Q1; Q3] M±SD Min–max	222 [180; 265] 225,89±64,25 60–454
Длительность окклюзии аорты, мин	203 (95%)	Me [Q1; Q3] M±SD Min–max	135,0 [102,5; 170,0] 134,82±47,19 20–285
Время циркуляторного ареста, мин	165 (77%)	Me [Q1; Q3] M±SD Min–max	42 [35; 61] 46,47±19,89 5–100
Протезирование корня аорты	213 (100%)	n/%, 95% CI	48/23, 17–29
Протезирование аортального клапана	213 (100%)	n/%, 95% CI	34/16, 12–21
Пластика аортального клапана	213 (100%)	n/%, 95% CI	49/23, 18–29
Аортокоронарное шунтирование	213 (100%)	n/%, 95% CI	8/4, 2–7
Реконструкция дуги, косой анастомоз	213 (100%)	n/%, 95% CI	95/45, 38–51
Реконструкция дуги, дебранчинг	128 (60%)	n/%, 95% CI	4/3, 1–8
Реконструкция дуги, полное протезирование дуги	213 (100%)	n/%, 95% CI	47/22, 17–28
Имплантация голого металлического стента	212 (99,5%)	n/%, 95% CI	55/26, 21–32
Имплантация стентграфта	213 (100%)	n/%, 95% CI	37/17, 13–23
АПГМ	192 (90%)	n/%, 95% CI	124/65, 58–71
РПГМ	192 (90%)	n/%, 95% CI	68/35, 29–42
Послеоперационный период			
Без осложнений	211 (99%)	n/%, 95% CI	98/46, 40–53
Большие кровотечения	211 (99%)	n/%, 95% CI	33/16, 11–21
Неврологические осложнения (все)	207 (97%)	n/%, 95% CI	39/19, 14–25
Церебральные неврологические осложнения	207 (97%)	n/%, 95% CI	33/16, 12–22
Спинальные неврологические осложнения	207 (97%)	n/%, 95% CI	3/1, 0–4
Инфаркт миокарда	209 (98%)	n/%, 95% CI	13/6, 4–10
Ишемия кишечника	207 (97%)	n/%, 95% CI	11/5, 3–9
Полный тромбоз/облитерация ложного канала	198 (93%)	n/%, 95% CI	48/24, 19–31
Частичный тромбоз/облитерация ложного канала	195 (92%)	n/%, 95% CI	59/30, 24–37
Полностью проходимый ложный канал	195 (92%)	n/%, 95% CI	90/46, 39–53

Примечание: АПГМ — антеградная перфузия головного мозга, РПГМ — ретроградная перфузия головного мозга.

Для определения предикторов летальности в отдаленном периоде использован метод логистической регрессии для однофакторных и многофакторной моделей (табл. 3). При построении однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы летальности. Так, коронарная мальперфузия и большие кровотечения увеличивали вероятность события в 3,17 и в 3,22 раза соответственно, однако при внесении этих ковариат в многофакторную модель их значимость снижалась. Построение многофакторной модели логистической

регрессии продемонстрировало, что наличие неврологических осложнений в послеоперационном периоде увеличивало вероятность летальности в 3,39 (1,24–9,18) раза, а наличие полностью проходимого канала — в 4,17 (1,49–13,68) раза.

Для многофакторной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие с точки зрения баланса показатели чувствительности — 54,5% и специфичности — 86,5% (рис. 2) для порогового значения вероятности летальности в отдаленном периоде, равного 24,8%.

Таблица 3

Значения ковариат в моделях логистической регрессии летальности в отдаленном периоде (n=213, из них 26 случаев (12,2%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Полностью проходимый ложный канал	5,35 (2,04–16,75)	0,001*	4,17 (1,49–13,68)	0,010*
Неврологические осложнения	4,48 (1,74–11,38)	0,002*	3,39 (1,24–9,18)	0,016*
Большие кровотечения	3,55 (1,38–8,75)	0,007*	3,22 (0,86–10,96)	0,067
Коронарная мальперфузия	4,02 (1,29–11,43)	0,011*	3,17 (0,73–12,01)	0,098
Мальперфузия внутренних органов	2,39 (0,86–6,07)	0,077		
Ишемия кишечника	3,49 (0,72–13,27)	0,082		
Частичный тромбоз ложного канала	0,33 (0,08–1,02)	0,084		
Полный тромбоз ложного канала	0,28 (0,04–1,02)	0,097		
Без осложнений	0,57 (0,23–1,32)	0,201		
Рост	0,97(0,93–1,02)	0,250		
Мужской пол	1,62 (0,68–4,33)	0,299		

Примечание: в таблицу внесены только ковариаты, показавшие влияние при однофакторном анализе (p<0,3); * p<0,05.

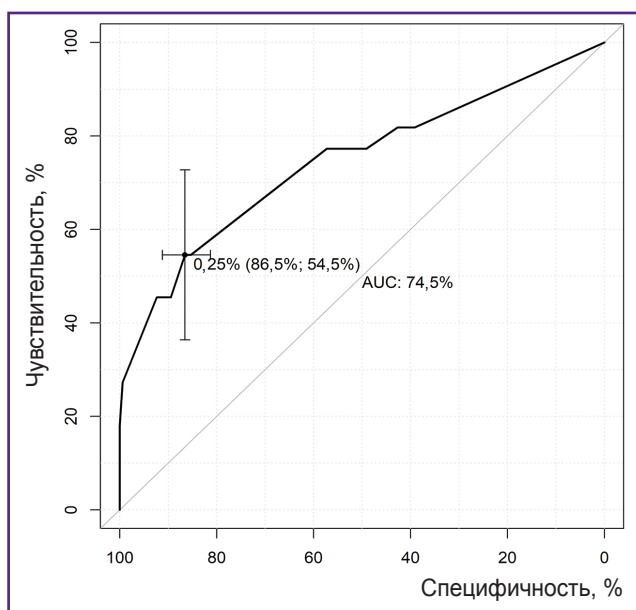


Рис. 2. ROC-кривая для многофакторной модели летальности (суммарно по всем периодам; n=193)

Для исследования прогностических свойств многофакторной модели отдаленной летальности составлена таблица соответствия (табл. 4) и рассчитаны прогностические показатели (табл. 5). Суммарное количество пациентов в многофакторной модели — 193, что на 20 пациентов меньше, чем в общей выборке из-за пропущенных данных в ковариатах.

Таблица 4

Таблица соответствия (сопряженности) многофакторной модели отдаленной летальности (абс. число случаев)

Прогноз летальности	Летальный исход		Всего
	«+»	«-»	
«+»	12	23	35
«-»	10	148	158
Всего	22	171	193

Таблица 5

Прогностические показатели многофакторной модели отдаленной летальности

Характеристика	Значение (95% CI)
Частота случаев метода	18,1 (13,0–24,3)
Фактическая частота случаев	11,4 (7,3–16,7)
Чувствительность	54,5 (32,2–75,6)
Специфичность	86,5 (80,5–91,3)

Полученный уровень значимости теста Hosmer–Lemeshow (p=0,245) свидетельствует о согласованности прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами отдаленной летальности. Комплексная метрика (AUC=74,5) демонстрирует удовлетворительное качество классификации модели (см. рис. 2).

Для определения предикторов аортосвязанных

Таблица 6

Значения ковариат в моделях логистической регрессии аортосвязанных событий в отдаленном периоде наблюдения (n=213, из них 59 случаев (27,7%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Заболевания соединительной ткани	5,72 (2,90–11,52)	<0,001*	6,68 (2,98–15,62)	<0,001*
Длительность окклюзии аорты	1,01 (1,0–1,02)	0,015*	1,01 (1,0–1,02)	0,035*
Большие кровотечения	0,22 (0,05–0,65)	0,015*	0,24 (0,05–0,88)	0,051
Имплантирование стентграфта	2,36 (1,12–4,91)	0,022*		
Имплантирование гибридного протеза	2,36 (1,12–4,91)	0,022*		
Мальперфузия брахиоцефальных артерий	0,22 (0,03–0,79)	0,047*	0,26 (0,04–1,08)	0,103
Частичный тромбоз ложного канала	1,92 (0,99–3,68)	0,050	2,39 (1,07–5,44)	0,035*
Тип А по Stanford	0,18 (0,02–0,95)	0,052		
Время циркуляторного ареста (увеличение на 1 мин)	0,98 (0,96–1,0)	0,057		
Осложненное расслоение	0,58 (0,31–1,06)	0,082		
Длительность искусственного кровообращения (увеличение на 1 мин)	1,0 (1,0–1,01)	0,101		
Пластика аортального клапана	1,74 (0,87–3,42)	0,110	2,84 (1,13–7,17)	0,026*
Протезирование корня аорты	0,53 (0,23–1,14)	0,119		
Инфаркт миокарда	0,20 (0,01–1,04)	0,124		
Ишемия нижних конечностей	0,46 (0,15–1,16)	0,127		
Восходящая аорта (увеличение на 1 мм)	1,95 (0,78–5,14)	0,161		
Полный тромбоз/облитерация ложного канала	0,58 (0,25–1,22)	0,165		
Неосложненное расслоение аорты	1,71 (0,80–3,75)	0,171		
Ишемия кишечника	0,24 (0,01–1,28)	0,176		
Подключичная канюляция	1,55 (0,72–3,37)	0,260		
Классический хирургический подход	0,72 (0,39–1,31)	0,278		

Примечание: в таблицу внесены только ковариаты, показавшие влияние при однофакторном анализе ($p < 0,3$); * $p < 0,05$.

событий был применен метод логистической регрессии для однофакторной и многофакторной модели (табл. 6). Сильное влияние на возникновение аортосвязанных событий в отдаленном периоде оказывали несколько факторов. Наличие заболеваний соединительной ткани увеличивало вероятность возникновения события в 6,68 (2,98–15,62) раза; наличие частичного тромбоза ложного канала — в 2,39 (1,07–5,44) раза. Пластика аортального клапана повышала вероятность возникновения аортосвязанных событий в 2,84 (1,13–7,17) раза, что может говорить о необходимости тщательной ревизии клапана и более частом его протезировании. Следует также отметить, что возникшие большие кровотечения в послеоперационном периоде снижали вероятность аортосвязанных событий в отдаленном периоде (0,24 (0,05–0,88) при $p = 0,051$).

Для многофакторной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности — 66% и специфичности — 79,7% (рис. 3) для порогового значения вероятности аортосвязанных событий (суммарно по всем периодам), равного 32,4%.

Для исследования прогностических свойств многофакторной модели аортосвязанных событий составлена таблица соответствия (табл. 7) и рассчитаны прогностические показатели (табл. 8). Суммарное количество пациентов в многофакторной модели — 186, что на 27 пациентов меньше, чем в общей выборке, из-за пропущенных данных в ковариатах.

Полученный уровень значимости теста Hosmer–Lemeshow ($p = 0,670$) свидетельствует о

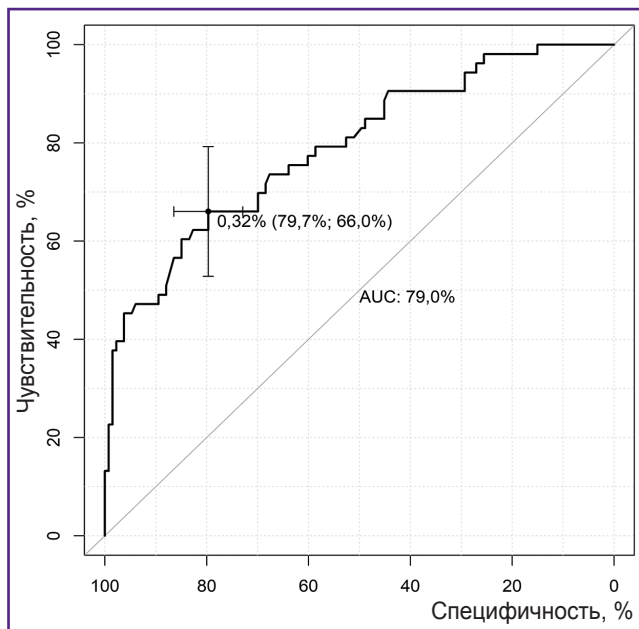


Рис. 3. ROC-кривая для многофакторной модели аортосвязанных событий (суммарно по всем периодам; n=186)

Таблица 7

Таблица соответствия (сопряженности) многофакторной модели аортосвязанных событий в отдаленном периоде наблюдения (абс. число случаев)

Прогноз аортосвязанных событий	Аортосвязанные события		Всего
	«+»	«-»	
«+»	35	27	62
«-»	18	106	124
Всего	53	133	186

Таблица 8

Прогностические показатели многофакторной модели аортосвязанных событий в отдаленном периоде наблюдения

Характеристика	Значение (95% CI)
Частота случаев метода	33,3 (26,6–40,6)
Фактическая частота случаев	28,5 (22,1–35,6)
Чувствительность	66,0 (51,7–78,5)
Специфичность	79,7 (71,9–86,2)

Таблица 9

Значения ковариат в моделях логистической регрессии полного тромбоза или облитерации в группе всех пациентов в отдаленном периоде наблюдения (n=198, из них 48 случаев (24,2%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Имплантация гибридного протеза	5,98 (2,78–13,16)	<0,001*	4,19 (1,90–9,44)	<0,001*
Имплантация непокрытого металлического стента	0,16 (0,04–0,47)	0,003*	0,17 (0,03–0,62)	0,021*
Гемиплегия	10,57 (2,34–73,99)	0,005*		
Косой агрессивный анастомоз	0,38 (0,18–0,76)	0,008*		
Заболевания соединительной ткани	2,11 (1,02–4,27)	0,040*		
Масса тела (увеличение на 1 кг)	0,98 (0,96–1,0)	0,053		
Отсутствие артериальной гипертензии	2,35 (0,96–5,69)	0,058		
Время циркуляторного ареста	1,02 (1,0–1,04)	0,062		
Коронарная мальперфузия	0,18 (0,01–0,91)	0,099	0,26 (0,01–1,49)	0,216
Бедренная канюляция	0,56 (0,28–1,11)	0,103		
Нелеченая артериальная гипертензия	0,49 (0,19–1,17)	0,124		
Пластика аортального клапана	0,50 (0,19–1,16)	0,127		
Мальперфузия внутренних органов	0,43 (0,12–1,19)	0,139		
Ишемия нижних конечностей	0,43 (0,12–1,19)	0,139		
Неврологические осложнения	0,51 (0,18–1,22)	0,155		
Подключичная канюляция	1,77 (0,80–3,96)	0,160		
Без осложнений	1,55 (0,81–3,01)	0,189		
Мальперфузия почек	0,27 (0,01–1,44)	0,214		
Мальперфузия брахиоцефальных артерий	1,80 (0,64–4,70)	0,241		
Протезирование аортального клапана	0,55 (0,18–1,43)	0,256		

Окончание табл. 9

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Синдром Марфана	1,75 (0,59–4,9)	0,292		
Мужской пол	0,70 (0,36–1,37)	0,294		

Примечание: в таблицу внесены только ковариаты, показавшие влияние при однофакторном анализе ($p < 0,3$); * $p < 0,05$.

согласованности прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами аортосвязанных событий. Комплексная метрика (AUC=79,0%) демонстрирует удовлетворительное качество классификации модели (см. рис. 3).

Проанализировано влияние факторов на возникновение тромбоза или полной облитерации ложного канала аорты у 198 пациентов (табл. 9), что на 15 меньше, чем в общей выборке, из-за пропущенных данных в целевом показателе.

Как видно из табл. 9, имплантация гибридного протеза аорты (3-я группа) является наиболее сильным предиктором тромбоза ложного канала в отдаленном периоде, увеличивая его вероятность в 4,19 (1,90–9,44) раза. Имплантация непокрытого металлического стента (2-я группа), наоборот, снижает вероятность тромбоза ложного канала в 0,17 (0,03–0,62) раза.

Для многофакторной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности — 42,6% и специфичности — 89,6% (рис. 4) для порогового значения вероятности полного

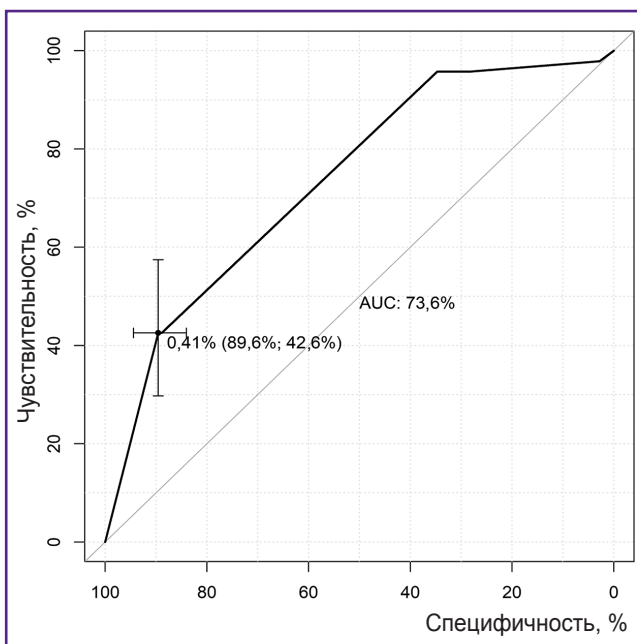


Рис. 4. ROC-кривая для многофакторной модели полного тромбоза или облитерации в отдаленном периоде (n=191)

Таблица 10

Таблица соответствия (сопряженности) многофакторной модели полного тромбоза или облитерации в отдаленном послеоперационном периоде (абс. число случаев)

Прогноз полного тромбоза или облитерации	Полный тромбоз или облитерация		Всего
	«+»	«-»	
«+»	20	15	35
«-»	27	129	156
Всего	47	144	191

Таблица 11

Прогностические показатели многофакторной модели полного тромбоза или облитерации в отдаленном послеоперационном периоде

Характеристика	Значение (95% CI)
Частота случаев метода	18,3 (13,1–24,6)
Фактическая частота случаев	24,6 (18,7–31,3)
Чувствительность	42,6 (28,3–57,8)
Специфичность	89,6 (83,4–94,1)

тромбоза облитерации в послеоперационном периоде, равного 40,9%. Используя полученное пороговое значение, прогнозировали полный тромбоз/облитерацию ложного канала аорты.

Для исследования прогностических свойств многофакторной модели полного тромбоза или облитерации в отдаленном послеоперационном периоде составлена таблица соответствия (табл. 10) и рассчитаны прогностические показатели (табл. 11). Суммарное количество пациентов в многофакторной модели — 191, что на 22 пациента меньше, чем в общей выборке, из-за пропущенных данных в ковариатах.

Полученный уровень значимости теста Hosmer-Lemeshow ($p=0,007$) свидетельствует о несогласованности прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами полного тромбоза или облитерации в отдаленном послеоперационном периоде. Комплексная метрика (AUC=73,6%) демонстрирует удовлетворительное качество классификации модели (см. рис. 4).

Таблица 12

Значения ковариат в моделях логистической регрессии увеличения диаметров на уровне всех отделов аорты у пациентов в отдаленном периоде наблюдения (n=213, из них 101 случай (47,4%))

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Полный тромбоз/облитерация ложного канала	0,31 (0,15–0,62)	0,001*	0,27 (0,12–0,59)	0,001*
Мальперфузия брахиоцефальных артерий	0,27 (0,09–0,71)	0,013*	0,30 (0,08–0,97)	0,057
Осложненное расслоение	0,53 (0,30–0,91)	0,021*	0,59 (0,30–1,15)	0,121
Частичный тромбоз/облитерация ложного канала	2,01 (1,08–3,8)	0,029*		
Неврологические осложнения	0,45 (0,21–0,93)	0,035*	0,30 (0,12–0,72)	0,008*
Двустворчатый аортальный клапан	0,23 (0,03–0,94)	0,067		
Гемиплегия	0,15 (0,01–0,86)	0,078		
Тип А по Stanford	0,17 (0,01–1,10)	0,112		
Протезирование корня аорты	0,59 (0,30–1,14)	0,120		
Большие кровотечения	0,57 (0,26–1,21)	0,153		
Коронарное шунтирование	0,36 (0,05–1,59)	0,214	0,19 (0,03–0,93)	0,057
Тампонада сердца	0,69 (0,36–1,29)	0,244		
Неосложненное расслоение аорты	1,51 (0,76–3,05)	0,244		
Косой агрессивный анастомоз	0,73 (0,42–1,26)	0,264	0,56 (0,28–1,11)	0,100

Примечание: в таблицу внесены только ковариаты, показавшие влияние при однофакторном анализе ($p < 0,3$); * $p < 0,05$.

Для определения предикторов увеличения диаметра дуги нисходящего отдела грудной аорты четыре ее сегмента (дуга аорты и три сегмента нисходящего грудного отдела) рассматривали как единый отдел. Для определения предикторов увеличения диаметра дуги брюшного отдела аорты два ее сегмента (брюшной и инфраренальный) также рассматривали как единый отдел. Проведен однофакторный, а затем многофакторный полный и оптимальный анализ предикторов (табл. 12).

При однофакторном анализе обнаружено несколько статистически значимых предикторов расширения аорты. При построении многофакторной модели наиболее сильным предиктором, снижающим вероятность развития расширения торакоабдоминального отдела аорты, оказался полный тромбоз или облитерация ложного канала. Этот предиктор уменьшал вероятность события в 0,27 (0,12–0,59) раза ($p=0,001$). Другим неожиданным сильным предиктором, уменьшающим вероятность расширения аорты, послужило развитие неврологических осложнений в послеоперационном периоде (0,30 (0,12–0,72) при $p=0,008$).

Для многофакторной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности — 84,8% и специфичности — 47,5% (рис. 5) для порогового значения вероятности увеличения диаметров на уровне всех отделов аорты, равного

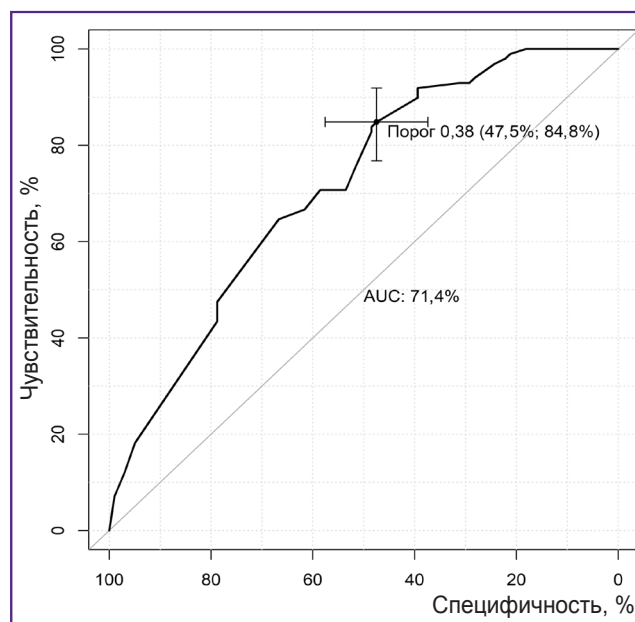


Рис. 5. ROC-кривая для многофакторной модели увеличения диаметров в отдаленном периоде на каком-либо уровне всех отделов аорты (n=198)

38,1%. Используя полученное пороговое значение, прогнозировали увеличение диаметра аорты на каком-либо уровне.

Таблица 13

Таблица соответствия (сопряженности) многофакторной модели увеличения диаметров в отдаленном периоде на каком-либо уровне всех отделов аорты (абс. число случаев)

Прогноз увеличения диаметров на уровне всех отделов аорты	Увеличение диаметров на уровне всех отделов аорты		Всего
	«+»	«-»	
«+»	84	52	136
«-»	15	47	62
Всего	99	99	198

Таблица 14

Прогностические показатели многофакторной модели увеличения диаметров на каком-либо уровне всех отделов аорты в отдаленном периоде наблюдения

Характеристика	Значение (95% CI)
Частота случаев метода	68,7 (61,7–75,1)
Фактическая частота случаев	50,0 (42,8–57,2)
Чувствительность	84,8 (76,2–91,3)
Специфичность	47,5 (37,3–57,8)

Для исследования прогностических свойств многофакторной модели увеличения диаметров на каком-либо уровне всех отделов аорты составлена таблица соответствия (табл. 13) и рассчитаны прогностические показатели (табл. 14). Суммарное количество пациентов в многофакторной модели — 198, что на 15 меньше, чем в общей выборке, из-за пропущенных данных в ковариатах.

Полученный уровень значимости теста Hosmer–Lemeshow ($p=0,147$) свидетельствует о согласованности прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами увеличения диаметров на уровне всех отделов. Комплексная метрика (AUC=71,4%) демонстрирует удовлетворительное качество классификации модели (см. рис. 5).

Обсуждение

За последние несколько десятилетий споры о выборе объема хирургического вмешательства при лечении расслоения аорты I типа сосредоточились на том, должна ли первичная реконструкция проксимального расслоения ограничиваться пределами восходящего отдела и дуги аорты. Очевидно, что госпитальная выживаемость при первичном вмешательстве не гарантирует свободы от развития аортосвязанных событий, требующих выполнения повторных хирургических вмешательств, поскольку

ку большинство пациентов, переживших первичную коррекцию расслоения аорты, имеют персистирующую расслоенную часть аорты и/или наличие дистальной фенестрации [16].

В ряде исследований [4, 17] показано, что расширенный объем первичной реконструкции проксимального расслоения в виде протезирования дуги аорты снижает частоту поздних аортальных осложнений и улучшает долгосрочную выживаемость, в то же время имеются сообщения о том, что полная замена дуги аорты не устраняет необходимости в повторных операциях и не снижает отдаленную летальность. Так, M. Larsen с соавт. [18], проанализировав отдаленные результаты 334 пациентов, перенесших операцию полной замены дуги аорты, и 907 hemiarch-реконструкций, не обнаружили различий в общей 5-летней выживаемости (73,1% против 69,4%; $p=0,83$). В нашем исследовании при анализе влияния типа выполненного вмешательства на летальность также не выявлено сильных связей между этими показателями в отдаленном периоде наблюдения.

Для определения предикторов летальности в отдаленном периоде (в течение пяти лет) применен метод логистической регрессии. Выявлено, что наличие неврологических осложнений в послеоперационном периоде увеличивает вероятность летальности в 3,39 (1,24–9,18) раза, а наличие полностью проходимого канала — в 4,17 (1,49–13,68) раза. Наши результаты согласуются с данными S. Olsson и соавт. [19], которые сообщают о сильном влиянии неврологических осложнений на выживаемость пациентов с расслоением аорты.

Повторные операции на аорте у пациентов, переживших острый период расслоения, не являются редкостью. В исследовании M. Kirsch с соавт. [20] актуарная свобода от повторных операций составила $60,8 \pm 6,8\%$ через 10 лет, в работе K. Fattouch с соавт. [21] — 81,3% в течение 10 лет. J.B. Kim с соавт. [22] было показано, что частота повторных операций не зависит от типа реконструкции дуги аорты: пятилетняя свобода от повторных операций составила 88% в группе полной замены дуги аорты и 92,8% — в группе hemiarch-реконструкции.

Анализ предикторов развития аортосвязанных событий после выполнения первичной реконструкции показал, что заболевания соединительной ткани увеличивали вероятность возникновения событий в 6,68 (2,98–15,62) раза. Полученные нами результаты соответствуют ранее опубликованным данным о влиянии дисплазии соединительной ткани на частоту возникновения аортосвязанных событий в отдаленном периоде [21, 23]. K. Fattouch с соавт. [21] обнаружили статистически значимую разницу между пациентами с синдромом Марфана и без в степени облитерации ложного канала. Согласно регрессионному анализу Кокса, проведенному авторами, наличие синдрома Марфана являлось предиктором позднего повторного хирургического вмешательства на нисходящем отделе аорты.

Еще одним важным фактором продолжающегося патологического ремоделирования аорты и развития неблагоприятного исхода в отдаленном периоде является наличие проходимого ложного канала [24–26]. В ряде работ показано [27, 28], что проходимость ложного канала сохранялась в 26,5–39,4% случаев после первого этапа реконструкции. В ходе проведенного нами исследования выявлено, что наличие частичного тромбоза ложного канала увеличивает вероятность развития события в 2,39 (1,07–5,44) раза.

Тромбоз ложного канала — чрезвычайно важный фактор, влияющий на уровень летальности в отдаленном периоде наблюдения. В исследовании T.T. Tsai с соавт. [29] частичный тромбоз ложного просвета был ключевым предиктором смертности (относительный риск — 2,69; 95% CI: 1,45–4,98; $p=0,002$). Согласно нашим результатам, имплантация гибридного протеза является сильным предиктором полного тромбоза ложного канала, увеличивая вероятность события в 4,19 (1,90–9,44) раза, а имплантация непокрытого металлического стента оказывает отрицательное влияние на возникновение тромбоза, уменьшая его вероятность в 0,17 (0,03–0,62) раза. Это согласуется с данным о том, что имплантация гибридного протеза оказывает положительное влияние на ремоделирование просвета аорты [17], однако факт отрицательного влияния имплантации голометаллического стента на ремоделирование выявлен впервые.

Поскольку именно наличие патентного ложного канала определяет риск последующего расширения аорты, одним из основных критериев, влияющих на принятие решения о необходимости выполнения вмешательства на аорте, является увеличение ее диаметра (на 5 см и более) или скорость расширения (по данным последовательных исследований — более 5 мм за 6 мес наблюдения). Так, R. Fattori с соавт. [24] и J.C. Halstead с соавт. [30] обнаружили, что ежегодная скорость роста аорты была максимальна в нисходящем отделе аорты и значительно выше — у пациентов с открытым ложным просветом; средняя скорость роста составила 1 мм/год. Изначальные размеры аорты также имели значение для исходов хирургической реконструкции расслоения аорты. K. Fattouch с соавт. [21] отмечено, что первоначальный диаметр нисходящей аорты больше 4,5 см является предиктором позднего повторного вмешательства (отношение рисков (HR) — 5,8; 95% CI: 3,5–22,5; $p=0,002$).

В нашем исследовании наиболее сильным предиктором, уменьшающим вероятность развития расширения всех отделов аорты, оказалось наличие полного тромбоза или облитерации ложного канала, что уменьшало вероятность события в 0,27 (0,12–0,59) раза ($p=0,001$). Другим неожиданным сильным предиктором, определяющим вероятность расширения аорты, являлось развитие неврологических осложнений в послеоперационном периоде, что увеличивало вероятность события в 0,30 (0,12–0,72) раза ($p=0,008$). Это

можно объяснить тем, что большинство неврологических событий при расслоении аорты были связаны именно с усложнением и удлинением вмешательства на дуге аорты, что в свою очередь увеличивало риск неврологических осложнений, а также вероятность тромбоза или облитерации ложного канала. При анализе данных для грудного отдела аорты тромбоз или облитерация ложного канала также показали значительное влияние на уменьшение количества аортосвязанных событий в отдаленном периоде в 0,11 (0,03–0,28) раза, ($p<0,001$).

Ограничение исследования. Все рассчитанные нами модели имеют удовлетворительное качество предсказания событий летальности, аортосвязанных событий, тромбоза ложного канала и увеличения диаметра аорты. Однако следует понимать, что на возникновение этих событий могут влиять и другие (неучтенные) факторы. Так, например, на отдаленные показатели летальности могут воздействовать мультифокальный атеросклероз, нарушения ритма сердца или ишемическая болезнь сердца, онкологические заболевания, поэтому для уточнения прогностических моделей требуется дальнейшее изучение нелинейных связей ковариат и их пересечений.

Заключение

В результате ретроспективного обсервационного сравнительного исследования эффективности различных видов реконструкции проксимального отдела аорты и влияния различных факторов на результат доказано отрицательное влияние имплантации голометаллических стентов на процесс послеоперационного ремоделирования аорты. При этом вид вмешательства не оказывал влияния на частоту развития аортосвязанных событий и летальность в отдаленном периоде наблюдения.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта №22-15-20005 (Соглашение №22-15-20005 от 22.03.2022 с Российским научным фондом, Соглашение №р-12 от 06.04.2022 с Министерством науки и инновационной политики НСО).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Fann J.I., Smith J.A., Miller D.C., Mitchell R.S., Moore K.A., Grunkemeier G., Stinson E.B., Oyer P.E., Reitz B.A., Shumway N.E. Surgical management of aortic dissection during a 30-year period. *Circulation* 1995; 92(9 Suppl): II113–II121, <https://doi.org/10.1161/01.cir.92.9.113>.
2. Kawahito K., Adachi H., Yamaguchi A., Ino T. Early and late surgical outcomes of acute type A aortic dissection in patients aged 75 years and older. *Ann Thorac Surg* 2000; 70(5): 1455–1459, [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(00\)01934-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(00)01934-2).
3. Sinatra R., Melina G., Pulitani I., Fiorani B., Ruvolo G.,

Marino B. Emergency operation for acute type A aortic dissection: neurologic complications and early mortality. *Ann Thorac Surg* 2001; 71(1): 33–38, [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(00\)01824-5](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(00)01824-5).

4. Kazui T., Yamashita K., Washiyama N., Terada H., Bashar A.H., Suzuki T., Ohkura K. Impact of an aggressive surgical approach on surgical outcome in type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2002; 74(5): S1844–S1863, [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04155-3](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04155-3).

5. Evangelista A., Isselbacher E.M., Bossone E., Gleason T.G., Eusanio M.D., Sechtem U., Ehrlich M.P., Trimarchi S., Braverman A.C., Myrmet T., Harris K.M., Hutchinson S., O’Gara P., Suzuki T., Nienaber C.A., Eagle K.A.; IRAD Investigators. Insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection: a 20-year experience of collaborative clinical research. *Circulation* 2018; 137(17): 1846–1860, <https://doi.org/10.1161/circulationaha.117.031264>.

6. Хван Д.С., Жульков М.О., Сирота Д.А., Фомичев А.В., Чернявский А.М. Реконструкция корня аорты при остром расслоении типа А. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия* 2021; 14(1): 66–70, <https://doi.org/10.17116/kardio20211401166>.

Khvan D.S., Zhulkov M.O., Sirota D.A., Fomichev A.V., Chernyavskiy A.M. Aortic root repair in acute aortic dissection type A. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya* 2021; 14(1): 66–70, <https://doi.org/10.17116/kardio20211401166>.

7. Сирота Д.А., Хван Д.С., Ляшенко М.М., Альсов С.А., Жульков М.О., Чернявский А.М. Применение непокрытых металлических стентов в хирургии расслоения аорты. *Ангиология и сосудистая хирургия* 2018; 24(4): 110–116.

Sirota D.A., Khvan D.S., Lyashenko M.M., Alsov S.A., Zhulkov M.O., Chernyavskiy A.M. Use of uncoated metal stents in surgery of aortic dissection. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya* 2018; 24(4): 110–116.

8. Suzuki T., Asai T., Kinoshita T. Predictors for late reoperation after surgical repair of acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2018; 106(1): 63–69, <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.01.071>.

9. Uchida N., Katayama A., Tamura K., Sutoh M., Kuraoka M., Ishihara H. Frozen elephant trunk technique and partial remodeling for acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011; 40(5): 1066–1071, <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.02.074>.

10. Borst H.G., Walterbusch G., Schaps D. Extensive aortic replacement using “elephant trunk” prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 31(1): 37–40, <https://doi.org/10.1055/s-2007-1020290>.

11. Greenberg R.K., Lu Q., Roselli E.E., Svensson L.G., Moon M.C., Hernandez A.V., Dowdall J., Cury M., Francis C., Pfaff K., Clair D.G., Ouriel K., Lytle B.W. Contemporary analysis of descending thoracic and thoracoabdominal aneurysm repair: a comparison of endovascular and open techniques. *Circulation* 2008; 118(8): 808–817, <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.769695>.

12. Tsagakis 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.semctvs.2019.05.038>.

13. Messé S.R., Bavaria J.E., Mullen M., Cheung A.T., Davis R., Augoustides J.G., Gutsche J., Woo E.Y., Szeto W.Y., Pochettino A., Woo Y.J., Kasner S.E., McGarvey M. Neurologic outcomes from high risk descending thoracic and thoracoabdominal aortic operations in the era of endovascular

repair. *Neurocrit Care* 2008; 9(3): 344–351, <https://doi.org/10.1007/s12028-008-9104-9>.

14. Czerny M., Stöhr S., Aymard T., Sodeck G.H., Ehrlich M., Dziudzio T., Juraszek A., Carrel T. Effect on false-lumen status of a combined vascular and endovascular approach for the treatment of acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012; 41(2): 409–413, <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.05.063>.

15. Acheampong D.O., Paul P., Boateng P., Leitman I.M. Predictors and outcomes of cardiac events following thoracic endovascular aortic repair in descending thoracic aortic aneurysm and dissection. *Aorta (Stamford)* 2020; 8(1): 6–13, <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701606>.

16. Zierer A., Voeller R.K., Hill K.E., Kouchoukos N.T., Damiano R.J. Jr., Moon M.R. Aortic enlargement and late reoperation after repair of acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2007; 84(2): 479–487, <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.03.084>.

17. Sun L., Qi R., Zhu J., Liu Y., Zheng J. Total arch replacement combined with stented elephant trunk implantation: a new “standard” therapy for type a dissection involving repair of the aortic arch? *Circulation* 2011; 123(9): 971–978, <https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.015081>.

18. Larsen M., Trimarchi S., Patel H.J., Di Eusanio M., Greason K.L., Peterson M.D., Fattori R., Hutchison S., Desai N.D., Korach A., Montgomery D.G., Isselbacher E.M., Nienaber C.A., Eagle K.A., Bartnes K., Myrmet T. Extended versus limited arch replacement in acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 52(6): 1104–1110, <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx214>.

19. Olsson C., Hillebrant C.G., Liska J., Lockowandt U., Eriksson P., Franco-Cereceda A. Mortality and reoperations in survivors operated on for acute type A aortic dissection and implications for catheter-based or hybrid interventions. *J Vasc Med Biol* 2013; 25(2): 333–339, <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.12.078>.

20. Kirsch M., Soustelle C., Houël R., Hillion M.L., Loisanec D. Risk factor analysis for proximal and distal reoperations after surgery for acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123(2): 318–325, <https://doi.org/10.1016/j.mtc.2002.11.9702>.

21. Fattouch K., Sampognaro R., Navarra E., Caruso M., Pisano C., Coppola G., Speciale G., Ruvolo G. Long-term results after repair of type a acute aortic dissection according to false lumen patency. *Ann Thorac Surg* 2009; 88(4): 1244–1250, <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.06.055>.

22. Kim J.B., Chung C.H., Moon D.H., Ha G.J., Lee T.Y., Jung S.H., Choo S.J., Lee J.W. Total arch repair versus hemiarch repair in the management of acute DeBakey type I aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011; 40(4): 881–889, <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.12.035>.

23. Чарчян Э.Р., Аbugov С.А., Хачатрян З.Р., Пурецкий М.В., Ховрин В.В., Скворцов А.А., Белов Ю.В. Особенности течения послеоперационного периода у пациентов с расслоением аорты I типа по DeBakey: критерии оценки ремоделирования аорты и факторов риска прогрессирования заболевания. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2019; 5: 6–17, <https://doi.org/10.17116/hirurgia20190516>.

Charchyan E.R., Abugov S.A., Khachatryan Z.R., Puresky M.V., Khovrin V.V., Skvortsov A.A., Belov Yu.V. Postoperative care in patients with DeBakey type I aortic

dissection: criteria of aortic remodeling and risk factors of disease progression. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova* 2019; 5: 6–17, <https://doi.org/10.17116/hirurgia20190516>.

24. Fattori R., Bacchi-Reggiani L., Bertaccini P., Napoli G., Fusco F., Longo M., Pierangeli A., Gavelli G. Evolution of aortic dissection after surgical repair. *Am J Cardiol* 2000; 86(8): 868–872, [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(00\)01108-5](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(00)01108-5).

25. Ryłski B., Milewski R.K., Bavaria J.E., Vallabhajosyula P., Moser W., Szeto W.Y., Desai N.D. Long-term results of aggressive hemiarch replacement in 534 patients with type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 148(6): 2981–2985, <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.05.093>.

26. Ryłski B., Hahn N., Beyersdorf F., Kondov S., Wolkewitz M., Blanke P., Plonek T., Czerny M., Siepe M. Fate of the dissected aortic arch after ascending replacement in type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 51(6): 1127–1134, <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx062>.

27. Song S.W., Chang B.C., Cho B.K., Yi G., Youn Y.N., Lee S., Yoo K.J. Effects of partial thrombosis on distal aorta

after repair of acute DeBakey type I aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139(4): 841–847.e1, <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.12.007>.

28. Kirsch M., Legras A., Bruzzi M., Louis N. Fate of the distal aorta after surgical repair of acute DeBakey type I aortic dissection: a review. *Arch Cardiovasc Dis* 2011; 104(2): 125–130, <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2010.11.009>.

29. Tsai T.T., Evangelista A., Nienaber C.A., Myrmet T., Meinhardt G., Cooper J.V., Smith D.E., Suzuki T., Fattori R., Llovet A., Froehlich J., Hutchison S., Distant A., Sundt T., Beckman J., Januzzi J.L. Jr., Isselbacher E.M., Eagle K.A.; International Registry of Acute Aortic Dissection. Partial thrombosis of the false lumen in patients with acute type B aortic dissection. *N Engl J Med* 2007; 357(4): 349–359, <https://doi.org/10.1056/nejmoa063232>.

30. Halstead J.C., Meier M., Etz C., Spielvogel D., Bodian C., Wurm M., Shahani R., Griep R.B. The fate of the distal aorta after repair of acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 133(1): 127–135.e1, <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.07.043>.