<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-101-107>
УДК 616.12-008.313.2-02-092

Первые результаты хирургической реконструкции аорты с применением отечественного гибридного стент-графта «МедИнж»

Б.Н. Козлов, Д.С. Панфилов, Д.В. Манвелян, Э.Л. Сондуев, В.В. Затолокин, К.А. Петлин

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, 634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

Аннотация

Цель: проанализировать ранние клинические результаты операции «замороженный хобот слона» с использованием отечественного гибридного стент-графта «МедИнж» (Пенза, Россия).

Материал и методы. В период с сентября 2019 г. по сентябрь 2020 г. 12 пациентам была проведена хирургическая реконструкция грудной аорты с имплантацией гибридного стент-графта «МедИнж». Все вмешательства проводили в условиях умеренной гипотермии (25–28 °С) и антеградной унилатеральной перфузии головного мозга через брахиоцефальный ствол.

Результаты. Технический успех операции был достигнут в 100% случаев. В раннем послеоперационном периоде не было случаев острого нарушения мозгового кровообращения, эпизодов делирия и параплегии. Не было потребности в проведении рестернотомии по поводу кровотечения. Необходимость в продленной респираторной поддержке была отмечена в 2 (16,7%) случаях. Одному (8,3%) пациенту потребовалось проведение заместительной почечной терапии по поводу острого почечного повреждения. Госпитальная летальность достигла 16,7%.

Выводы. Хирургическая реконструкция грудной аорты с использованием гибридного стент-графта «МедИнж» характеризуется удовлетворительными клиническими результатами в раннем послеоперационном периоде.

Ключевые слова:	грудная аорта, операция «замороженный хобот слона», ранний послеоперационный период.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
Соответствие принципам этики:	информированное согласие получено от каждого пациента. Исследование одобрено этическим комитетом Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (протокол № 167 от 14.02.2019 г.).
Для цитирования:	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». <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2021;36(1):101–107. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-101-107 .

The first results of surgical reconstruction of the aorta using the domestic aortic hybrid stent-graft MedEng

Boris N. Kozlov, Dmitriy S. Panfilov, David V. Manvelyan, Erdeni L. Sonduev, Vasiliy V. Zatolokin, Konstantin A. Petlin

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,
111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

Abstract

Objective. To analyze the early clinical results of frozen elephant trunk repair using the domestic hybrid stent-graft MedEng (Penza, Russia).

Material and Methods. From September, 2019 to September, 2020, a total of 12 patients underwent surgical reconstruction of the thoracic aorta with an implantation of the MedEng hybrid stent-graft. All interventions were performed under conditions of moderate hypothermia (25–28 °C) and antegrade unilateral cerebral perfusion through the brachiocephalic trunk.

Results. The technical success of the operation was achieved in 100% of cases. In the early postoperative period, there were no cases of acute cerebrovascular accidents, episodes of delirium, and paraplegia. There was no need for a re-sternotomy for bleeding. The extended respiratory support was required in two cases (16.7%). One patient (8.3%) required renal replacement therapy for acute renal injury. Hospital mortality rate reached 16.7%.

Conclusion. Surgical reconstruction of the thoracic aorta using the MedEng hybrid stent-graft was characterized by satisfactory clinical results in the early postoperative period.

Keywords:	thoracic aorta, frozen elephant trunk, early postoperative period.
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.
Adherence to ethical standards:	informed consent was obtained from all patients. The study was approved by the Ethics Committee of Cardiology Research Institute of Tomsk NRMС (protocol No. 167 from 14.02.2019).
For citation:	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. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2021;36(1):101–107. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-101-107 .

Актуальность

Возможности хирургической коррекции заболеваний грудной аорты за последнее время значительно расширились и на сегодняшний день включают классические открытые, эндоваскулярные и гибридные варианты [1]. Традиционные одно- или двухэтапные оперативные вмешательства протезирования грудного и торакоабдоминального отделов аорты являются наиболее радикальными методами коррекции, но связаны с высоким риском периоперационных осложнений, длительным периодом послеоперационной реабилитации, а также высокой интервальной смертностью [1]. Эндоваскулярная коррекция в противоположность традиционным методам выгодно отличается меньшей инвазивностью и травматичностью, однако сопровождается высоким риском cerebrovascularных осложнений вследствие внутрисосудистых манипуляций [2].

Сочетание открытого и эндоваскулярного подходов позволило внедрить в практику принципиально новый вид хирургической реконструкции «замороженный хобот слона» (frozen elephant trunk – FET) [3]. Данный подход обеспечивает более радикальное хирургическое вмешательство и в ряде случаев позволяет провести одноэтапную реконструкцию грудной аорты [1, 4]. При этапном

лечении FET обеспечивает стабильную и удобную платформу для дальнейших эндоваскулярных процедур [5, 6]. В случаях расслоения аорты технология «замороженный хобот слона» способствует протяженному тромбозу ложного просвета аорты за счет исключения его из кровотока [7]. Это оказывает положительное влияние на позитивное ремоделирование дистальных отделов аорты [6–10], что способствует сокращению дистальных аортальных реинтервенций.

Цель работы: анализ ранних клинических результатов операции «замороженный хобот слона» с использованием первого отечественного гибридного стент-графта «МедИнж».

Материал и методы

В период сентября 2019 г. по сентябрь 2020 г. 12 пациентам (9 мужчинам и 3 женщинам) была проведена гибридная реконструкция грудной аорты по методике FET с использованием стент-графта «МедИнж». В 3 (25%) случаях операция выполнялась по поводу аневризмы дуги аорты, в 9 (75%) случаях показанием для вмешательства было расслоение аорты. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1. Исследование одобрено локальным этическим комитетом, пациенты были

включены в исследование после подписания информированного согласия.

Таблица 1. Предоперационные данные

Table 1. Preoperative data

Показатели Parameters	Пациенты (n = 12) Patients (n = 12)
Возраст, лет Age, years	55,4 ± 12,1
Мужской пол, n (%) Male gender, n (%)	9 (75)
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	30,8 ± 5,6
Площадь поверхности тела, м ² Body surface area, m ²	2,07 ± 0,2
Аневризма аорты, n (%) Aortic aneurysm, n (%)	3 (25)
Острое расслоение аорты, n (%) Acute aortic dissection, n (%)	4 (33,3)
Хроническое расслоение аорты, n (%) Chronic aortic dissection, n (%)	5 (41,7)
Артериальная гипертония, n (%) Essential hypertension, n (%)	10 (83,3)
Ишемическая болезнь сердца, n (%) Ischemic heart disease, n (%)	3 (25)
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/L	102 [87; 115]
Сахарный диабет, n (%) Diabetes mellitus, n (%)	1 (8,3)
Фракция выброса левого желудочка, % Left ventricular ejection fraction, %	62 [57; 64]

Характеристика гибридного стент-графта

Гибридный стент-графт «МедИнж» состоит из саморасширяющегося нитинолового стент-графта, соединенного с желатинизированным дакроновым протезом, имеющим дополнительную браншу для перфузии (10 мм). На границе протеза и стент-графта имеется дакроновая «юбка» для формирования дистального аортального анастомоза. Гибридный стент-графт доступен в нескольких размерах (26–40 мм), при этом диаметр нестентированной части всегда соответствует диаметру стентированной порции. Длина стентированной части гибридного протеза составляет 130 или 150 мм (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид стент-графта «МедИнж»
Fig. 1. Image of the MedEng stent-graft

Комплектация стент-графта включает также систему доставки, состоящую из рукоятки, спицы и нити, фиксирующей стент-графт в сжатом положении. Раскрытие стент-графта осуществляется путем вытягивания спицы. Таким образом распутывается нить, фиксирующая стент-графт. Стент-графт автоматически расширяется в просвете аорты в течение нескольких секунд.

Техника оперативного вмешательства

Доступом из срединной стернотомии выделяют восходящий отдел, дугу аорты и супрааортальные сосуды. В качестве артериального порта для искусственного кровообращения и антеградной перфузии головного мозга нами используется брахиоцефальный ствол. После подключения искусственного кровообращения по схеме «правое предсердие – брахиоцефальный ствол» накладывают зажим на аорту, инициируют сердечный арест, одновременно обеспечивая охлаждение тела пациента до температуры 25–28 °С. По достижении целевой температуры тела начинают циркуляторный арест с унilaterальной перфузией головного мозга со скоростью перфузии 8–10 мл/кг/мин и перфузионным давлением 60–80 мм рт. ст. После этого открывают просвет дуги аорты, проводят ревизию аорты (при расслоении верифицируют истинный и ложный каналы аорты) и антеградно погружают гибридный стент-графт в нисходящий отдел аорты (при расслоении – в истинный канал аорты). Затем извлекают систему доставки стент-графта и осуществляют шовную фиксацию проксимальной части стент-графта к стенке аорты.

Целевым уровнем формирования дистального аортального анастомоза является зона за левой подключичной артерией – Z3 (по классификации S. Ishimaru) [12]. Однако в ряде случаев возможно формирование дистального анастомоза с аортой более проксимально (Z0–Z2). По завершении дистального аортального анастомоза в дополнительную браншу гибридного стент-графта устанавливают дополнительную артериальную канюлю и возобновляют искусственное кровообращение с расчетной объемной скоростью, одновременно согревая пациента до температуры 36 °С. На этом фоне выполняют реимплантацию сосудов дуги аорты в протез. По завершении этого этапа восстанавливают билатеральную перфузию головного мозга.

В последнюю очередь выполняют реконструкцию проксимальных отделов аорты. При необходимости выполняют сочетанные вмешательства на корне аорты, клапанном аппарате сердца и коронарных артериях.

Выбор диаметра гибридного стент-графта при имплантации

Необходимый диаметр гибридного стент-графта подбирали, ориентируясь на данные предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и интраоперационного измерения металлическим калибром.

При аневризмах диаметр стент-графта подбирали, исходя из диаметра аорты дистальнее аневризмы. В этих случаях при имплантации устройства допускали небольшое превышение размера стент-графта по отношению к диаметру аорты пациента (не более 10%).

При остром расслоении выбор необходимого стент-графта основывался на общем диаметре нисходящей аорты на уровне бифуркации легочного ствола. У этих пациентов стремились точно подбирать размер стент-графта, без оверсайзинга.

При хроническом расслоении измеряли общий и истинный просветы нисходящей аорты на уровне бифуркации легочного ствола. В этих случаях оптимальный диаметр стент-графта соответствовал диаметру истинного канала нисходящей аорты на уровне бифуркации легочного ствола. Оверсайзинг у этой категории пациентов нежелателен.

В послеоперационном периоде всем пациентам, перенесшим оперативное вмешательство, проводили МСКТ с контрастированием.

Все статистические расчеты проводили в программе STATISTICA 10 (StatSoft Inc., США) и Medcalc 14.8.1 (Medcalc Software, Бельгия). Структурированный сбор данных для исследования осуществляли в электронные таблицы. Эмпирические распределения данных испытывали на согласие с законом нормального распределения по критериям Шапиро – Уилка. Для показателей, характеризующих качественные признаки, указывали абсолютное число (n) и относительную величину (%). Количественные показатели, подчиняющиеся нормальному закону распределения, описывали с помощью среднего значения (M) и стандартного отклонения ($\pm SD$). При неизвестном законе распределения данных дескриптивные характеристики были представлены в виде медианы (Me) [первый квартиль, третий квартиль] для числовых данных.

Результаты

Интраоперационные характеристики, сопутствующие вмешательству представлены в таблице 2.

Таблица 2. Интраоперационные данные
Table 2. Intraoperative data

Показатели Parameters	Пациенты ($n = 12$) Patients ($n = 12$)
Время искусственного кровообращения, мин Cardiopulmonary bypass time, min	213,4 $\pm$ 62,5
Время кардиального ареста, мин Cardiac arrest time, min	180,4 $\pm$ 36,1
Время циркуляторного ареста, мин Circulatory arrest time, min	29,4 $\pm$ 6,5
Время антеградной перфузии головного мозга, мин Antegrade cerebral perfusion time, min	84,7 $\pm$ 25,3
Общее время операции, мин Total operation time, min	469 $\pm$ 158,6
Особенности имплантации гибридного стент-графта Features of hybrid stent-graft implantation	
Имплантация графта в Z0 Graft implantation in Z0	2 (16,7)
Имплантация графта в Z1 Graft implantation in Z1	1 (8,3)
Имплантация графта в Z2 Graft implantation in Z2	3 (25)
Имплантация графта в Z3 Graft implantation in Z3	6 (50)
Диаметр имплантируемого стент-графта, мм Implantable stent-graft diameter, mm	28 $\pm$ 1,7
Длина стентированной части гибридного стент-графта (150 мм) Length of stented part of hybrid stent-graft (150 mm)	12 (100)
Реконструкция супрааортальных сосудов Reconstruction of supra-aortic vessels	
Островковая техника, n (%) Island technology, n (%)	4 (33,3)
Островковая техника (БЦС и ЛОСА) + протезирование левой подключичной артерии, n (%) Insular technique (BCT and LCCA) + prosthetics of the left subclavian artery, n (%)	2 (16,7)

Окончание табл. 2
End of table 2

Показатели Parameters	Пациенты ($n = 12$) Patients ($n = 12$)
Дебранширование супрааортальных сосудов, n (%) Debranching of supra-aortic vessels, n (%)	6 (50)
Сочетанные операции Combined operations	
Аортокоронарное шунтирование, n (%) Coronary artery bypass grafting, n (%)	4 (33,3)
Протезирование аортального клапана, n (%) Aortic valve replacement, n (%)	1 (8,3)
Процедура Bentall-DeBono, n (%) Bentall-DeBono procedure, n (%)	1 (8,3)

Примечание: БЦС – брахиоцефальный ствол, ЛОСА – левая общая сонная артерия.

Note: BCT – brachiocephalic trunk, LCCA – left common carotid artery.

Технический успех операции был достигнут в 100% случаев. Не было отмечено случаев острого нарушения мозгового кровообращения, эпизодов делирия и параличей. Не было потребности в проведении рестернотомии по поводу кровотечения. Средний объем кровопотери по дренажам после операции составил 595 $\pm$ 224 мл. Необходимость в продленной искусственной вентиляции легких была отмечена в 2 (16,7%) случаях. Одному (8,3%) пациенту потребовалось проведение заместительной почечной терапии по поводу острого почечного повреждения. Госпитальная летальность достигла 16,7% (2 случая). В обоих случаях причиной смерти был геморрагический шок на фоне нарушений функции системы свертывания крови (табл. 3).

Таблица 3. Результаты раннего послеоперационного периода
Table 3. Results of the early postoperative period

Показатели Parameters	Пациенты ($n = 12$) Patients ($n = 12$)
Делирий, n (%) Delirium, n (%)	0
Инсульт, n (%) Stroke, n (%)	0
Параплегия, n (%) Paraplegia, n (%)	0
Продленная искусственная вентиляция легких (трахеостомия), n (%) Extended artificial lung ventilation (tracheostomy), n (%)	2 (16,7)
Диализ, n (%) Dialysis, n (%)	1 (8,3)
Ревизия (кровотечение), n (%) Revision (bleeding), n (%)	0
30-дневная летальность, n (%) 30-day mortality, n (%)	2 (16,7)
Дистальная зона имплантации графта, среднее Distal area of graft implantation, average	Th7 [6; 8]

Обсуждение

На сегодняшний день при операциях на грудной аорте известно несколько типов гибридных реконструкций грудной аорты [12]. Первый тип характеризуется дебраншированием ветвей дуги с последующим стентированием

дуги аорты. Эта процедура не требует проведения циркуляторного ареста, минимизирует продолжительность искусственного кровообращения, однако подобный вид вмешательства не показан пациентам с расширением восходящей аорты более 40 мм [1]. Более того, данный метод сопровождается высоким риском ретроградного расслоения аорты, цереброваскулярных осложнений и развития эндоликов [13]. При втором типе гибридной реконструкции выполняется протезирование восходящей аорты с антеградной имплантацией стент-графта в дугу и нисходящий отдел аорты [13]. Подобный метод позволяет сформировать дистальный аортальный анастомоз в зоне Z0 или Z1. В то же время установка стент-графтов, не предназначенных для антеградной имплантации, может быть технически сложной манипуляцией, способной повлечь ряд осложнений различного рода. Помимо этого, стандартные стент-графты не всегда соответствуют анатомическим особенностям дуги аорты, результатом чего может быть нестабильная проксимальная фиксация, которая может привести к миграции стент-графта, а также возникновению эндоликов [1].

По этой причине методика «замороженный хобот слона» (третий тип гибридной реконструкции грудной аорты) с применением гибридных стент-графтов становится все более популярной и приобретает статус первоочередной стратегии при лечении как аневризм, так и расслоений грудной аорты, несмотря на техническую и технологическую сложность операции [14].

По мере того, как процедура FET-процедура получает все большее распространение, растет потребность в универсальных, технически простых и долговечных гибридных стент-графтах, включая менее сложные условия их имплантации [15].

На сегодняшний день часто используемыми гибридными стент-графтами в мире являются «Thoraflex» (Шотландия) и «E-vita Open Plus» (Германия) [8, 16]. Также применяют «J-Graft» (Япония), «Cronus» (Китай) [7, 15, 17]. Ни один из доступных стент-графтов не является универсальным. Так, сложная имплантация таких устройств, как «Thoraflex» и «E-vita Open Plus» сопровождается большой затратой времени и требует от хирурга определенных навыков. В свою очередь «Cronus» более компактен и прост в обращении, но недоступен для пациентов с размером аорты более 32 мм [15].

Наличие негативных особенностей рассматриваемых графтов подчеркивает необходимость дальнейшего совершенствования технологий и разработки новых устройств и систем для улучшения клинических исходов и качества жизни пациентов с патологией грудной аорты. С этой целью был разработан отечественный вариант гибридного стент-графта.

Гибридный стент-графт «МедИнж» имеет классическое строение, включает проксимальную часть, представленную дакроновым протезом, и дистальную часть, представленную стент-графтом. Дополнительная бранша позволяет возобновить дистальную перфузию в максимально короткие сроки для уменьшения времени висцер-

альной ишемии. Кольцеобразный нитиноловый стент дает возможность повторять изгибы дуги аорты и, предположительно, уменьшать радиальное давление на стенку аорты по сравнению, например, с Z-образным стент-графтом «E-vita open plus». Конфигурация и размер системы доставки гибридного стент-графта «МедИнж» обеспечивают простую имплантацию устройства. Вариативность длины стент-графта позволяет придерживаться персонализированного подхода при выборе стент-графта.

При выборе модели стент-графта большое значение имеет клиническая эффективность и безопасность, в значительной степени зависящие от характера патологии, тяжести состояния пациента, учреждения и модели стент-графта [17]. Так, частота дыхательных осложнений, согласно литературным данным, достигает 8,3% при применении стент-графта «J-Graft» [7] и 29% – при использовании стент-графта «Thoraflex» [9]. Сведения о частоте неврологических осложнений также различны. S. Leontyev и соавт. сообщают о частоте развития инсульта при применении стент-графта «E-vita Open Plus», составляющей 7,7% [6], тогда как W.G. Ma и соавт. указывают на 2,6% случаев острого нарушения мозгового кровообращения при использовании этой же модели стент-графта [15]. В целом частота инсультов при FET-процедуре может достигать 14% [17]. Спинальные осложнения имеют многофакторный генез, могут варьировать от 1 до 9% в зависимости от длины и типа гибридного устройства [6]. Острое почечное повреждение с потребностью в диализе отмечается в 14% случаев [9]. Реперации по поводу кровотечения являются серьезной проблемой при хирургических реконструкциях грудной аорты [18], в том числе с использованием гибридных стент-графтов, и встречаются одинаково часто вне зависимости от модели стент-графта (17,7% – при применении стент-графта «E-vita Open Plus» [6] и 10% при использовании стент-графта «Thoraflex» [9]). Ранняя летальность варьирует в пределах 7,8–17,2%, независимо от типа стент-графта [6].

В данном анализе не было выявлено случаев инсульта, паралича и кровотечений. Длительная респираторная поддержка, острое повреждение почек и 30-дневная летальность составили 16,7; 8,3 и 16,7% соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о клинической эффективности отечественного стент-графта «МедИнж» в раннем послеоперационном периоде, сопоставимой с зарубежными аналогами.

Таким образом, высокий технологический успех, низкая частота осложнений и удовлетворительные исходы у пациентов на ранних стадиях свидетельствуют о перспективности анализируемого гибридного стент-графта.

Выводы

Применение отечественного гибридного стент-графта «МедИнж» характеризуется низкой частотой послеоперационных осложнений. Обнадёживающие первичные результаты позволяют рассматривать данный стент-графт в качестве перспективного при гибридном хирургическом лечении как аневризм, так и расслоений грудной аорты.

Литература

1. Chu M.W.A., Losenno K.L., Dubois L.A., Jones P.M., Ouzounian M., Whitlock R. et al. Early clinical outcomes of hybrid arch frozen elephant trunk repair with the thoraflex hybrid graft. *Ann. Thorac. Surg.* 2019;107(1):47–53. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.091.
2. Bozso S.J., White A., Nagendran J., Moon M.C., Chu M.W.A. Hybrid aortic arch and frozen elephant trunk reconstruction: Bridging the gap between conventional and total endovascular arch repair. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* 2018;16(3):209–217. DOI: 10.1080/14779072.2018.1429913.
3. Jakob H., Idhrees M., Bashir M. Frozen elephant trunk with straight

- vascular prosthesis. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):164–169. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-60.
- Чернявский А.М., Ляшенко М.М., Сирота Д.А., Хван Д.С., Козлов Б.Н., Панфилов Д.С. и др. Гибридные технологии при хирургическом лечении проксимальных расслоений аорты. *Российский кардиологический журнал*. 2018;(11):8–13. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-8-13.
 - Pacini D., Murana G., Di Marco L., Di Bartolomeo R. Aortic remodeling in acute type A aortic dissection after frozen elephant trunk implantation. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;35(2):112–117. DOI: 10.1007/s12055-018-0679-2.
 - Leontyev S., Tsagakis K., Pacini D., Di Bartolomeo R., Mohr F.W., Weiss G. et al. Impact of clinical factors and surgical techniques on early outcome of patients treated with frozen elephant trunk technique by using EVITA open stent-graft: Results of a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(2):660–666. DOI: 10.1093/ejcts/ezv150.
 - Uchida N., Katayama A., Higashie S., Shiono M., Hata M., Minami K. et al. A new device as an open stent-graft for extended aortic repair: A multicentre early experience in Japan. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(4):1270–1278. DOI: 10.1093/ejcts/ezv310.
 - Ouzounian M., Hage A., Chung J., Stevens L.M., El-Hamamsy I., Chauvette V. et al. Hybrid arch frozen elephant trunk repair: Evidence from the Canadian Thoracic Aortic Collaborative. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):189–196. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-22.
 - Shrestha M., Kaufeld T., Beckmann E., Fleissner F., Umminger J., Abd Alhadi F. et al. Total aortic arch replacement with a novel 4-branched frozen elephant trunk prosthesis: Single-center results of the first 100 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2016;152(1):148–159.e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.02.077.
 - 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. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2019;29(1):117–123. DOI: 10.1093/icvts/ivz026.
 - Ishimaru S. Endografting of the aortic arch. *J. Endovasc. Ther.* 2004;11(2):1162–1171. DOI: 10.1583/04-1407.1.
 - Чарчян Э.Р., Абугов С.А., Хачатрян З.Р., Пурецкий М.В., Ховрин В.В., Скворцов А.А. и др. 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. DOI: 10.17116/hirurgia20190516.
 - Roselli E.E. Trade in the hammer for a power driver-perspectives on the frozen elephant trunk repair for aortic arch disease. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2013;2(5):633–639. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.09.14.
 - Hanif H., Dubois L., Ouzounian M., Peterson M.D., El-Hamamsy I., Dagenais F. et al. Aortic arch reconstructive surgery with conventional techniques vs frozen elephant trunk: A systematic review and meta-analysis. *Can. J. Cardiol.* 2018;34(3):262–273. DOI: 10.1016/j.cjca.2017.12.020.
 - Ma W.G., Zheng J., Sun L.Z., Elefteriades J.A. Open stented grafts for frozen elephant trunk technique: Technical aspects and current outcomes. *Aorta (Stamford)*. 2015;3(4):122–135. DOI: 10.12945/j.aorta.2015.14.062.
 - Harky A., Fok M., Bashir M. Which is the optimal frozen elephant trunk? A systematic review and meta-analysis of outcomes in 2161 patients undergoing thoracic aortic aneurysm surgery using E-vita OPEN PLUS hybrid stent-graft versus Thoraflex™ hybrid prosthesis. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2020;35(4):427–436. DOI: 10.21470/1678-9741-2019-0220.
 - Di Marco L., Murana G., Fiorentino M., Amodio C., Mariani C., Leone A. et al. The frozen elephant trunk surgery: A systematic review analysis. *Indian. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;35(2):118–126. DOI: 10.1007/s12055-019-00815-0.
 - 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. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-70-76.
 - Chu M.W.A., Losenno K.L., Dubois L.A., Jones P.M., Ouzounian M., Whitlock R. et al. Early clinical outcomes of hybrid arch frozen elephant trunk repair with the thoraflex hybrid graft. *Ann. Thorac. Surg.* 2019;107(1):47–53. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.091.
 - Bozso S.J., White A., Nagendran J., Moon M.C., Chu M.W.A. Hybrid aortic arch and frozen elephant trunk reconstruction: Bridging the gap between conventional and total endovascular arch repair. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* 2018;16(3):209–217. DOI: 10.1080/14779072.2018.1429913.
 - Jakob H., Idhrees M., Bashir M. Frozen elephant trunk with straight vascular prosthesis. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):164–169. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-60.
 - Chernyavskiy A.M., Lyashenko M.M., Sirota D.A., Khvan D.S., Kozlov B.N., Panfilov D.S. et al. Hybrid technologies in the surgical treatment of proximal aortic dissections. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;(11):8–13 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-8-13.
 - Pacini D., Murana G., Di Marco L., Di Bartolomeo R. Aortic remodeling in acute type A aortic dissection after frozen elephant trunk implantation. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;35(2):112–117. DOI: 10.1007/s12055-018-0679-2.
 - Leontyev S., Tsagakis K., Pacini D., Di Bartolomeo R., Mohr F.W., Weiss G. et al. Impact of clinical factors and surgical techniques on early outcome of patients treated with frozen elephant trunk technique by using EVITA open stent-graft: Results of a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(2):660–666. DOI: 10.1093/ejcts/ezv150.
 - Uchida N., Katayama A., Higashie S., Shiono M., Hata M., Minami K. et al. A new device as an open stent-graft for extended aortic repair: A multicentre early experience in Japan. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(4):1270–1278. DOI: 10.1093/ejcts/ezv310.
 - Ouzounian M., Hage A., Chung J., Stevens L.M., El-Hamamsy I., Chauvette V. et al. Hybrid arch frozen elephant trunk repair: Evidence from the Canadian Thoracic Aortic Collaborative. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):189–196. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-22.
 - Shrestha M., Kaufeld T., Beckmann E., Fleissner F., Umminger J., Abd Alhadi F. et al. Total aortic arch replacement with a novel 4-branched frozen elephant trunk prosthesis: Single-center results of the first 100 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2016;152(1):148–159.e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.02.077.
 - 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. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2019;29(1):117–123. DOI: 10.1093/icvts/ivz026.
 - Ishimaru S. Endografting of the aortic arch. *J. Endovasc. Ther.* 2004;11(2):1162–1171. DOI: 10.1583/04-1407.1.
 - Charchyan E.R., Abugov S.A., Khachatryan Z.R., Puresky M.V., Khovrin V.V., Skvortsov A.A. et al. Postoperative care in patients with DeBakey type I aortic dissection: Criteria of aortic remodeling and risk factors of disease progression. *Khirurgia (Mosk.)*. 2018;(11):8–13 (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia20190516.
 - Roselli E.E. Trade in the hammer for a power driver-perspectives on the frozen elephant trunk repair for aortic arch disease. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2013;2(5):633–639. DOI: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.09.14.
 - Hanif H., Dubois L., Ouzounian M., Peterson M.D., El-Hamamsy I., Dagenais F. et al. Aortic arch reconstructive surgery with conventional techniques vs frozen elephant trunk: A systematic review and meta-analysis. *Can. J. Cardiol.* 2018;34(3):262–273. DOI: 10.1016/j.cjca.2017.12.020.
 - Ma W.G., Zheng J., Sun L.Z., Elefteriades J.A. Open stented grafts for frozen elephant trunk technique: Technical aspects and current outcomes. *Aorta (Stamford)*. 2015;3(4):122–135. DOI: 10.12945/j.aorta.2015.14.062.
 - Harky A., Fok M., Bashir M. Which is the optimal frozen elephant trunk? A systematic review and meta-analysis of outcomes in 2161 patients undergoing thoracic aortic aneurysm surgery using E-vita OPEN PLUS hybrid stent-graft versus Thoraflex™ hybrid prosthesis. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2020;35(4):427–436. DOI: 10.21470/1678-9741-2019-0220.
 - Di Marco L., Murana G., Fiorentino M., Amodio C., Mariani C., Leone A. et al. The frozen elephant trunk surgery: A systematic review analysis. *Indian. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;35(2):118–126. DOI: 10.1007/s12055-019-00815-0.
 - Panfilov D.S., Kozlov B.N., Zatolokin V.V., Ponomarenko I.V., Khodashinsky I.A., Shipulin V.M. Prevention of hemorrhagic complications during operations on the thoracic aorta. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;(11):70–76 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-70-76.

References

- Chu M.W.A., Losenno K.L., Dubois L.A., Jones P.M., Ouzounian M., Whitlock R. et al. Early clinical outcomes of hybrid arch frozen elephant trunk repair with the thoraflex hybrid graft. *Ann. Thorac. Surg.* 2019;107(1):47–53. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.091.
- Bozso S.J., White A., Nagendran J., Moon M.C., Chu M.W.A. Hybrid aortic arch and frozen elephant trunk reconstruction: Bridging the gap between conventional and total endovascular arch repair. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* 2018;16(3):209–217. DOI: 10.1080/14779072.2018.1429913.
- Jakob H., Idhrees M., Bashir M. Frozen elephant trunk with straight vascular prosthesis. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):164–169. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-60.
- Chernyavskiy A.M., Lyashenko M.M., Sirota D.A., Khvan D.S., Kozlov B.N., Panfilov D.S. et al. Hybrid technologies in the surgical treatment of proximal aortic dissections. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;(11):8–13 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-8-13.
- Pacini D., Murana G., Di Marco L., Di Bartolomeo R. Aortic remodeling in acute type A aortic dissection after frozen elephant trunk implantation. *Indian J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;35(2):112–117. DOI: 10.1007/s12055-018-0679-2.
- Leontyev S., Tsagakis K., Pacini D., Di Bartolomeo R., Mohr F.W., Weiss G. et al. Impact of clinical factors and surgical techniques on early outcome of patients treated with frozen elephant trunk technique by using EVITA open stent-graft: Results of a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(2):660–666. DOI: 10.1093/ejcts/ezv150.
- Uchida N., Katayama A., Higashie S., Shiono M., Hata M., Minami K. et al. A new device as an open stent-graft for extended aortic repair: A multicentre early experience in Japan. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(4):1270–1278. DOI: 10.1093/ejcts/ezv310.
- Ouzounian M., Hage A., Chung J., Stevens L.M., El-Hamamsy I., Chauvette V. et al. Hybrid arch frozen elephant trunk repair: Evidence from the Canadian Thoracic Aortic Collaborative. *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2020;9(3):189–196. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-22.
- Shrestha M., Kaufeld T., Beckmann E., Fleissner F., Umminger J., Abd Alhadi F. et al. Total aortic arch replacement with a novel 4-branched frozen elephant trunk prosthesis: Single-center results of the first 100

Информация о вкладе авторов

Козлов Б.Н. – руководство НИР, разработка и утверждение дизайна исследования, участие в операциях «замороженный хобот слона», первичная редакция статьи.

Панфилов Д.С. – отбор пациентов на исследование, участие в операциях «замороженный хобот слона», статистический анализ полученных данных, первичная редакция статьи.

Манвелян Д.В. – участие в операциях «замороженный хобот слона», обзор литературы и написание статьи.

Сондурев Э.Л. – участие в операциях «замороженный хобот слона», первичная редакция статьи.

Затолокин В.В. – участие в операциях «замороженный хобот слона», первичная редакция статьи.

Петлин К.А. – организация лечебно-диагностического процесса, клинико-инструментального наблюдения, первичная редакция статьи.

Information on author contributions

Kozlov B.N. – research supervision, development and approval of study design, participation in the frozen elephant trunk operations, and primary revision of the manuscript.

Panfilov D.S. – selection of patients for research, participation in the frozen elephant trunk operations, statistical analysis of data, and primary revision of the manuscript.

Manvelyan D.V. – participation in the frozen elephant trunk operations, literature review, and writing the manuscript.

Sonduev E.L. – participation in the frozen elephant trunk operations and primary revision of the manuscript.

Zatolokin V.V. – participation in the frozen elephant trunk operations and primary revision of the manuscript.

Petlin K.A. – organization of treatment and diagnostic process, clinical and instrumental observation, and primary revision of the manuscript.

Сведения об авторах

Козлов Борис Николаевич, д-р мед. наук, заведующий отделением сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; профессор кафедры госпитальной хирургии с циклом сердечно-сосудистой хирургии, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID 0000-0002-0217-7737.

E-mail: bnkozlov@yandex.ru.

Панфилов Дмитрий Сергеевич, д-р мед. наук, научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-3614-1548.

E-mail: pand2006@yandex.ru.

Манвелян Давид Владимирович, канд. мед. наук, младший научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID: 0000-0002-2001-8115.

E-mail: manvello9@yandex.ru.

Сондурев Эрдэни Леонидович, аспирант, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-0835-022X.

E-mail: erdeniooo@mail.ru.

Затолокин Василий Викторович, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID: 0000-0003-3952-9983.

E-mail: zatolokin@cardio-tomsk.ru.

Петлин Константин Александрович, канд. мед. наук, врач, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-9906-9945.

E-mail: kpetlin@yandex.ru.

Манвелян Давид Владимирович, e-mail: manvello9@yandex.ru.

Information about the authors

Boris N. Kozlov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; Professor, Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University. ORCID 0000-0002-0217-7737.

E-mail: bnkozlov@yandex.ru.

Dmitriy S. Panfilov, Dr. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-3614-1548.

E-mail: pand2006@yandex.ru.

David V. Manvelyan, Cand. Sci. (Med.), Junior Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-2001-8115.

E-mail: manvello9@yandex.ru.

Erdeni L. Sonduev, Graduate Student, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-0835-022X.

E-mail: erdeniooo@mail.ru.

Vasily V. Zatolokin, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-3952-9983.

E-mail: zatolokin@cardio-tomsk.ru.

Konstantin A. Petlin, Cand. Sci. (Med.), Physician, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-9906-9945.

E-mail: kpetlin@yandex.ru.

David V. Manvelyan, e-mail: manvello9@yandex.ru.

Received January 12, 2021

Поступила 12.01.2021