

Застосування методики Frozen Elephant Trunk у хірургічній корекції комплексної патології висхідної, дуги та низхідної грудної аорти

В. І. Кравченко^{id}^A, І. П. Макогончук^{id}^{B,D}, І. А. Осадовська^{id}^C, І. М. Кравченко^{id}^E, К. В. Руденко^{id}^F

Державна установа «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Мета роботи – узагальнення сучасного досвіду корекції комплексної патології висхідної, дуги та низхідної грудної аорти з використанням методики Frozen Elephant Trunk.

Матеріали і методи. Описано техніку та наведено результати перших 42 операцій із протезування висхідної, дуги, судин дуги та низхідної грудної аорти методикою Frozen Elephant Trunk, що виконані співробітниками відділу хірургічного лікування патології аорти ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України» у період 2020–2025 р. Усім пацієнтам виконано операцію з протезування висхідної, дуги, судин дуги та низхідної грудної аорти – «стабілізований хобот слона» – як перший етап реконструкції при патології дуги аорти.

Результати. Госпітальна летальність становила 9,5 % випадків (4 пацієнти). Причини смерті – гостре порушення мозкового кровообігу (в 1 випадку), гостра дихальна недостатність (в 1 випадку), синдром поліорганної недостатності (в 2 випадках). У післяопераційному періоді в двох випадках залишали тампони через кровотечу, які видаляли на другу – третю післяопераційну добу. У трьох пацієнтів діагностовано стійку нижню параплегію, однак у двох випадках інтенсивна реабілітація сприяла повному відновленню функції. Ниркову недостатність, що потребувала сеансів діалізу, діагностовано в п'ятьох пацієнтів. В одному випадку виконали реторакотомію з приводу кровотечі. Тривала вентиляція легень (більше ніж 2 дні) зафіксована у шести пацієнтів. Після першого етапу у різні строки (від 14 днів до 3 років) виконано ендопротезування дуги й низхідної грудної аорти (TEVAR) трьома (7,1 %) пацієнтами для стабілізації низхідної грудної аорти та поліпшення ремоделювання істинного просвіту після розшарування. Усі процедури не спричинили ускладнень.

Висновки. При аневризмах дуги аорти, розшаруванні аорти, до якого залучена дуга та супрааортальні судини, порушенні анатомічної цілісності дуги радикальна корекція можлива шляхом виконання операції «стабілізованого хобота слона». Поліпшення передопераційної діагностики, хірургічної техніки, оптимізація методів захисту головного, спинного мозку та вісцеральних органів, а також можливості застосування гібридних / ендоваскулярних методик дали змогу лікувати пацієнтів із комплексними ураженнями висхідної, дуги та низхідної грудної аорти й отримати задовільні перші результати операцій. Рівень госпітальної летальності – в межах 9,5 % (4 пацієнти із 42).

Ключові слова:

аневризма аорти, аневризма дуги аорти, розшаровуюча аневризма аорти, операція Frozen elephant trunk, гібридне протезування дуги та низхідної грудної аорти.

Запорізький медичний журнал.
2025. Т. 27, № 5(152).
С. 405-409

Application of the frozen elephant trunk technique in surgical correction for complex pathology of the ascending aorta, aortic arch, and descending thoracic aorta

V. I. Kravchenko, I. P. Makohonchuk, I. A. Osadovska, I. M. Kravchenko, K. V. Rudenko

Aim: to summarize the current experience in correcting complex pathology of the ascending aorta, aortic arch, and descending thoracic aorta using the frozen elephant trunk technique.

Materials and methods. This study describes the technique and presents the outcomes of the first 42 operations involving prosthetic replacement of the ascending aorta, aortic arch, supra-aortic vessels, and descending thoracic aorta using the frozen elephant trunk technique. These procedures were performed by the staff of the Department of Surgical Treatment of Aortic Pathology at National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, during the period from 2020 to 2025. All patients underwent a procedure involving complete replacement of the ascending aorta and arch with supra-aortic vessel reimplantation aorta using the stabilized elephant trunk technique as the first stage of reconstruction for aortic arch pathology.

Results. Hospital mortality rate was 9.5 % (4 patients). Causes of death included acute cerebrovascular accident in 1 case, acute respiratory failure in 1 case, and multiple organ failure in 2 cases. Two patients required delayed re-exploration for tamponade on postoperative days 2–3 due to bleeding. Persistent lower paraplegia was observed in 3 patients; however, in 2 cases, intensive rehabilitation enabled full recovery of motor function. Renal failure requiring dialysis was observed in 5 patients. One patient underwent re-thoracotomy for postoperative bleeding. Prolonged mechanical ventilation (>2 days) was necessary in 6 patients. Following the first-stage procedure, endovascular repair (TEVAR) of the aortic arch and descending thoracic aorta was performed in 3 (7.1 %) patients within a period ranging from 14 days to 3 years after the initial operation to stabilize the descending thoracic aorta and promote true lumen remodeling following dissection. All endovascular procedures were completed without complications.

Conclusions. Radical surgical correction of aortic arch aneurysm or dissection involving supra-aortic vessels or disruption of the anatomical integrity of the arch is feasible using the stabilized elephant trunk technique. Advances in preoperative diagnostics, surgical techniques, optimization of cerebral, spinal, and visceral organ protection, and the availability of hybrid / endovascular approaches have enabled successful treatment of complex pathology involving the ascending aorta, arch, and descending thoracic aorta. The initial outcomes were satisfactory, with a hospital mortality rate of 9.5 % (4 out of 42).

Keywords:

aortic aneurysm, aortic arch aneurysm, dissecting aortic aneurysm, frozen elephant trunk procedure, hybrid prosthetic repair of the arch and descending thoracic aorta.

Zaporozhye
Medical Journal.
2025;27(5):405-409

Лікування захворювань аорти завжди було важливою, але й однією з найскладніших складових серцево-судинної хірургії. Це зумовлено не лише тим, що аорта є найбільшою й найважливішою артерією, але й тим, що патологія аорти може мати найрізноманітніші форми з найрізноманітнішими наслідками – від безсимптомної хвороби, що повільно прогресує, до раптової смерті через розрив.

Незважаючи на стрімкий розвиток хірургічної техніки, методик захисту головного мозку та внутрішніх органів, засобів моніторингу життєво важливих показників під час оперативного втручання, хірургічне лікування патології аорти досі асоційоване зі значними ризиками та високим рівнем операційної летальності.

Серед усіх кардіохірургічних втручань операції на грудній аорті є одними з найскладніших. Для їх успішного виконання потрібен високий рівень хірургічної кваліфікації, анестезіологічного та перфузіологічного забезпечення. Зона дуги аорти – одна з найскладніших і найнебезпечніших ділянок ураження. Постійний розвиток технологій і накопичення досвіду в серцево-судинній хірургії дали змогу за необхідності здійснювати одночасну заміну висхідної, дуги та низхідної грудної аорти (операція Frozen Elephant Trunk, FET). Таке втручання сприяло покращенню результатів і зменшенню кількості ускладнень [1].

За рекомендаціями ESC [2], операція Frozen Elephant Trunk («стабілізованого хобота слона») показана пацієнтам із розшаруванням аорти типу А та фенестрацією в дузі або проксимальному відділі низхідної грудної аорти. За даними фахівців Американської асоціації торакальних хірургів [3], виконання FET дає змогу найефективніше корегувати складну патологію грудної аорти через евенційну стернотомію. У разі гострої дисекції типу А, коли дисекція поширюється на низхідну аорту, FET може сприяти кращій реконструкції, однак асоційована з більшою частотою ускладнень, ніж при плановому втручанні. Важливим є обмеження довжини стента (<15 см) й уникнення його розміщення нижче від рівня Т8 для зменшення ризику спінальної ішемії.

Повноцінне відновлення цілісності судин цього басейну потребує якнайкращого опанування лікарем хірургічної техніки та розуміння необхідності адекватного захисту мозку та вісцеральних органів під час такої операції.

Мета роботи

Узагальнення сучасного досвіду корекції комплексної патології висхідної, дуги та низхідної грудної аорти методикою Frozen Elephant Trunk.

Матеріали і методи дослідження

Ідея поєднання відкритої та ендovasкулярної техніки в умовах обмеженого застосування в Україні гібридного комплексного одномоментного стабілізованого протезування низхідної та дуги аорти виникла та була реалізована на практиці в 2020 році. З того часу до липня 2025 року в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України» виконано 42 операції за гібридною методикою Frozen Elephant Trunk.

Серед 42 пацієнтів, яким виконано таке втручання, переважна більшість – 29 (69,0 %) – чоловіки. Вік пацієнтів становив від 29 до 73 років, середній вік – $53,83 \pm 4,10$ року. Більше ніж третина – 16 (38,1 %) пацієнтів – уже перенесли кардіохірургічні втручання: 15 (35,7 %) хворих були прооперовані з приводу патології висхідної аорти (супракоронарне протезування висхідної аорти з напівдугою – 11 випадків, операція Bentall – 2; в 1 випадку попередньо були виконані протезування аортального клапана та аортокоронарне шунтування).

Основні показання для повторного втручання – ускладнений післяопераційний перебіг і прогресивне збільшення діаметра дистального відділу висхідної та дуги аорти.

Аортальні патології, що була показаннями до хірургічного лікування, – гостра розшаровуюча аневризма аорти типу А – 8 (19,0 %) випадків; хронічна розшаровуюча аневризма аорти (ХРАА) типу А – 17 (40,5 %), із них 10 пацієнтів – із резидуальною дисекцією після попереднього протезування аорти; розшарування аорти ні А, ні В типу – 8 (19,0 %) випадків; хронічна розшаровуюча аневризма аорти типу В – 3 (7,1 %) пацієнти; інтрамуральна гематома – 1 (2,4 %) випадок; пенетруюча виразка аорти – 2 (4,8 %); торакоабдомінальна аневризма аорти – у 3 (7,1 %) пацієнтів (табл. 1).

Симультанно з процедурою FET, якщо були показання, здійснено такі оперативні втручання: Уасоуб – в 1 (2,4 %) пацієнта, аортокоронарне шунтування – у 11 (26,2 %) оперованих (1–3 аутовенозні графти), пластика мітрального клапана – в 3 (7,1 %) випадках, анулопластика трикуспідального клапана – в 4 (9,5 %), операція Bentall – de Bono – у 3 (7,1) хворих (в 1 випадку – повторно), репротезування аортального клапана виконано 1 (2,4 %) пацієнту (табл. 2).

Усі операції виконано через повздовжню серединну стернотомію (або повторну рестернотомію) з частковим розширенням доступу на 2–3 см до проєкції лівого грудинно-ключичного м'язу. Після ретельного кардіолізу готували місце для підключення штучного кровообігу, використовуючи бікавальну венозну канюляцію. Артеріальну магістраль найчастіше підключали через стегову артерію – у 40 (95,2 %) пацієнтів. У двох випадках використано праву підключичну артерію, магістраль підключили через попередньо імплантований судинний протез діаметром 8 мм.

У двох пацієнтів канюляцію виконано безпосередньо в тіло брахіоцефального стовбура перед його поділом на праву підключичну та праву загальну сонну артерію. Повністю візуалізували й обводили лігатурами безіменну вену та структури дуги аорти, виділяли основний стовбур і біфуркацію брахіоцефального стовбура, праву загальну сонну та підключичну артерії.

Основні технічні труднощі виникали під час візуалізації та виділення лівої підключичної артерії (ЛПА). Патологічний процес та експансивне збільшення аневризми дуги аорти значно зміщували гірло й тіло ЛПА краніально й дорсально, що ускладнювало її пошук і виділення.

Після гепаринізації (300 ОД/кг) тіло ЛПА перетинали, герметизуючи привідний сегмент двоярним швом (пролен 5.0). Судинним протезом діаметром 8–10 мм

подовжували ЛПА, підключали його до артеріальної магістралі, після цього розпочинали штучний кровообіг.

Після затиснення аорти та введення кардіоплегічного розчину (кустодіол у дозі 20 мл/кг, комбінація анте-ретроградного введення) переходили до внутрішньо-серцевого етапу корекції вад (заміна аортального клапана, пластика чи протезування мітрального клапана тощо).

Після завершення внутрішньо-серцевого етапу за умов гіпотермії (20–22 °С) починали наступний – на фоні «відкритої дуги аорти». Для захисту центральної нервової системи в усіх клінічних ситуаціях використано методику антеградної церебральної перфузії через устя усіх судин дуги. В умовах гіпотермічної перфузії головного мозку здійснювали ревізії дуги аорти та проксимального відділу низхідної грудної аорти. Після стабілізації зони дистального анастомозу виконано імплантацію та позиціонування стент графту. Наступний етап – тотальний дебранчинг, з почерговим відключенням судин дуги від антеградної церебральної перфузії в напрямі від лівої підключичної артерії до брахіоцефального стовбура. Така послідовність виконання анастомозів між брахіоцефальними судинами та браншами судинного протеза забезпечує оптимальну візуалізацію зони маніпуляцій, внаслідок чого зменшується тривалість основного етапу корекції.

Для гібридної корекції низхідної грудної аорти під час основного етапу втручання в 27 (64,3 %) випадках використано протези «E-Vita Hybrid stent graft» (E-Vita Open Plus – 14, E-Vita Open Neo – 13), протези «Cronus stent graft system» (Endovastec) імплантовано 15 (35,7 %) пацієнтам (табл. 3).

Наступний етап передбачав протезування дуги аорти. Серед 42 пацієнтів у 19 (45,2 %) випадках виконано тотальний селективний дебранчинг, в 13 (31,0 %) випадках – пересадку брахіоцефального стовбура та лівої сонної артерії острівцевою (island) методикою та селективний дебранчинг лівої підключичної артерії. Тотальний дебранчинг island методикою виконано в 2 (4,8 %) випадках.

Реімплантацію ЛПА здійснено на внутрішній криvizні протеза висхідної аорти, відновлено природний кровотік. За температури 34 °С герметизували порожнини серця, а при 37 °С припиняли штучний кровообіг.

Результати

Госпітальна летальність становила 9,5 % випадків (4 пацієнти). Як причини смерті визначено гостре порушення мозкового кровообігу (в 1 випадку), гостру дихальну недостатність (в 1 випадку), синдром поліорганної недостатності (в 2 випадках).

У післяопераційному періоді в двох випадках залишали тампони через кровотечу, які видаляли на другу – третю післяопераційну добу. У трьох пацієнтів діагностовано стійку нижню паралілею, однак у двох випадках інтенсивна реабілітація сприяла повному відновленню функцій. Ниркову недостатність, що потребувала сеансів діалізу, діагностовано в п'ятих пацієнтів. В одному випадку виконали реторакотомію з приводу кровотечі. Тривала вентиляція легень (більше ніж 2 дні) зафіксована у шести пацієнтів.

Таблиця 1. Аортальні патології, що стали показанням для виконання FET

Нозологія	n (%)
Гостра розшаровуюча аневризма аорти типу А	8 (19,0 %)
ХРАА типу А	17 (40,5 %)
ХРАА ні А ні В типу	8 (19,0 %)
ХРАА типу В	3 (7,1 %)
Торакоабдомінальна аневризма аорти	3 (7,1 %)
Пенетруюча виразка аорти	2 (4,9 %)
Інтрамуральна гематома	1 (2,4 %)

Таблиця 2. Кількісна та якісна характеристика втручань, виконаних симультанно із процедурою FET

Найменування втручання	n (%)
Аортокоронарне шунтування	11 (26,2 %)
Пластика мітрального клапана	3 (7,1 %)
Анулопластика трикуспідального клапана	4 (9,5 %)
Bentall – de Bono	3 (7,1 %)
Репротезування аортального клапана	1 (2,4 %)

Таблиця 3. Кількісна та якісна характеристика використаних гібридних протезів

Назва гібридного протеза	n (%)
«E-Vita Hybrid stent graft» Open Plus	14 (33,3 %)
«E-Vita Hybrid stent graft» Open Neo	13 (31,0 %)
«Cronus stent graft system» (Endovastec)	15 (35,7 %)

Після першого етапу 3 (7,1 %) пацієнтам у різні строки (від 14 днів до 3 років) виконано ендопротезування дуги й низхідної грудної аорти (TEVAR) для стабілізації низхідної грудної аорти та поліпшення ремоделювання істинного просвіту після розшарування.

Усі процедури не спричинили ускладнень.

Обговорення

Захворювання аорти з ураженням висхідної, дуги та низхідної частини завжди були технічно складними для лікування на всіх етапах розвитку кардіохірургії. Це пов'язано зі значною тривалістю операції, необхідністю зупинки кровообігу на першому етапі, хірургічними ускладненнями, що пов'язані з безпосередньою близькістю життєво важливих анатомічних структур, а також тривалістю можливого періоду ішемії.

У 1983 році Ганс Борст уперше описав ідею хірургічного лікування комплексної патології висхідної, дуги та низхідної грудної аорти шляхом заміни перших двох частин судинним протезом із герметичним закріпленням останнього дистальніше від рівня ЛПА. Вільна частина протеза завдовжки 8–10 см залишалася в низхідній грудній аорті [4].

Запропонована методика отримала назву «операція хобота слона» (Elephant Trunk Operation). Автор доводив, що така техніка оптимізує формування анастомозу між аортою та трансплантатом, полегшує виконання наступного етапу. Двоетапність, з одного боку, спричиняла додаткові ризики в міжопераційному періоді та ускладнень другої операції, але з іншого, – забезпечувала достатню експозицію ліній судинних анастомозів, зменшувала тривалість ішемії головного мозку та вісцеральних органів.

Через кілька років після початкового скепсису методики «хобота слона» стала рутинною в клінічній практиці, ба більше, її постійно вдосконалюють. У 1996 році з'явилися модифікації цієї операції, як-от методика стабілізованого («замороженого») «хобота слона» [5]. Таке втручання дає змогу виконати весь обсяг корекції одномоментно, знизити ризики двоетапного втручання, нівелювати летальність, пов'язану з очікуванням другого етапу лікування [6].

Комплексна патологія грудної аорти, особливо ураження дуги аорти, були і є складною проблемою в кардіохірургії. Оптимальною хірургічною стратегією надання допомоги таким хворим є методика протезування ураженого сегмента виконанням операції «хобота слона». Процедуру «стабілізованого хобота слона» (FET), що включає повну заміну висхідної та дуги аорти та розміщення стент-трансплантату в проксимальному відділі низхідної грудної аорти, розроблено, аби потенційно виконувати одноетапне лікування, для зменшення ризиків очікування другого етапу. Крім того, застосування цієї методики сприяє ремоделюванню низхідної аорти, робить безпечнішим можливий наступний етап корекції (TEVAR), оскільки забезпечує оптимальну зону встановлення ендопротеза [7,8].

Згідно з даними досліджень, під час яких оцінювали результати виконання операції FET, показники внутрішньолікарняної смертності становлять від 2,2 % до 18,2 %, є нижчими, ніж при використанні традиційних двоетапних методик. Втім, такі ускладнення, як інсульт (4,2–20,4 %), ураження спинного мозку (0,2–6,2 %), гостре ураження нирок (1,2–12,2 %), ішемія кишківника (0,4–8,6 %) все ще виникають у прооперованих пацієнтів [9].

Нині обидві версії методики «хобота слона» – класична та стабілізована, – а також їхні численні модифікації є рутинними процедурами в провідних спеціалізованих аортальних центрах світу. Їх застосування дає змогу лікувати складні ураження аорти, мінімізувавши ризики, сприяє швидкій реабілітації пацієнтів.

Висновки

Поліпшення передопераційної діагностики, хірургічної техніки, оптимізація методик захисту головного, спинного мозку та вісцеральних органів, а також використання гібридних / ендоваскулярних методик зробили реальним лікування пацієнтів із комплексними ураженнями висхідної, дуги та низхідної грудної аорти. Це дало змогу досягнути задовільних віддалених (5 років) результатів після виконаної операції «Frozen elephant trunk» та робить застосування цієї методики перспективним.

Етичне схвалення

Усі пацієнти надали письмову інформовану згоду на участь у дослідженні та публікацію анонімізованих даних, отриманих під час нього, відповідно до закону України «Про захист персональних даних». Усі процедури, які виконали під час дослідження, відповідали чинним етичним стандартам щодо клінічної практики, нормам Гельсінської декларації (1964 р. з поправками) та «Загальної декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО)». Робота схвалена Комітетом з медичної етики ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», протокол від 09.07.2025 року № 25.

Фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Конфлікт інтересів:

відсутній.
Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 13.08.2025

Після доопрацювання / Revised: 01.10.2025

Схвалено до друку / Accepted: 10.10.2025

Відомості про авторів:

Кравченко В. І., д-р мед. наук, старший дослідник, зав. напрямку, відділення хірургічного лікування патології аорти та набутих вад серця, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0003-4873-5367

Макогончук І. П., лікар-хірург серцево-судинний, молодший науковий співробітник відділення хірургічного лікування патології аорти та набутих вад серця, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0009-0002-0654-6082

Осодовська І. А., канд. мед. наук, лікар-кардіолог, зав. відділення хірургічного лікування патології аорти та набутих вад серця, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0009-0006-8987-6974

Кравченко І. М., д-р мед. наук, професор, головний науковий співробітник відділення хірургічного лікування патології аорти та набутих вад серця, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-7835-9481

Руденко К. В., д-р мед. наук, заступник директора з науково-координаційної роботи, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ; чл.-кор. НАМН України.
ORCID ID: 0000-0002-1508-9293

Information about the authors:

Kravchenko V. I., MD, PhD, DSc, Senior Researcher, Head of the Research Area, Department of Surgical Treatment of Aortic Pathology and Acquired Heart Defects, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Makohonchuk I. P., MD, Cardiovascular Surgeon, Junior Researcher of the Department of Surgical Treatment of Aortic Pathology and Acquired Heart Defects, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Osadovska I. A., MD, PhD, Cardiologist, Head of the Department of Surgical Treatment of Aortic Pathology and Acquired Heart Defects, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Kravchenko I. M., MD, PhD, DSc, Professor, Chief Researcher of the Department of Surgical Treatment of Aortic Pathology and Acquired Heart Defects, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Rudenko K. V., MD, PhD, DSc, Deputy Director for Scientific Coordination, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv; Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.



Іван Макогончук (Ivan Makohonchuk)
ivan.makohonchuk@gmail.com

References

- Jakob H. Frozen elephant trunk in acute type I dissection—a personal view. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(5):640-1. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.09.21
- Mazzolai L, Teixido-Tura G, Lanzi S, Boc V, Bossone E, Brodmann M, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial

- and aortic diseases. *Eur Heart J*. 2024;45(36):3538-700. doi: [10.1093/eurheartj/ehae179](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae179)
3. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J 3rd, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022;146(24):e334-e482. doi: [10.1161/CIR.0000000000001106](https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001106)
 4. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using "elephant trunk" prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1983;31(1):37-40. doi: [10.1055/s-2007-1020290](https://doi.org/10.1055/s-2007-1020290)
 5. Kato M, Ohnishi K, Kaneko M, Ueda T, Kishi D, Mizushima T, Matsuda H. New graft-implanting method for thoracic aortic aneurysm or dissection with a stented graft. *Circulation*. 1996;94(9 Suppl):II188-93
 6. Bashir M, Mohammed I, Al-Tawil M, Jubouri M, Agbobu T, Chen EP. Frozen elephant trunk: the gold standard. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2023;30:13(3):623-27. doi: [10.21037/cdt-23-144](https://doi.org/10.21037/cdt-23-144)
 7. Jakob H, Idhrees M, Bashir M. Frozen elephant trunk with straight vascular prosthesis. *Ann Cardiothorac Surg*. 2020;9(3):164-9. doi: [10.21037/acs-2020-fet-60](https://doi.org/10.21037/acs-2020-fet-60)
 8. Jakob H, Idhrees M, Bashir M. From E-VITA open plus to E-VITA NEO and E-NOVIA. *J Card Surg*. 2021;36(5):1814-7. doi: [10.1111/jocs.15044](https://doi.org/10.1111/jocs.15044)
 9. Di Eusanio M, Pantaleo A, Murana G, Pellicciari G, Castrovinci S, Berretta P, et al. Frozen elephant trunk surgery-the Bologna's experience. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(5):597-605. doi: [10.3978/j.issn.2225-319X.2013.08.01](https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2013.08.01)