

https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-66-73 УДК 616.135-77-089.844



Выбор размера гибридного протеза при вмешательствах на грудной аорте

Э.Р. Чарчян, Д.Г. Брешенков, Ю.В. Белов

Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского, 119991, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., 2

Аннотация

Цель: на основании анализа литературы и опыта Российского научного центра хирургии имени академика Б.В. Петровского определить тактику выбора оптимального диаметра стент-графта при открытых гибридных вмешательствах на грудной аорте.

Материал и методы. В настоящее время при вмешательствах на грудной аорте гибридный подход с использованием техники «Замороженный хобот слона» («Frozen Elephant Trunk» – FET) является безопасным и наиболее оптимальным в случае распространенной патологии, затрагивающей все сегменты, включая дугу и нисходящий отдел грудной аорты. Несмотря на более чем 15-летний опыт применения данной методики, в современной литературе отсутствует единая точка зрения относительно выбора оптимального диаметра стент-графта. В нашем центре в период с 2013 по 2020 гг. было выполнено 135 операций FET. Средний возраст пациентов составил 52,8 ± 11,5 лет. Нами проведен анализ собственного опыта и данных современной литературы для определения оптимальной тактики выбора размера гибридного протеза.

Результаты и обсуждение. Одним из основных факторов, влияющих на тактику подбора диаметра стент-графта, является характер патологии. Исходя из опыта большинства хирургов, размер стент-графта не должен чрезмерно превышать диаметр истинного канала (ИК) при хроническом расслоении и общего диаметра при остром расслоении аорты. В случае аневризм большинство авторов используют стент-графт диаметром на 10–20% больше диаметра дистальной зоны посадки. Некоторые авторы считают необходимым измерять расчетный диаметр предоперационно по данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), тогда как многие отдают предпочтение интраоперационным измерениям.

Заключение. Использование слишком большого стент-графта может спровоцировать высокий риск появления новой фенестрации на уровне дистального конца в послеоперационном периоде и отдаленных осложнений, тогда как слишком маленький стент-графт не сможет обеспечить адекватной посадки и прилегания в дистальной части. Таким образом, выбор оптимального размера стент-графта остается одним из ключевых вопросов в гибридной хирургии грудной аорты.

Ключевые слова:	гибридная хирургия, стент-графт, гибридный протез, расслоение аорты, аневризма аорты.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материа- лах или методах.
Соответствие принципам этики:	информированное согласие получено от каждого пациента. Исследование одобрено этическим комитетом Российского научного центра хирургии имени академика Б.В. Петровского (протокол № 57 от 02.10.2020 г.).
Для цитирования:	Чарчян Э.Р., Брешенков Д.Г., Белов Ю.В. Выбор размера гибридного протеза при вмешательствах на грудной аорте. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2021;36(1):66—73. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-66-73.

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

Sizing of the hybrid stent-graft for the frozen elephant trunk procedure

Eduard R. Charchyan, Denis G. Breshenkov, Yuriy V. Belov

Petrovsky National Research Centre of Surgery, 2, Abrikosovsky per., GSP-1, Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract

Objective. The aim of study was to determine the tactics of choosing the optimal diameter of stent-graft in open hybrid repair of thoracic aorta based on the analysis of literature and the experience of Petrovsky National Research Centre of Surgery.

Material and Methods. A hybrid approach using the frozen elephant trunk (FET) technique is currently the safest and most optimal approach for thoracic aorta repair in case of extended pathology of all thoracic aorta segments, including the arch and descending thoracic aorta. Despite this technique has been used for over 15 years, there is no agreement in the current literature regarding the algorithm for choosing the optimal stent-graft diameter. A total of 135 FET procedures were performed at our centre from 2013 to 2020. The average age of patients was 52.8 ± 11.5 years. We analyzed our own experience and current literature to determine the optimal tactics for sizing the hybrid stent-graft for FET procedure.

Results. One of the main factors influencing the tactics of selecting the stent-graft diameter is the nature of pathology. The experience of most surgeons suggests that the size of stent-graft should not excessively exceed the diameter of a true canal in chronic dissection and the overall diameter in case of acute aortic dissection. In case of aneurysms, most authors use stent-grafts with the diameters exceeding distal landing zone diameter by 10–20%. Some authors consider it necessary to preoperatively measure the calculated diameter based on multislice computed tomography (CT) data, whereas many other authors prefer intraoperative measurements.

Conclusion. The use of a stent-graft, which is too large, can result in a high risk of new fenestration at the distal end level during the postoperative period and follow-up complications, whereas stent-graft, which is too small, would not allow the adequate fit in the distal part. Therefore, the choice of optimal stent-graft size remains one of the key issues in hybrid thoracic aortic surgery.

Keywords: hybrid surgery, stent-graft, hybrid prosthesis, aortic dissection, aortic aneurysm.

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 Petrovsky National Research Centre of Surgery (protocol No. 57 from 02.10.2020).

For citation: Charchyan E.R., Breshenkov D.G., Belov Y.V. Sizing of the hybrid stent-graft for the frozen elephant trunk procedure. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.*

2021;36(1):66-73. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-66-73.

Введение

С момента первого сообщения о выполнении операции «Замороженный хобот слона» («Frozen Elephant Trunk» - FET) с использованием гибридного протеза прошло более 15 лет. Данная методика обеспечивает возможность реконструкции всей грудной аорты и обладает рядом преимуществ в сравнении с традиционными открытыми вмешательствами [1]. Растущая популярность, накопление и анализ большого многоцентрового опыта показали, что несмотря на радикальность, риск повторных вмешательств и дистальных осложнений после FET остается значимым. Так, М. Kreibich и соавт. продемонстрировали, что частота реинтервенций на дистальной аорте после операции FET может достигать 33%. Основными показаниями к реоперации, по данным авторов, являются увеличение дистального диаметра (44%), эндолики (23%) и формирование новой фенестрации по

дистальному краю стент-графта (dSINE) (11%) [2]. Также исследование показало, что в большинстве случаев наличие эндолика или dSINE у пациента способствует сохранению кровотока в ложном канале (ЛК) и прогрессивному росту диаметра, а превышение диаметра в зоне дистальной посадки является одним из основных факторов риска развития дистальных осложнений [3].

Одним из важнейших факторов, влияющих на тактику подбора диаметра стент-графта, является характер патологии. Исходя из опыта большинства хирургов, размер стент-графта не должен чрезмерно превышать диаметр истинного канала (ИК) при хроническом расслоении и общего диаметра при остром расслоении аорты. В случае аневризм большинство авторов используют стент-графт диаметром на 10–20% больше диаметра дистальной посадки. Некоторые авторы считают необходимым измерять расчетный диаметр предоперационно по данным

мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), тогда как многие отдают предпочтение интраоперационным измерениям [4–9].

Использование слишком большого стент-графта может спровоцировать высокий риск развития новой фенестрации на уровне дистального конца и отдаленных осложнений, тогда как слишком маленький стент-графт не сможет обеспечить адекватной посадки и прилегания в дистальной части. Таким образом, выбор оптимального размера и длины стент-графта остается одним из основных вопросов в гибридной хирургии грудной аорты, а понимание характера патологии аорты является ключевым при его решении.

Размер имеет значение

Несмотря на большое количество литературных источников и многоцентровой опыт выполнения операции FET, в литературе отсутствует единый подход относительно выбора оптимального диаметра стент-графта в зависимости от характеристик пациента [6]. Основной целью гибридного вмешательства на грудной аорте является ликвидация крупных фенестраций в дуге и нисходящей грудной аорте (НГА), обеспечение тромбоза ЛК и стабилизация дистальных сегментов аорты, при аневризме - изоляция аневризмы грудной аорты вплоть до неизменной части. При выборе стент-графта меньшего диаметра результат сопоставим с операцией Borst без излишнего давления на стенку аорты, тогда как в случае превышения диаметра стент-графт может неполностью раскрыться и смяться в просвете аорты, что может привести к развитию псевдокоарктационного синдрома [1]. Кроме того, превышение диаметра стент-графта обеспечивает увеличение давления радиальной силы и может привести к развитию dSINE и реперфузии ЛК [3].

Другими важными параметрами являются длина стент-графта и зона дистальной посадки. Короткие стент-графты (менее 100 мм) могут не перекрыть все фенестрации в НГА, тогда как длинный стент-графт (150 мм и более) увеличивает риски развития параплегии. Кроме того, короткие стент-графты более склонны к распрямлению и увеличению напряжения на стенку аорты. Еще более интересный факт заключается в том, что выбор длины графта может сильно влиять на отдаленный результат. Так, в исследовании Б.Н. Козлова и соавт. при сравнении стандартной группы, в которой выполнена операция FET, с группой, где применялась дополнительная дистальная надставка стент-графтом, частота тромбоза ЛК в раннем послеоперационном периоде была выше на уровне дистальной части НГА и брюшной аорты (33 vs 54% (p = 0.45) и 0 vs 9% (p = 0.001) соответственно). Данная тенденция также отразилась и на частоте отдаленных повторных вмешательств и отрицательного ремоделирования (67,5 vs 80% (p = 0,58) и 75 vs 100% (p= 0,61) соответственно) [10]. Также тенденцию можно отследить при сравнении результатов К. Tsagakis и соавт., которые использовали 150 мм гибридного протеза E-Vita Open Plus с уровнем дистальной посадки Th5-Th7 и получили 8-летнюю свободу от реинтервенций на дистальной аорте, составляющую 73%, с данными М. Kreibich и соавт., которые при использовании короткого (100 мм) гибридного протеза Thoraflex Hybrid graft (Vascutek Terumo, Renfrewshire, Scotland) получили до 33% реинтервенций на дистальной аорте через 2 года [11].

Алгоритм выбора оптимального размера диаметра гибридного протеза

Предоперационное планирование по данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) аорты, несомненно, является основным методом выбора типа, размера и длины гибридного протеза. Детальное изучение распространения расслоения, диаметров просвета аорты, ИК и ЛК, первичной фенестрации и локализации коммуникаций между каналами, отхождение устьев висцеральных ветвей, а также планирование зоны дистальной посадки позволяют прогнозировать послеоперационный результат с целью профилактики осложнений в дистальной аорте.

Определение диаметра гибридного протеза аорты

Острое расслоение аорты

В случае острого расслоения аорты большинство авторов придерживаются мнения, что превышать диаметр стент-графта не следует. Отслоенная интима при остром расслоении мягкая и податливая для ремоделирования, что является несомненным преимуществом для выполнения гибридного вмешательства, основной целью которого является устранение компрессии ЛК и положительное ремоделирование в ранние сроки (рис. 1).



Рис. 1. 3D MCKT грудной аорты пациента с острым расслоением аорты до (A) и после (Б) гибридного вмешательства Fig. 1. 3D MSCT scan of thoracic aorta in patient with acute aortic dissection before (A) and after (B) hybrid repair

Изменение размеров нисходящего отдела аорты после расслоения было подробно изучено В. Rylski и соавт., которые на основании анализа данных МСКТ до и после расслоения утверждают, что диаметр аорты до расслоения наиболее коррелирует с максимальным диаметром ИК после расслоения, а НГА в среднем увеличивается на 6 мм (+23%) после расслоения. На основании результатов исследования (диаметр НГА увеличивается после расслоения, а диаметр ИК меньше, чем общий диаметр аорты до расслоения для определения диаметра аорты до расслоения авторы предлагают 3 метода: 1) добавить 8 (5, 11) мм к диаметру

ИК, измеренному в верхней трети НГА; 2) вычесть 3 (1, 5) мм из общего диаметра аорты, измеренного между левой общей сонной артерией и левой подключичной артерией; 3) ориентироваться на максимальный диаметр ИК. Таким образом, авторы рекомендуют ориентироваться на диаметр НГА до расслоения и не превышать размер стент-графта более 5-10% [12]. Многие авторы (Фрайбург, Эссен, Ганновер, Болонья) также берут за основу максимальный диаметр ИК [2, 4, 11, 13]. Существует также мнение использовать общий диаметр аорты для определения диаметра гибридного протеза. Так, А. Katayama и соавт. предлагают учитывать общий диаметр аорты до расслоения, однако, к сожалению, при остром расслоении он бывает известен в редких случаях. Поэтому авторы сравнили интраоперационный диаметр и диаметр, измеренный на основании данных МСКТ, и определили, что после расслоения аорты диаметр увеличивается примерно на 8%. Таким образом, авторы предлагают использовать размер гибридного протеза не менее 90% от общего диаметра аорты на уровне имплантации [14]. Пациентам же с подтвержденной дисплазией соединительной ткани рекомендуется классическая операция «Хобот слона» ввиду высокого риска аортальных событий и неизбежного второго этапа в отдаленном периоде [13].

Хроническое расслоение аорты

При хроническом расслоении аорты отслоенная интима становится более жесткой и ригидной, что зачастую создает проблемы при ремоделировании в послеоперационном периоде (рис. 2).



Рис. 2. 3D MCKT грудной аорты пациента с хроническим расслоением аорты до (A) и после (Б) гибридного вмешательства Fig. 2. 3D MSCT scan of thoracic aorta in patient with chronic aortic dissection before (A) and after (B) hybrid repair

Даже в случае тромбоза ЛК ремоделирование происходит реже, чем при остром расслоении, с чем связана более высокая частота повторных вмешательств в отда-

ленном периоде [15]. Так, A. Leone и соавт. предлагают ориентироваться на максимальный диаметр ИК в НГА [16]. В свою очередь К. Tsagakis и соавт. стараются избегать превышения размера и зачастую используют размер стент-графта на один меньше диаметра ИК [11]. Существует также точка зрения группы авторов из Фрайбурга относительно использования гибридных протезов минимального диаметра (24, 26 и не более 28 мм) [2]. Несмотря на общее скептическое мнение о превышении диаметра стент-графта, M. Shreshta и соавт. используют более агрессивную тактику у пациентов с ожидаемым эндоликом Ib типа, особенно в случае диаметра в области дистальной зоны посадки более 40 мм, когда с высокой долей вероятности может потребоваться повторное вмешательство в ранние сроки. По их мнению, подобная тактика может обеспечить выполнение повторного эндопротезирования НГА с хорошим результатом [17, 18]. Не стоит также забывать, что помимо высокого риска dSINE и низкой частоты тромбоза ЛК дистальнее стент-графта у пациентов с хроническим расслоением использование стент-графтов большого размера всегда потенциально опасно и связано с развитием «псевдокоарктационного» синдрома, особенно в случае узкого ИК. Хирург должен быть осторожен, так как при формировании анастомоза между узким ИК и стент-графтом большого диаметра последний может сломаться и недораскрыться, что также возможно и в дистальных сегментах. Так, в последних Европейских рекомендациях выполнение операции FET у пациентов с очень узким ИК и высоким риском развития «псевдокоарктации» не рекомендовано [19].

Аневризмы грудной аорты

Если в случае расслоения аорты у хирургов отсутствует единое мнение, то в случае аневризмы грудной аорты большинство специалистов склонны к выбору гибридного протеза превышенного размера (рис. 3).

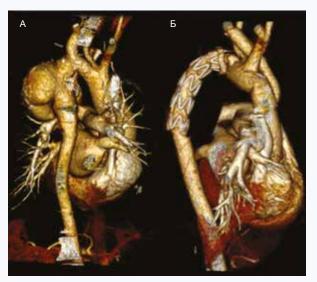


Рис. 3. 3D MCKT грудной аорты пациента с аневризмой грудной аорты до (A) и после (Б) гибридного вмешательства Fig. 3. 3D MSCT scan of thoracic aorta in patient with thoracic aortic aneurysm before (A) and after (B) hybrid repair

В среднем авторы предлагают использовать стентграфт размером на 10–20% больше уровня дистальной посадки [17]. Исключением из правил являются пациенты

с подтвержденной дисплазией соединительной ткани ввиду высокого риска острого аортального синдрома в послеоперационном периоде [5].

Определение длины гибридного протеза и зоны дистальной посадки

При выборе длины гибридного протеза перед хирургом всегда стоит нерешенная проблема: с одной стороны, короткий стент-графт и риск повторного вмешательства, с другой, длинный стент-графт и высокий риск параплегии. При анализе литературы большинство авторов придерживаются более безопасного непротяженного стентирования, идя на заведомый риск реоперации в пользу профилактики параплегии. Непротяженное стентирование достигается разными путями: использованием коротких гибридных протезов (<100 мм) [3] и выполнением проксимализации в зоне Z1, Z2 с дистальной посадкой в зоне Th5-Th7 [11]. Стоит также помнить, что риск параплегии напрямую зависит от стадии расслоения. Так, при остром расслоении короткий стент-графт может обеспечить тромбоз ЛК вплоть до висцеральных ветвей в случае оптимальной анатомии расслоенной аорты, при этом риск параплегии будет низким. При хроническом расслоении тромбоз ЛК в раннем периоде зачастую развивается на уровне стент-графта, тогда как дистальнее кровоток по спинальным артериям сохраняется, что связано со снижением риска параплегии. Для контроля уровня дистальной посадки используются чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), интраоперационная МСКТ и рентген-контроль. Некоторые авторы говорят о незаменимости использования ангиоскопии во время операции [20]. С помощью гибкого эндоскопа можно с точностью оценить наличие дополнительных фенестраций в НГА, позиционировать и при необходимости баллонировать дистальный конец стент-графта с оптимальным послеоперационным результатом (тромбозом ЛК и ремоделированием аорты). Также эта методика способна дать ответ относительно необходимости раннего дополнительного эндопротезирования грудной аорты дистальнее гибридного протеза.

Опыт РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского

В нашем центре в период с 2013 по 2020 гг. было выполнено 135 операций FET. Средний возраст пациентов составил 52.8 ± 11.5 лет. Подробная структура патологии представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика патологии аорты у пациентов с гибридными вмешательствами

Table 1. Characteristics of aortic pathology in patients with hybrid procedures

Вид патологии аорты Type of aortic pathology	n (%)
Острое расслоение I типа DeBakey type I acute aortic dissection	23 (17,1)
Подострое расслоение I типа DeBakey type I subacute aortic dissection	21 (15,5)
Хроническое расслоение I типа DeBakey type I chronic aortic dissection	47 (34,9)
Хроническое расслоение III типа DeBakey type III chronic aortic dissection	20 (14,8)
Острое/подострое расслоение III типа DeBakey type III acute/subacute aortic dissection	7 (5,2)
Патология НГА Pathology of descending thoracic aorta	11 (8,1)
Мегааорта Mega-aortic syndrome	6 (4,4)

За указанный период были использованы 5 видов гибридных протезов (табл. 2): E-Vita Open PLUS (n=63; 46,7%), Vascutek Thoraflex Hybrid (n=23; 17%), Braile Biomedica (n=2; 1,5%), стент-графт хирургический «Мягкий хобот слона» (n=32; 23,7%), Medtronic Valiant в сочетании с заменой дуги аорты (n=15; 11,1%).

Таблица 2. Характеристика используемых гибридных протезов **Table 2.** Characteristics of the hybrid prostheses

Вид гибридного протеза Type of hybrid prosthesis	n (%)
E-Vita Open PLUS	63 (46,7)
Vascutek Thoraflex Hybrid	23 (17)
Braile Biomedica	2 (1,5)
Стент-графт «Мягкий хобот слона» Hybrid stent-graft "Soft elephant trunk"	32 (23,7)
Medtronic Valiant	15 (11,1)

С июня 2019 г. нами стал применяться новый специфический для расслоения стент-графт хирургический «Мягкий хобот слона» (МедИнж, Пенза), обладающий перспективными преимуществами, способными улучшить результаты гибридного лечения расслоения аорты (патент на изобретение RU 196616 U1). Новый гибридный протез позволяет снизить напряжение на стенку в дистальной части за счет конусного снижения упругости нитиноловых корон и мягкой дистальной части, которая включает корону без радиальной силы и эндоваскулярный «хобот слона» без нитинола. Также конец гибридного протеза имеет 9 рентгеноконтрастных меток, которые облегчают оценку позиционирования дистального конца и упрощают потенциальные повторные вмешательства (рис. 4) [21].

Данная конструкция обеспечивает снижение значимости влияния дистального превышения диаметра, что особенно актуально в случае хронического расслоения, а также у пациентов с узким ИК. В нашем опыте при использовании данного протеза отсутствовали случаи развития dSINE и реопераций в отдаленном периоде, а свобода от дистальных осложнений составила 100% при среднем времени наблюдения 9 (4,8–12,3) мес.

На основании нашего опыта был разработан собственный алгоритм выбора диаметра гибридного протеза в зависимости от характера патологии аорты. В случае расслоения аорты во всех случаях мы ориентировались на диаметр ИК, измеренный предоперационно на уровне левого предсердия и интраоперационно — шаблоном в области перешейка аорты. При предоперационной оценке диаметр ИК определялся согласно формуле:

диаметр ИК = длина окружности ИК / π .

При остром расслоении аорты с целью ликвидации мальперфузии и возможностей податливой мягкой интимы для положительного ремоделирования мы рекомендуем использовать минимальное превышение размера диаметра стент-графта согласно формуле:

диаметр стент-графта = диаметр ИК + 10%.

Когда возникает компрессия ИК и невозможно адекватно определить его диаметр, мы предлагаем ориентироваться на интраоперационное измерение шаблоном.



Рис. 4. Новый специфический для расслоения гибридный протез «Мягкий хобот слона» у пациента с острым расслоением аорты: А – 3D МСКТ имплантированного стент-графта, Б – фото стент-графта до имплантации

Fig. 4. New dissection-specific hybrid prosthesis "Soft elephant trunk" in a patient with acute aortic dissection: A – 3D MSCT scan of implanted stent-graft, B – stent-graft before implantation

При хроническом расслоении аорты мы не рекомендуем превышать диаметр ИК и определять диаметр стент-графта согласно формуле:

диаметр стент-графта = диаметр ИК.

При использовании специфического стент-графта «Мягкий хобот слона» мы допускаем незначительный оверсайзинг до 10% ввиду характерных особенностей дизайна стент-графта. В случае подострой стадии мы предлагаем пользоваться формулой для хронического расслоения.

При аневризмах грудной аорты мы рекомендуем ориентироваться на общий диаметр аорты на уровне дистальной посадки и использовать стент-графт согласно формуле:

диаметр стент-графта = общий диаметр аорты (на уровне дистальной посадки).

Также мы допускаем превышение диаметра стентграфта на один размер у пациентов без подтвержденной дисплазии соединительной ткани с целью исключения вероятного развития эндолика lb типа (табл. 3).

Таблица 3. Формулы выбора размера гибридного протеза **Table 3.** Hybrid stent-graft sizing formulas

Вид патологии	Формула
Type of pathology	Formula
Острое расслоение	d стент-графта = d ИК + 10%
Acute dissection	d stent-graft = d true lumen + 10%
Хроническое расслоение	d стент-графта = d ИК
Chronic dissection	d stent-graft = d true lumen
Аневризма грудной аорты	d стент-графта = d аорты (+ 1 размер)
Aneurysm	d stent-graft = d distal aorta (+ 1 size)

Обсуждение

Многие авторы в своих работах задаются вопросами, ответы на которые возможно получить только лишь с накоплением опыта и развитием новых технологий. Что делать хирургу в случае компрессии ИК до щелевидного состояния, как измерить его диаметр? Что делать хирургу в случае узкого ИК, особенно если размер ЛК в несколько раз больше? Стоит ли в таком случае ориентироваться только на диаметр ИК и как подобрать размер стент-графта? Стоит ли выполнять протяженное стентирование, идя на риск возникновения параплегии, или стоит ограничиться непротяженным стентированием, не достигнув максимальной стабилизации грудной аорты? В каких случаях и при какой патологии стоит выбирать тот или иной тип, размер и длину стент-графта? Стоит ли ориентироваться на предоперационные данные или использовать интраоперационные измерения?

Несмотря на значимость планирования параметров стента, не менее важным остается вопрос совершенствования интраоперационной тактики, которая также влияет на общий результат. Циркуляторный арест с оптимальным охлаждением и минимальной длительностью, использование дренажа спинномозговой жидкости с автоматической системой забора ликворной жидкости и поддержанием целевого давления в спинномозговом канале, антеградная бигемисферальная перфузия головного мозга (некоторые авторы рекомендуют перфузию всех трех ветвей для предупреждения спинальной ишемии), а также тщательная профилактика воздушной эмболии в дистальной аорте (в том числе и артерий спинного мозга) - все эти манипуляции, вероятно, могут предотвратить спинальную ишемию на интраоперационном этапе и позволят использовать длинные стент-графты с минимальным риском.

Методы предоперационного планирования размера гибридного протеза также развиваются. Так, D. Chen и соавт. предлагают использовать вычислительную гидродинамику, 3D-моделирование и виртуальное стентирование с возможностью оценки таких важных параметров, как напряжение сдвига стенки (wall shear stress -TAWSS), индекс колебательного напряжения (oscillatory shear index - OSI) и относительное время удержания (relative residence time - RRT). Методика авторов позволяет прогнозировать послеоперационный результат, а также возможные осложнения в дистальных сегментах аорты [22]. Еще одним перспективным направлением является совершенствование гибридных протезов, а именно разработка специфических для определенной патологии стент-графтов (острого расслоения, хронического расслоения, аневризм). Снижение радиальной силы стент-графта на дистальном конце, вероятно, может снизить вероятность развития dSINE. Так, в нашем исследовании стент-графты с Z-образным нитинолом на дистальном конце достоверно увеличивали вероятность развития dSINE в послеоперационном периоде в сравнении с группой специфического для расслоения стент-графта (9 (16,9) vs 1 (4,3), p = 0.05; OR = 8.591(1,04-70,8)). Данное направление мы считаем наиболее перспективным при решении многих проблем, связанных с гибридными вмешательствами.

Тем не менее опыт крупных аортальных центров должен быть направлен на продолжение изучения нерешенных вопросов. Создание протоколов многоцентровых

проспективных исследований, а также новаторство в развитии новых технологий лечения и профилактики возможных осложнений позволит обеспечить фундаментальный подход в выборе тактики лечения и типа гибридного протеза, основанный на патологии и характеристиках пациента.

Литература

- 1. Tsagakis K., Pacini D., Grabenwöger M., Borger M.A., Goebel N., Hemmer W. et al. Results of frozen elephant trunk from the international E-vita Open registry. Ann. Cardiothorac. Surg. 2020;9(3):178-188. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-25.
- Kreibich M., Berger T., Rylski B., Chen Z., Beyersdorf F., Siepe M. et al. Aortic reinterventions after the frozen elephant trunk procedure. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2020;159(2):392-399.e1. DOI: 10.1016/j. jtcvs.2019.02.069.
- Kreibich M., Bünte D., Berger T., Vötsch A., Rylski B., Krombholz-Reindl P. et al. Distal stent graft-induced new entries after the frozen elephant trunk procedure. Ann. Thorac. Surg. 2020;110(4):1271-1279. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2020.02.017.
- Di Marco L., Pantaleo A., Leone A., Murana G., Di Bartolomeo R., Pacini D. The frozen elephant trunk technique: European Association for Cardio-Thoracic Surgery Position and Bologna Experience. Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2017;50(1):1-7. DOI: 10.5090/ kitcs 2017 50 1 1
- Goebel N., Nagib R., Salehi-Gilani S., Ahad S., Albert M., Ursulescu A. et al. One-stage hybrid aortic repair using the frozen elephant trunk in acute DeBakey type I aortic dissection. J. Thorac. Dis. 2018;10(7):4195-4203. DOI: 10.21037/jtd.2018.06.148.
- Assi R., Geirsson A. Commentary: How do you size a frozen elephant trunk? JTCVS Techniques. 2020;3:20-21. DOI: 10.1016/j. xjtc.2020.06.013.
- Гордеев М.Л., Успенский В.Е., Баканов А.Ю., Волков В.В., Ибрагимов А.Н., Щербинин Т.С. и др. Реконструктивные вмешательства на дуге аорты при хирургическом лечении аневризм и расслоений восходящего отдела аорты. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2016;20(4):45-57. DOI: 10.21688/1681-3472-2016-4-45-57.
- Чернявский М.А., Жердев Н.Н., Чернова Д.В., Чернов А.В., Кудаев Ю.А., Гусев А.А. Случай гибридного хирургического лечения мешотчатой аневризмы дуги аорты у пациента с впервые выявленной коарктацией аорты. Российский кардиологический журнал. 2018;(11):130-132. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-130-132.
- Панфилов Д.С., Козлов Б.Н., Саушкин В.В., Шипулин В.М. Гибридное хирургическое лечение аневризмы восходящей аорты в сочетании с синдромом «shaggy aorta». Кардиология. 2019;59(5S):65-68. DOI: 10.18087/cardio.2646.
- Kozlov B.N., Panfilov D.S., Saushkin V.V., Nasrashvili G.G., Kuznetsoy M.S., Nenakhova A.A. et al. Distal aortic remodelling after the standard and theelongated frozen elephant trunk procedure. Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. 2019;29(1):117-123. DOI: 10.1093/icvts/ivz026.
- 11. Tsagakis K., Jakob H. Which frozen elephant trunk offers the optimal

References

- Tsagakis K., Pacini D., Grabenwöger M., Borger M.A., Goebel N., Hemmer W. et al. Results of frozen elephant trunk from the international E-vita Open registry. Ann. Cardiothorac. Surg. 2020;9(3):178-188. DOI: 10.21037/acs-2020-fet-25.
- Kreibich M., Berger T., Rylski B., Chen Z., Beyersdorf F., Siepe M. et al. Aortic reinterventions after the frozen elephant trunk procedure. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2020;159(2):392-399.e1. DOI: 10.1016/j. jtcvs.2019.02.069.
- Kreibich M., Bünte D., Berger T., Vötsch A., Rylski B., Krombholz-Reindl P. et al. Distal stent graft-induced new entries after the frozen elephant trunk procedure. Ann. Thorac. Surg. 2020;110(4):1271-1279. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2020.02.017.
- Di Marco L., Pantaleo A., Leone A., Murana G., Di Bartolomeo R., Pacini D. The frozen elephant trunk technique: European Association for Cardio-Thoracic Surgery Position and Bologna Experience. Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2017;50(1):1–7. DOI: 10.5090/kjtcs.2017.50.1.1.
- Goebel N., Nagib R., Salehi-Gilani S., Ahad S., Albert M., Ursulescu A. et al. One-stage hybrid aortic repair using the frozen elephant trunk in acute DeBakey type I aortic dissection. J. Thorac. Dis. 2018;10(7):4195-4203. DOI: 10.21037/jtd.2018.06.148.
- Assi R., Geirsson A. Commentary: How do you size a frozen elephant trunk? JTCVS Techniques. 2020;3:20-21. DOI: 10.1016/j. xjtc.2020.06.013.

- solution? Reflections from Essen Group. Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2019;31(4):679-685. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2019.05.038.
- Rylski B., Muñoz C., Beyersdorf F., Siepe M., Reser D., Carrel T. et al. How does descending agree geometry change when it dissects? Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2018;53(4):815-821. DOI: 10.1093/ejcts/ezx292.
- Shrestha M., Beckmann E., Krueger H., Fleissner F., Kaufeld T., Koigeldiyev N. et al. The elephant trunk is freezing: The Hannover experience. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2015;149(5):1286-1293. DOI: 10.1016/j. itcvs.2015.01.044.
- Katayama A., Uchida N., Katayama K., Arakawa M., Sueda T. The frozen elephant trunk technique for acute type A aortic dissection: Results from 15 years of experience. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2015;47(2):355-360. DOI: 10.1093/ejcts/ezu173.
- 15. Dohle D.-S., Tsagakis K., Janosi R.A., Benedik J., Kühl H., Penkova L. et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2016;49(1):111–117. DOI: 10.1093/ejcts/ezv045.
- Leone A., Beckmann E., Martens A., Di Marco L., Pantaleo A., Reggiani L.B. et al. Total aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique: Results from two European institutes. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2020;159(4):1201-1211. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.03.121.
- 17. 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.
- Shrestha M., Pichlmaier M., Martens A., Hagl C., Khaladj N., Haverich A. Total aortic arch replacement with a novel four-branched frozen elephant trunk graft: first-in-man results. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2013;43(2):406-410. DOI: 10.1093/ejcts/ezs296.
- Czerny M., Schmidli J., Adler S., van den Berg J.C., Bertoglio L., Carrel T. et al. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2019;55(1):133-162. DOI: 10.1093/ejcts/ezy313.
- Tsagakis K., Kamler M., Benedik J., Jakob H. Angioscopy a valuable tool in guiding hybrid stent grafting and decision making during type A aortic dissection surgery. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2010;38(4):507-509. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.02.010.
- Чарчян Э.Р. Сосудистый эндопротез «Мягкий хобот слона» для гибридного лечения расслоения грудной аорты. Патент RU № 196616 U1. Опубл. 06.03.2020.
- Chen D., Wei J., Deng Y., Xu H., Li Z., Meng H. et al. Virtual stenting with simplex mesh and mechanical contact analysis for real-time planning of thoracic endovascular aortic repair. Theranostics. 2018;8(20):5758-5771. DOI: 10.7150/thno.28944.
- Gordeev M.L., Uspensky V.E., Bakanov A.Yu., Volkov V.V., Ibragimov A.N., Shcherbinin T.S. et al. Aortic arch reconstructive in surgical treatment of ascending aorta aneurysms and dissections. Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2016;20(4):45-57 (In Russ.). DOI: 10.21688/1681-3472-2016-4-45-57.
- Chernyavsky M.A., Zherdev N.N., Chernova D.V., Chernov A.V., Kudaev Yu.A., Gusev A.A. A clinical case of hybrid surgical treatment of aortic arch saccular aneurysm in a patient with newly diagnosed aortic coarctation. Russian Journal of Cardiology. 2018;(11):130-132 (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-11-130-132.
- Panfilov D.S., Kozlov B.N., Saushkin V.V., Shipulin V.M. Hybrid treatment of ascending aortic aneurysm and "shaggy aorta" syndrome. Kardiologiia. 2019;59(5S):65-68 (In Russ.). DOI: 10.18087/cardio.2646.
- 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 theelongated frozen elephant trunk procedure. Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. 2019;29(1):117-123. DOI: 10.1093/icvts/ivz026.
- 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. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2019.05.038.
- Rylski B., Muñoz C., Beyersdorf F., Siepe M., Reser D., Carrel T. et al. How does descending aorta geometry change when it dissects? Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2018;53(4):815-821. DOI: 10.1093/ejcts/ezx292.
- 13. Shrestha M., Beckmann E., Krueger H., Fleissner F., Kaufeld T., Koigeldiyev N. et al. The elephant trunk is freezing: The Hannover experience.

- J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2015;149(5):1286–1293. DOI: 10.1016/j. itcvs.2015.01.044.
- Katayama A., Uchida N., Katayama K., Arakawa M., Sueda T. The frozen elephant trunk technique for acute type A aortic dissection: Results from 15 years of experience. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2015;47(2):355–360. DOI: 10.1093/ejcts/ezu173.
- Dohle D.-S., Tsagakis K., Janosi R.A., Benedik J., Kühl H., Penkova L. et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2016;49(1):111–117. DOI: 10.1093/ejcts/ezv045.
- Leone A., Beckmann E., Martens A., Di Marco L., Pantaleo A., Reggiani L.B. et al. Total aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique: Results from two European institutes. *J. Thorac. Cardiovasc.* Surg. 2020;159(4):1201–1211. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.03.121.
- 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.
- Shrestha M., Pichlmaier M., Martens A., Hagl C., Khaladj N., Haverich A. Total aortic arch replacement with a novel four-branched

- frozen elephant trunk graft: first-in-man results. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2013;43(2):406–410. DOI: 10.1093/ejcts/ezs296.
- Czerny M., Schmidli J., Adler S., van den Berg J.C., Bertoglio L., Carrel T. et al. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2019;55(1):133–162. DOI: 10.1093/ejcts/ezy313.
- Tsagakis K., Kamler M., Benedik J., Jakob H. Angioscopy a valuable tool in guiding hybrid stent grafting and decision making during type A aortic dissection surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010;38(4):507– 509. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.02.010.
- Charchyan E.R. Vascular endoprothesis "soft elephant trunk" for hybrid treatment of breast aortic decomposition. Patent RU No. 196616 U1. Publ. 06.03.2020 (In Russ.).
- Chen D., Wei J., Deng Y., Xu H., Li Z., Meng H. et al. Virtual stenting with simplex mesh and mechanical contact analysis for real-time planning of thoracic endovascular aortic repair. *Theranostics*. 2018;8(20):5758– 5771. DOI: 10.7150/thno.28944.

Информация о вкладе авторов

Чарчян Э.Р. – концепция и дизайн исследования, редактирование, непосредственное участие в операциях.

Брешенков Д.Г. – сбор материала, написание текста, редактирование, непосредственное участие в операциях.

Белов Ю.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование, непосредственное участие в операциях.

Сведения об авторах

Чарчян Эдуард Рафаэлович, д-р мед. наук, чл.-корр. РАН, заведующий отделением реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского. ORCID 0000-0002-0488-2560.

E-mail: charchmed@yahoo.com.

Брешенков Денис Геннадьевич, аспирант 3-го года обучения, врач сердечно-сосудистый хирург, отделение реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского. ORCID 0000-0002-9459-9282. E-mail: denisbreshenkov@gmail.com.

Белов Юрий Владимирович, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор Института кардио-аортальной хирургии, Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского. ORCID 0000-0002-9280-8845.

E-mail: belovmed@gmail.com.

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

Поступила 24.12.2020

Information on author contributions

Charchyan E.R. – concept and design of the study, revision of the manuscript, direct participation in surgeries, and final approval of the manuscript for publication.

Breshenkov D.G. – collection of research material, writing and revision of the manuscript, direct participation in surgeries, and final approval of the manuscript for publication.

Belov Yu.V. – concept and design of the study, revision of the manuscript, direct participation in surgeries, and final approval of the manuscript for publication.

Information about the authors

Eduard R. Charchyan, Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Aortic Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery. ORCID 0000-0002-0488-2560.

E-mail: charchmed@yahoo.com.

Denis G. Breshenkov, Postgraduate Student, Cardiovascular Surgeon, Department of Aortic Surgery, Petrovsky National Research Centre of Surgery. ORCID 0000-0002-9459-9282.

E-mail: denisbreshenkov@gmail.com.

Yuriy V. Belov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Cardio-Aortic Surgery Institute, Petrovsky National Research Centre of Surgery. ORCID 0000-0002-9280-8845.

E-mail: belovmed@gmail.com

Denis G. Breshenkov, e-mail: denisbreshenkov@gmail.com.

Received December 24, 2020