

doi: 10.3897/bgcardio.28.e83660

ТРАНСКАТЕТЪРНА АОРТНА КЛАПНА ИМПЛАНТАЦИЯ ЧРЕЗ ТРАНСАОРТЕН ХИРУРГИЧЕН ДОСТЪП

А. Попова¹, Д. Трендафилова¹, Ю. Джоргова¹, Д. Петков², Ф. Абединов³, Т. Христова¹, Ст. Иванов¹

¹Клиника по кардиология, ²Клиника по сърдечна хирургия,

³Клиника по анестезиология и интензивно лечение, УМБАЛ „Св. Екатерина“ София – София

TRANSCATHETER AORTIC VALVE IMPLANTATION VIA TRANSAORTIC SURGICAL ACCESS

A. Popova¹, D. Trendafilova¹, J. Jorgova¹, D. Petkov², F. Abedinov³, T. Hristova¹, S. Ivanov¹

¹Department of Cardiology, ²Department of Cardiac Surgery, ³Department of Anesthesiology and Intensive Care
"Sveta Ekaterina" University Hospital for Active Treatment – Sofia

Резюме.

Представяме случай на 80-годишна пациентка със симптоматична високостепенна аортна стеноза и известна исхемична болест на сърцето, по повод на която е проведена предходна кардиохирургична реваскуларизация. Пациентката е високорискова за конвенционално кардиохирургично аортно клапно протезиране (SAVR) предвид наличната коморбидност и напредналата ѝ възраст, поради което при нея се предприе стратегия за транскатетърна аортна клапна имплантация (TAVI). Наличната подлежаща генерализирана атеросклероза създаде трудности при избора на подходящ съдов достъп за процедурата. При пациентката се използва трансаортен достъп, който бе техническо предизвикателство, с оглед запазването целостта на функциониращия аортокоронарен байпас при повторната стернотомия. Този клиничен случай демонстрира, че липсата на подходящ трансфеморален достъп за транскатетърно аортно клапно протезиране сам по себе си не е противопоказание за извършване на процедурата, а напротив трябва да служи като стимул за търсене и използване на нови и алтернативни съдови достъпи.

Ключови думи:

аортна стеноза, транскатетърна аортна клапна имплантация, трансаортен достъп

Адрес

за кореспонденция:

Д-р Анна Попова, Клиника по кардиология, УМБАЛ „Св. Екатерина“, бул. „Пенчо Славейков“ № 52А, 1700 София, е-mail: anna_danielova@hotmail.com, тел.: +359898494993

Abstract.

We report a case of an 80-years-old patient with a severe, symptomatic aortic valve stenosis and history of ischemic heart disease, previously treated by coronary artery bypass graft surgery. The patient was contraindicated for conventional surgical aortic valve replacement (SAVR) due to advanced age and underlying comorbidity, therefore transcatheter aortic valve implantation (TAVI) has been offered. The access options for the procedure were restricted by the underlying generalized atherosclerosis process causing peripheral vessel disease. We have chosen transaortic access for the patient which in that case was the only possible option. The transaortic valve implantation was successful with satisfactory hemodynamic results, improvement in functional class heart failure of the patient and preserving the function and anatomy of the coronary artery bypass graft. This case report demonstrates that the lack of favorable transfemoral access for TAVI should not be a limitation by itself for the procedure, rather than be stimulus for searching and using new and alternative access for it.

Key words:

aortic stenosis, transcatheter aortic valve implantation, transaortic access

Address f

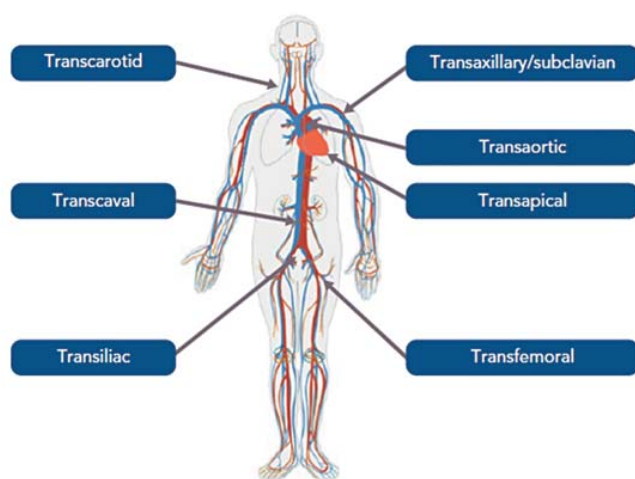
or correspondence:

Anna Popova, MD, Department of Cardiology, "Sveta Ekaterina" University Hospital for Active Treatment, 52A, Pencho Slaveykov boul., Bg – 1700 Sofia, e-mail: anna_danielova@hotmail.com, phone number.: +359898494993

ВЪВЕДЕНИЕ

Транскатетърното имплантиране на аортна клапа (TAVI) през последните години се утвърди като метод на избор при лечение на високостепенна симптоматична аортна стеноза при възрастни пациенти с висок оперативен риск. През изминалите 20 години от първата процедура, извършена на 16 април 2002 г. от професор Alain Cribier в Charles Nicolle University Hospital, Руен, Франция чрез антеграден транссептален достъп, до днес се менят различни тенденции и стратегии при извършване на самата процедура [1]. Модерният „минималистичен“ подход включва минимална инвазивност чрез трансфеморален перкутанен достъп, заместване на общата анестезия със седация, временно пейсиране чрез левокамерен (ЛК) водач вместо с познатото деснокамерно (ДК) пейсиране чрез електрод, имплантиран през феморална вена, използване на съшивателни closure device, ранно раздвижване и кратък болничен период. Предпочитаният съдов достъп също се променя през годините. Като започнем от първоначално използвания транссептален (TS) достъп при първата TAVI процедура 2002 г., преминаем през масово използвания през 2005 г. феморален хирургичен достъп и първото поколение устройства с 24 Fg дезиле, и достигнем до най-често използвания в настоящем – перкутанен трансфеморален достъп (TF) с 14 Fg дезиле.

Въпреки предимствата и масовостта на TF достъп, днес все по-често се налага използването и на алтернативни достъпи като трансаксиларен, транссубклавиен, транскавален, трансартерен (ТАо), транскаротиден, транскавален, трансаксиларен (ТА) и трансилиачен (ТИ) [2].



Фиг. 1. Различни видове достъпи при TAVI. (Илюстрация от: Coughlan, J.J. & Kiernan, Thomas & Arnous, Samer. (2019). Alternative Access for Transcatheter Aortic Valve Implantation: Current Evidence and Future Directions. *Vascular and Endovascular Review*. 2. 25-29. 10.15420/ver.2019.4.2.)

До тях се прибегва само в около 15% от случаите – при малък калибър на феморалните артерии и при изразена калциноза или туртозионност на съда.

ОПИСАНИЕ НА КЛИНИЧЕН СЛУЧАЙ

Касае се за 80-годишна жена (BMI = 26.9), която постъпва в Клиниката по кардиология на нашия център, с прояви на висок функционален клас сърдечна недостатъчност (IV по NYHA) и стенокардна симптоматика. Пациентката е с известна исхемична болест на сърцето при генерализирана атеросклероза и комбиниран дегенеративен аортен порок – високостепенна аортна стеноза и умерена аортна инсуфициенция. През 2004 г. в друго лечебно заведение е извършена селективна коронарна ангиография и лява вентрикулография и е установена триклонова коронарна болест, левокамерна (ЛК) систолна дисфункция и към умерена митрална инсуфициенция. Пациентката е обсъдена и преценена като показана за извършване на оперативна реваascularизация. През 2005 г. е хоспитализирана в Клиника по кардиохирургия към нашето лечебно заведение и в условията на екстракорпорално кръвообращение е извършено оперативно лечение посредством байпас от лява вътрегръдна артерия към лява предна десцендентна артерия (LAD-LIMA) и два автовенозни графта, съответно към дясна коронарна артерия (RCA – s.v.g.) и към първи маргинален клон на циркумфлексна артерия (OM1 – s.v.g.). През 2015 г. е хоспитализирана в друго лечебно заведение поради рецидив на стенокардна симптоматика и отново е извършено инвазивно изследване, от което е обективизирана оклузия на OM1 – s.v.g., което е наложило имплантацията на четири медикамент-излъчващи стента на нативния съд. Пет години по-късно в хода на поредна селективна коронарна ангиография е установена стеноза, третирана успешно с поставянето на един медикамент-излъчващ стент. Обемът на проведеното тогава инвазивно изследване включва и периферна ангиография, от която е визуализирано високостепенно стеснение на лявата подключична артерия (LICA), разрешено на втори етап чрез балонна перкутанна транслуминална ангиопластика.

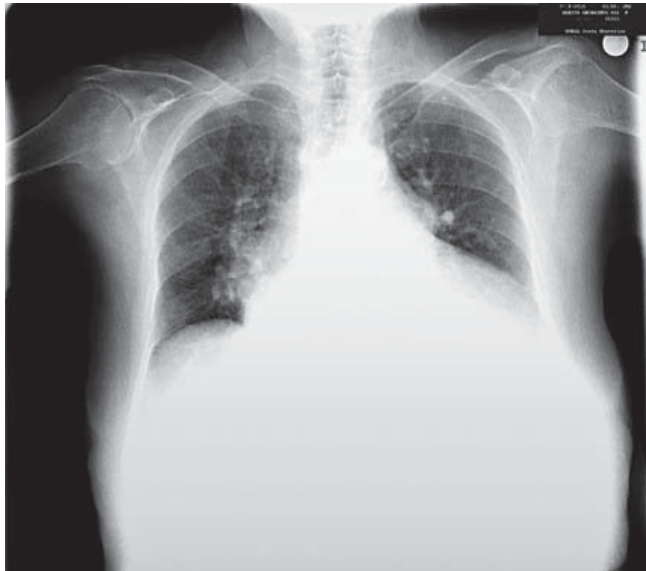
Освен сърдечно-съдова патология, пациентката има придружаващо хронично бъбречно заболяване IV степен по KIDGO (при изчислен креатининов клирънс по Cockcroft-Gault 24 ml/min), което допълнително допринася за прогресиране на проявите на сърдечна недостатъчност.

Когато постъпва в Клиниката, пациентката е в уведено общо състояние, контактна, адекватна, ориентирана за време, място и собствена личност, заемаща принудително полуортопноично положение

ние в леглото. Дишането е повърхностно, тахипноично и аскултаторно се установяват дребни влажни хрипове в белодробните основи. Артериалното налягане (АН) при постъпване е 110/70 mm Hg на фона на ритмична сърдечна дейност при сърдечна честота (СЧ) 60 уд./min. От сърдечно-съдовия статус за отбелязване е аскултаторната находка за глухи сърдечни тонове със отслабен втори тон, наличен трети тон, систолен клик на отваряне и кресчендо-декресчендо мезосистолен шум на второ дясно междуреброе, 3/6 степен, пропагиращ към каротидните артерии и сърдечния връх.

Параклиниката колерира с анамнезата за хронично бъбречно заболяване с повишени стойности на азотните тела.

Електрокардиографията е с белези за левокамерно обременяване, а рентгенографията на гръдния кош е с данни за разширена сърдечно-съдова сянка с кардиоторакален индекс над 0.5.



Фиг. 2. Рентгенография на бял дроб и сърце, обективизираща състен крайхилусен рисунък, засенчена лява основа в резултат на разширена сърдечно-съдова сянка и калцификати по стената на аортната дъга

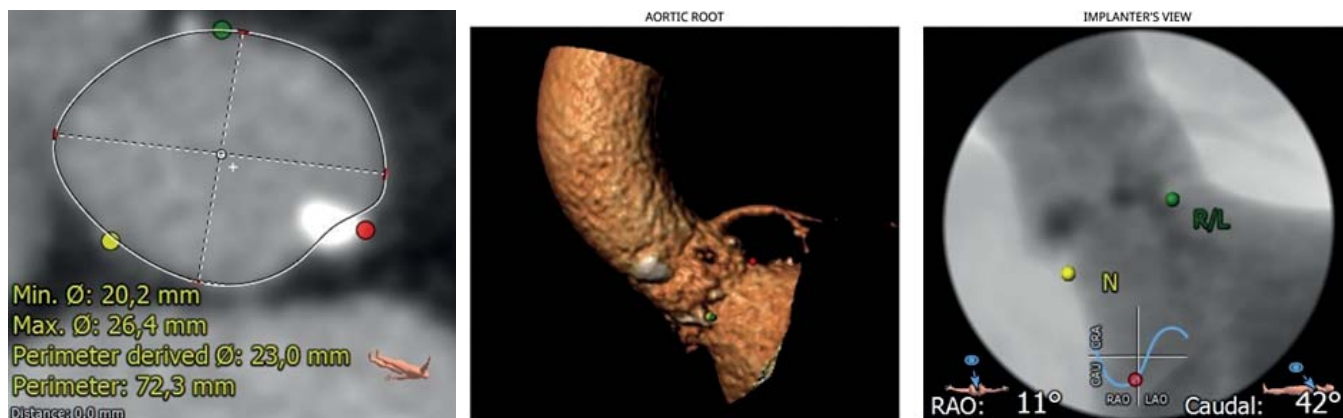
От трансторакалната ехокардиография се обективизира тежка ЛК систолна дисфункция с фракция на изтласкване 30% при теледиастолен обем (ТДО) 165 ml към телесистолен (ТСО) 114 ml. Аортната клапа е трикуспидна с изразени калцинозни промени, измерен пиков систолен градиент 65 mm Hg и изчислен среден систолен градиент 40 mm Hg. Аортната инсуфициенция е оценена като умерена. Визуализира се дегенеративно променена митрална клапа с високостепенна митрална инсуфициенция. Установява се високостепенна трикуспидална инсуфициенция, като индиректно измереното налягане в дясната камера е над 50 mm Hg, без данни за плеврални изливи.

Селективната коронарна ангиография, извършена месец по-рано, обективизира проходими стентове в LM и Cx, проходим LAD-LIMA графт и оклудирани RCA – s.v.g., и OM1 – s.v.g.

Приемаме, че става въпрос за пациентка с комбиниран дегенеративен аортен клапен порок при високостепенна аортна стеноза и умерена аортна инсуфициенция, оценени въз основа на данните от проведените до момента неинвазивни и инвазивни изследвания. Предвид напредналата ѝ възраст, тежката ЛК систолна дисфункция и известното хронично бъбречно заболяване, което създава риск за остра бъбречна недостатъчност с последваща необходимост от провеждане на диализно лечение, пациентката бе обсъдена на кардиохирургичен TAVI-HEART Team (включващ кардиохирург, инвазивен кардиолог, кардиолог, ехокардиографист и образен диагностик) като високорискова за конвенционално оперативно лечение (SAVR) и като показана за TAVI. Наличието на функциониращ артериален байпас LIMA-LAD допълнително повишава риска при повторна стернотомия и говори в полза на TAVI пред SAVR. Оперативният риск бе оценен чрез Society of Thoracic Surgery Morbidity or Mortality на 18.9%, Euro Score II – 8.3%, и Logistics Euro Score – 12.7%, които се интерпретират в контекста на повишен периперативен риск и са в подкрепа на решението за TAVI.

От проведените компютърна томография (КТ), аортография и КТ на сърце с ЕКГ синхронизация се потвърди наличието на трикуспидна дегенеративно променена аортна клапа с груби калцификати по трите платна. Площта на клапния пръстен е 432 mm² с размери в систола 24.7/20.8 mm. На базата на данните от КТ бяха направени реконструкции и оразмерявания, които бяха взети предвид при избора на подходяща клапна протеза. Прецени се, че пациентката е подходящ за имплантиране на self-expandable протеза Corvalve Evolut R 29 mm.

По отношение на периферно-съдовия статус от КТ аортография, проведена в друго лечебно заведение, е визуализирана генерализирана атеросклероза, обхващаща общата дясна илиачна артерия, с остиална 60% стеноза и максимален диаметър на лумена 7.1 x 5 mm, което прави невъзможно преминаването на протезата, предвид изисквания минимален диаметър на съда – 5.5 mm. Лявата обща феморална артерия е със съд с висока бифуркация, 30% стеноза и минимален размер 8.1 x 5.6 mm, който е граничен по отношение на споменатото изискване. Така изложените факти ограничават TF и TI достъпа. Пациентката е с вариететна анатомия на аортата – тип Бовинум (общ ствол на трункус брахиоцефаликус и



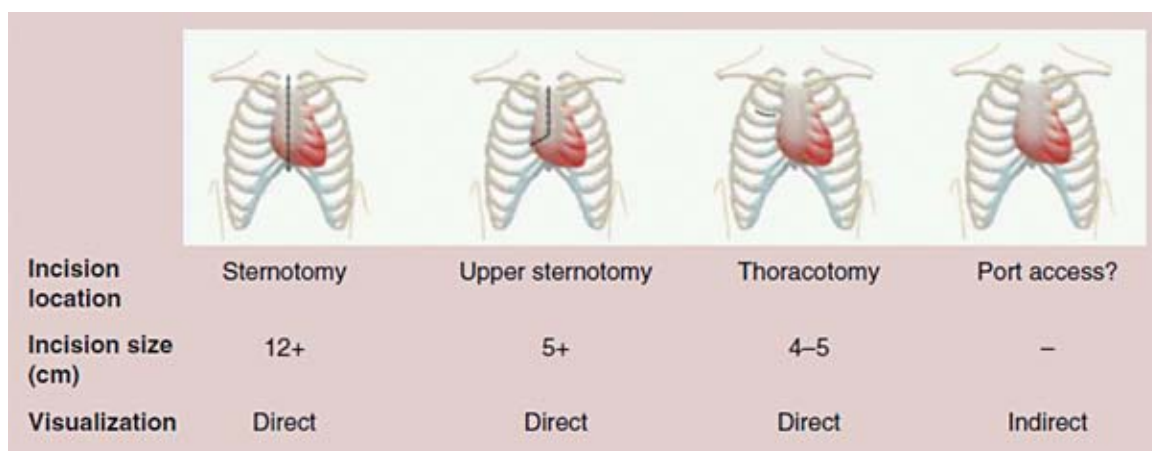
Фиг. 3. Реконструкции по данни от КТ аортография. Изчисленият периметър на аортния анулус е 72.3 mm, което прави пациентката подходяща за протеза Corvalve Evolut R размери 26 mm и 29 mm, с овърсайзинг, както следва 13 и 26%

лява обща каротидна артерия). От друга страна, лявата подключична артерия е с проходим стент, който проминава 20 mm в лумена на аортната дъга, а дясната подключична артерия е с 60% стеноза на 60 mm след остиума, които не позволяват трансаксиларен и трассубклавиен достъп за процедурата. Под внимание се взе възможността за ТА достъп, който от своя страна носи висок риск за последващи усложнения – прогресиране на ЛК систолна дисфункция и оформяне на левокамерна аневризма. Предвид тежката ЛК систолна дисфункция с фракция на изтласкване 30% се прецени, че рискът по отношение на далечната прогноза е неоправдан. Наличието на функциониращ байпас LAD-LIMA от своя страна прави рисковото използването на ТАо достъп. Находките от периферната КТ ангиография бяха разгледани от сърдечния тим, който обсъди всички възможни варианти за съдов достъп и взе решение за ТАо

път на имплантация на биологичната клапна протеза. Основното техническо предизвикателство в случая бе запазването на функционалната и анатомична цялост на наличния артериален графт при повторната стернотомия.

В условията на обща анестезия с механична вентилация се имплантира TAVI. Чрез достъп от артерия феморалис декстра се постави 5 Fg интродюсер, през който се въведе pigtail катетър във възходяща аорта. За хирургичния достъп бе използвана дясна предна миниторакотомия вместо J-министернотомия с оглед по-малък травматизъм и риск за увреда на байпаса.

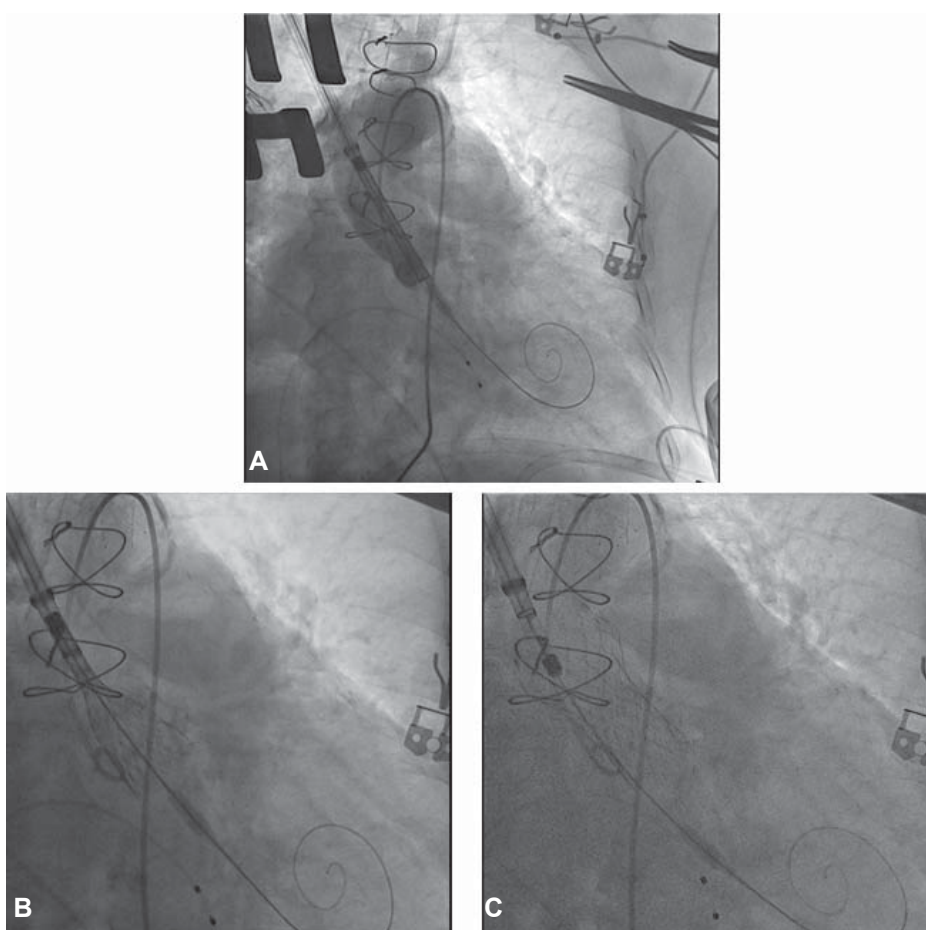
Премина се с твърд водач през аортната клапа и се имплантира саморазгъваща се биологична клапна протеза Corvalve Evolut R 29 mm. Постдилатира се с балон 20/40 mm в условията на високочестотно пейсиране. Бе поставен трансторакален дренаж.



Фиг. 4. Подходи за директен аортен достъп при TAVI [Илюстрация от: Basel Ramlawi & Michael J Reardon – Nontransfemoral access alternatives for transcatheter aortic valve replacement Review Article – Interventional Cardiology, 2014, 6(1)]



Фиг. 5. Директен аортен достъп чрез дясна предна торакотомия с малка инцизия във второ междуребрне [Илюстрация от: Branny M, Hudec M, Miroslav Bilka, et al. Alternative access routes for transcatheter aortic valve implantation (TAVI). Cor et Vasa. Brno: Česká kardiologická společnost, 2017, 59(1):e10-e16, doi:10.1016/j.crvasa.2017.01.024]



Фиг. 6. Ангиография А) Pigtail в ЛК и твърд водач позициониран през аортна клапа В) Разгъване на self-expandable Corvalve Evolut R 29 mm С) Разгънатата биопротеза

Постпроцедурно пациентката е преведена в Клиника по анестезиология и интензивно лечение, интубирана със стабилна хемодинамика (АН – 110/60 mm Hg, СЧ – 88 уд./min), афебрилна, със спокойни пункционни места, добър кръвногазов анализ. Проследен е спад в стойностите на хемог-

лобина (от изходен хемоглобин 121 g/l до 76 g/l след процедурата) на фона на отделяне на 200 ml кръв в торакалния дрен, което наложи еднократно кръвопреливане. На 6-ия поспроцедурен час пациентката е екстубирана. Ехокардиографски се обективизира компетентна аортна клапна протеза с гра-

диенти пиков към среден съответно 14 към 9 mmHg. На 2-ри постпроцедурен ден пациентката е преведена в Клиника за интензивно кардиологично лечение, където торакалният дренаж е свален. Отбелязва се значимо клинично и физикално подобрение във функционалния клас сърдечна недостатъчност (II по NYHA) при постигнат ежедневен отрицателен водно-солеви баланс и поддържане на нормални стойности на централно венозно налягане. На 4-тия ден постпроцедурно е преведена в Клиника по кардиология. На 8-и следоперативен ден хемодинамично стабилна, без клинични и физикални прояви на сърдечна недостатъчност, трайно афебрилна, без лабораторни и клинични данни за инфекция и раздвижена до степен на самообслужване, пациентката е дехоспитализирана.

От контролна ехокардиография месец след дехоспитализацията се проследява компетентна аортна клапна протеза със среден градиент на аортната клапа 5.8 mm Hg и нискостепенна аортна инсуфициенция. Забелязва се леко повишение във фракцията на изтласкване от 30 на 35% и редуциране на ТДО и ТСО на ЛК от съответно 165/114 ml преди протезирането към 144/85 ml след него. Трикуспидалната инсуфициенция е намалела – от високостепенна при предходната хоспитализация към нискостепенна, без данни за белодробна артериална хипертония. Към момента на прегледа, пациентката е без клинични и физикални прояви на сърдечна недостатъчност.

ОБСЪЖДАНЕ

Дегенеративната аортна стеноза е необратимо прогресиращо заболяване с лоша прогноза, чието единствено дефинитивно лечение е аортното клапно протезиране, извършено чрез SAVR или TAVI. Последната представлява миниинвазивна процедура, чрез перкутанен периферносъдов достъп, и понастоящем е показана при възрастни пациенти (над 75 години) с висок оперативен риск. С времето се увеличи броят на пациентите, реферирани за TAVI, и стана ясно, че една от основните лимитации по отношение на процедурата са анатомичните съдови вариации. Това наложи търсенето на алтернативни пътища за достъп, какъвто е и ТАо, използван в нашия клиничен случай. Той е описан за първи път от Varat et al., които в периода между януари 2008 и март 2011 г., извършват транскатетърно биопротезиране с клапна протеза Edwards SAPIEN на 108 пациенти с тежка периферносъдова болест, използвайки ТАо при 17 от тях и ТА при 91 [3]. Поради налична тежка ЛК систолна дисфункция и пулмопатия Varat et al. избират ТАо подход вместо познатия тогава ТА алтернативен достъп. На базата на

личния си опит те установяват, че по отношение на 30-дневната смъртност и постпроцедурните усложнения липсва сигнификантна разлика между двата подхода. Представените данни дават основание за последващи по-големи и по-задълбочени проучвания и през 2015 г. O' Sullivan KE et al. анализират данните от 10 доклада на различни сърдечни клапни центрове, обхващащи над 1700 пациенти [4]. Изводите категорично потвърждават, че по отношение на 30-дневната смъртност, процедурната успеваемост и постпроцедурните усложнения – риск от голямо кървене, инсулт, транзиторни исхемични атаки, необходимост от имплантация на постоянен електрокардиостимулатор и парапротезен лийк, двата алтернативни подхода – ТА и ТАо, дават еквивалентни резултати.

В медицинската литература не съществуват достатъчно големи проучвания, сравняващи директно предимствата и недостатъците на TF и ТАо. Известно е, че TF достъп е по-малко инвазивен от ТАо, има предимство по отношение на анестезията – използва седация вместо обща анестезия и не е противопоказан при порцеланова аорта. Според Pascual et al. ТАо има предимства пред TF по отношение на липсата на травматизъм върху по-малките артерии (напр. илиачни съдове) чрез директна инсерция на дезилето в аортата и по-голяма прецизност при фиксирането на протезата на аортната клапа [5]. Друго подобно проучване е представено в публикация на T. Arai et al. от 2016 г., където са анализирани данните от 467 случая на TF TAVI, 289 ТАо TAVI и 42 ТА TAVI [6]. Изводите сочат, че по отношение на едногодишната преживяемост TF има несигнификантно предимство пред ТАо, а при сравнение на ТА с ТАо, предимството е в полза на последния. Това дава основание да се смята, че ТАо подходът трябва да се обмисля като алтернатива на ТА.

Всички тези и много други данни получени от големи нерандомизирани изпитвания са предпоставка за преразглеждане на препоръките за TAVI на кардиологичните дружества [8, 9, 10, 11]. В препоръките за клапни сърдечни заболявания на Европейското дружество по кардиология (ESC) от 2021 г., е въведена нова препоръка, според която не-TF съдов достъп при TAVI може да бъде обмислен при пациенти, които са иноперабилни и с неподходящ TF достъп [7]. Въпреки това тя е с ниска доказателствена стойност – IIb, поради липсата на многобройни рандомизирани клинични проучвания и мета-анализи.

Изводи

Днес трансфеморалният достъп е предпочитаният подход при TAVI поради малката си инва-

зивност. При пациенти, при които той не е възможен поради стеноза или тортузионност на съда, в съображение влизат алтернативните подходи. Този клиничен случай е пример за пациент с тежка периферносъдова патология, ангажираща почти всички съдове, тежка ЛК систолна дисфункция, ограничаваща ТА достъп, и наличен функциониращ аортокоронарен байпас, създаващ технически затруднения при ТАо достъп. При пациента успешно е имплантирана self-expandable клапна протеза чрез ТАо достъп и хибриден интервенционално-оперативен подход при тясна колаборация от страна на интервенционални кардиолози и кардиохирурзи, в резултат на което е постигнат задоволителен хемодинамичен резултат с подобрение на функционалния клас сърдечна недостатъчност.

Не е деклариран конфликт на интереси

Библиография

1. Cribier A. The development of transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *Glob. Cardiol. Sci. Pract.* 2016, e201632.
2. Khan MS. Different Sites of Vascular Access for Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI). In: Berezin AE, ed. *Vascular Access Surgery - Tips and Tricks* [Internet]. London: IntechOpen; 2019 [cited 2022 Mar 10]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/65928> doi: 10.5772/intechopen.84533
3. Bapat V, Khawaja MZ, Attia R et al. Transaortic Transcatheter Aortic valve implantation using Edwards Sapien valve: a novel approach. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;79(5):733-40. doi: 10.1002/ccd.23276.
4. O' Sullivan KE, Hurley ET, Segurado R, et al. Transaortic TAVI Is a Valid Alternative to Transapical Approach. *J Card Surg.* 2015 May;30(5):381-90. doi: 10.1111/jocs.12527.
5. Pascual I, Carro A, Avanzas P, et al. Vascular approaches for transcatheter aortic valve implantation. *J Thorac Dis.* 2017,9(Suppl. 6):S478-87. doi: 10.21037/jtd.2017.05.73
6. Arai T, Romano M, Lefèvre T, et al. Direct Comparison of Feasibility and Safety of Transfemoral Versus Transaortic Versus Transapical Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9(22):2320-2325. doi: 10.1016/j.jcin.2016.08.009.
7. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. ESC/EACTS Scientific Document Group 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J.* 2022, 43(7): 561-632.
8. Latsios G, Gerckens U, Grube E. Transaortic transcatheter aortic valve implantation: a novel approach for the truly „no-access option“ patients. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;75(7):1129-36. doi: 10.1002/ccd.22378. PMID: 20146328.
9. Lardizabal JA, O'Neill BP, Desai HV, et al. The transaortic approach for transcatheter aortic valve replacement: initial clinical experience in the United States. *J Am Coll Cardiol.* 2013 Jun 11;61(23):2341-5. doi: 10.1016/j.jacc.2013.02.076.
10. Kakuta T, Fukushima S, Kawamoto N, et al. Transaortic Transcatheter Aortic Valve Replacement in Patients From a Single Institution - Feasibility, Safety, and Midterm Outcomes. *Circ J.* 2022 Feb 25;86(3):393-401. doi: 10.1253/circj.CJ-21-0877.
11. Stańska A, Jagielak D, Kowalik M, et al. Health-related quality of life following transcatheter aortic valve implantation using transaortic, transfemoral approaches and surgical aortic valve replacement-a single-center study. *J Geriatr Cardiol.* 2018 Nov;15(11):657-665. doi: 10.11909/j.issn.1671-5411.2018.11.002.
12. Coughlan JJ, Kiernan T, Arnous S. Alternative Access for Transcatheter Aortic Valve Implantation: Current Evidence and Future Directions. *Vascular and Endovascular Review.* 2019;2(1):23-27, <https://doi.org/10.15420/ver.2019.4.2>
13. Ramlawi B, Reardon MJ. Nontransfemoral access alternatives for transcatheter aortic valve replacement Review Article. *Intervent Cardiol.* 2014, 6(1): 83-93.
14. Branny M, Hudec M, Miroslav Bilka, et al. Alternative access routes for transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *Cor et Vasa. Brno: Česká kardiologická společnost,* 2017, 59(1):e10-e16, doi:10.1016/j.crvasa.2017.01.024.
15. Bapat V, Attia R. Transaortic Transcatheter Aortic Valve Implantation: Step-by-Step Guide. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Autumn;24(3):206-11. doi: 10.1053/j.semtcvs.2012.06.004. PMID: 23200076.