



Přehledový článek | Review article

Alternativní přístupové cesty u transkatérové implantace aortální chlopně (TAVI)

(Alternative access routes for transcatheter aortic valve implantation (TAVI))

**Marian Branny^a, Piotr Branny^a, Miroslav Hudec^a, Miroslav Billka^a,
Libor Škňouřil^a, Jan Chovančík^a, Krystyna Kluzová^a, Pavla Kuřová^a,
Jaroslav Januška^a, Jiří Jarkovský^b, Milan Blaha^b**

^a Kardiocentrum Nemocnice Podlesí, a.s., Třinec, Česká republika^b Institut biostatistiky a analýz Lékařské a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 13. 1. 2017

Přijat: 30. 1. 2017

Dostupný online: 22. 2. 2017

Klíčová slova:

Apikální přístup

Femorální přístup

Přímý aortální přístup

Subklaviální přístup

Transkatérová implantace aortální chlopně

Keywords:

Direct aortic approach

Femoral approach

Subclavian approach

Transapical approach

Transcatheter valve implantation

SOUHRN

Transkatérová implantace aortální chlopně (TAVI) je preferovanou metodou léčby u neoperabilních anebo vysoce rizikových nemocných se závažnou aortální stenózou. Základní princip krimpovatelné bioprotézy a její implantace do stenotické nativní chlopně zůstává neměnný, došlo však k vývoji několika rozdílných konceptů bioprotéz i přístupových cest. Všechny koncepty prokázaly svoji bezpečnost a účinnost, existují však limitovaná data porovnávající jednotlivé chlopně či přístupové cesty mezi sebou. Cílem článku je poskytnout přehled o běžně používaných přístupových cestách k TAVI a blíže je specifikovat.

© 2017, ČKS. Published by Elsevier sp. z o.o. All rights reserved.

ABSTRACT

The transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is a preferred treatment option among the patients with severe aortic stenosis who were considered to be non-operable or at high surgical risk. The basic principle of the crimped valve and the catheter-based implantation to the stenotic native valve remains unchanged, but several different concepts of bioprosthesis and approaches of valve implantation have been developed. All the concepts have proven their safety and efficiency, however, there are only limited data available comparing one approach to another. The objective of this paper is to offer an overview and more detailed specification of current TAVI access techniques.

Úvod

Transkatérová implantace aortální chlopně (TAVI) je miniinvazivní léčbou závažné aortální stenózy. Je indikována k léčbě nemocných, u kterých by chirurgická léčba byla zatížena vysokým rizikem komplikací anebo úmrtí. Zatímco základní principy TAVI – krimplovatelná chlopeň a katetrizační způsob implantace, zůstávají stejné, existuje několik rozdílných konceptů bioprotéz i způsobů, jak chlopeň implantovat. Nejvíce používaným, nejméně invazivním a jediným perkutánním způsobem implantace je retrográdní přístup přes femorální tepnu. Retrográdní přístup se rovněž uplatňuje u ostatních cévních přístupů, tj. podklíčkového, karotického a přímého aortálního. Uvedené přístupy však vyžadují chirurgickou preparaci tepny a jsou používány v případě, že femorální tepna neumožňuje bezpečné zavedení katétru s chlopní. Antegrádní přístup, který použil Alain Cribier [1] při historicky první TAVI v roce 2002, je dnes využíván výhradně k apikálnímu přístupu a rovněž je podmíněn chirurgickou přípravou místa vpichu. Všechny uvedené implantační techniky prokázaly svou bezpečnost a účinnost ve studiích, z dostupných dat však není zřejmé, zda je některá z technik výhodnější než ostatní.

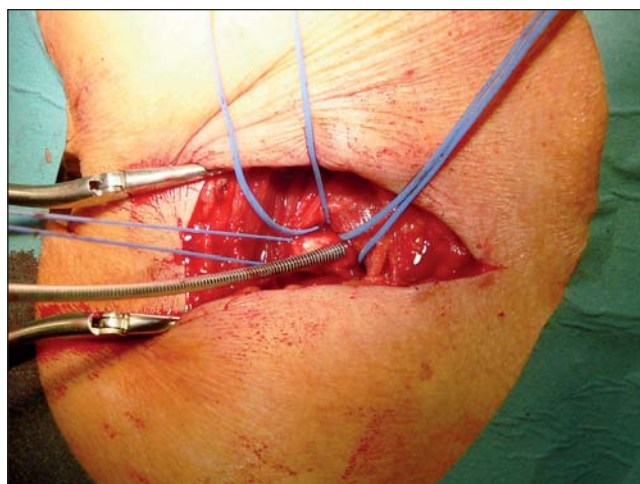
Cílem článku je poskytnout přehled o běžně používaných implantačních technikách a přístupových cestách u TAVI, stejně tak informovat o specifikách každé z uvedených metod.

Femorální přístup

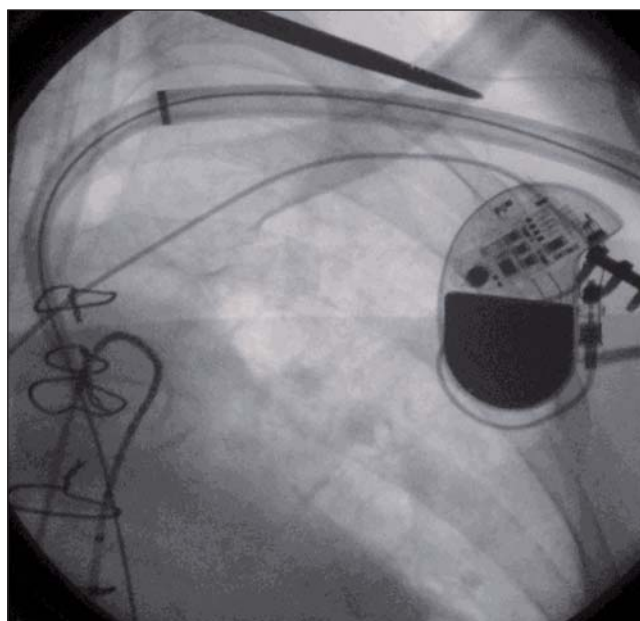
Katetrizační vstup přes femorální tepnu je nejčastěji používanou přístupovou cestou k TAVI [2–4] (tabulka 1), uplatňuje se u 66,5–87,8 % všech implantací. První transfemorální implantace chlopní v roce 2005 [5] vyžadovaly chirurgickou preparaci femorální tepny a použití 24- a 25frenchových pouzder. Velký rozměr pouzdra a zaváděcího systému znemožňoval mnoha nemocným podstoupit katetrizační náhradu chlopně a byl příčinou častých cévních a krvácivých komplikací [6,7]. Současná generace transfemorálních zaváděcích systémů CoreValve Evolut R, SAPIEN 3, Portico má redukováný rozměr na 14 a 16 F, dle velikosti chlopně. Zmenšením rozměru zaváděcího systému došlo ke snížení výskytu krvácení a poškození tepny v místě vpichu z 11,9–22,9 % [4,7] na 5,9–7,9 % [8,9]. Menší profil instrumentária snížil požadavky na minimální průměr femorální tepny kandidátů TAVI z dřívějších 6–7 mm na současných 5 mm u systému CoreValve Evolut R [10], 5,5–6 mm u systému Edwards SAPIEN 3 [11] a 6–6,5 mm u systému Lotus [12]. Cévní komplikace však nadále patří mezi nejčastěji se vyskytující rizika výkonu. Femorální přístup, ve srovnání s podklíčkovým, přímým aortálním a hrotovým, je nejméně invazivní a jako jediný umožňuje provedení celé implantace pouze katetrizačním (punkčním) způsobem. Ostatní uvedené způsoby vyžadují chirurgickou přípravu místa vpichu. Minimální invaze do těla nemocného umožňuje provedení transfemorální TAVI pouze v lokální anestezii anebo hluboké sedaci. V současné době nemáme k dispozici přesvědčivá data srovnávající lokální a celkovou anestezii a důkazy o výhodnosti jedné z metod [13].

Podklíčkový přístup

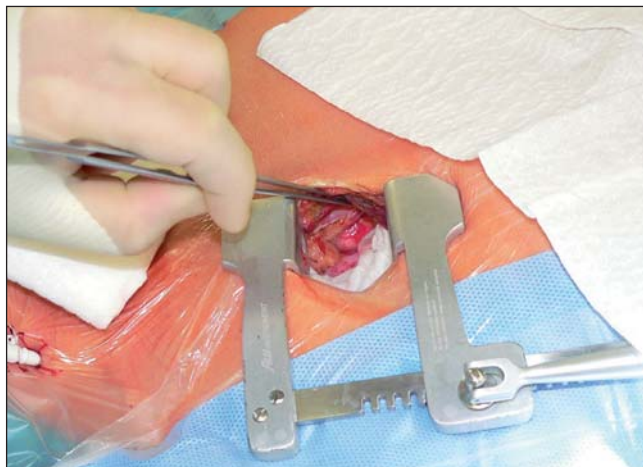
V pořadí druhým nejméně invazivním tepenným přístupem je podklíčkový přístup (subklaviální, transsubclavial, TS). Jeho užití bylo poprvé uváděno v roce 2008 německými autory [14]. Dominantně je využívána levá podklíčková tepna, nejčastěji implantovanými chlopněmi jsou CoreValve a Evolut R. Pravá podklíčková tepna je využívána výjimečně s ohledem na nepříznivý implantační úhel [15]. Chlopně Edwards SAPIEN a Lotus jsou implantovány cestou podklíčkové tepny zřídka. Důvodem je složitější příprava chlopně Edwards SAPIEN, její „krimplování“ na balonek v lumen tepny [16] anebo větší rozměr a menší flexibilita zaváděcího systému chlopně Lotus. Příprava místa vpichu v podklíčkové tepně vyžaduje chirurgickou preparaci, přípravu stehů na stěnu cévní, punkci, zavedení 8F pouzdra a tvrdého vodiče (obr. 1), pak zavádíme 18F pouzdro z podklíčkové tepny do vzestupné aorty (obr. 2). Vlastní implantace chlopně se neliší od femorálního přístupu,



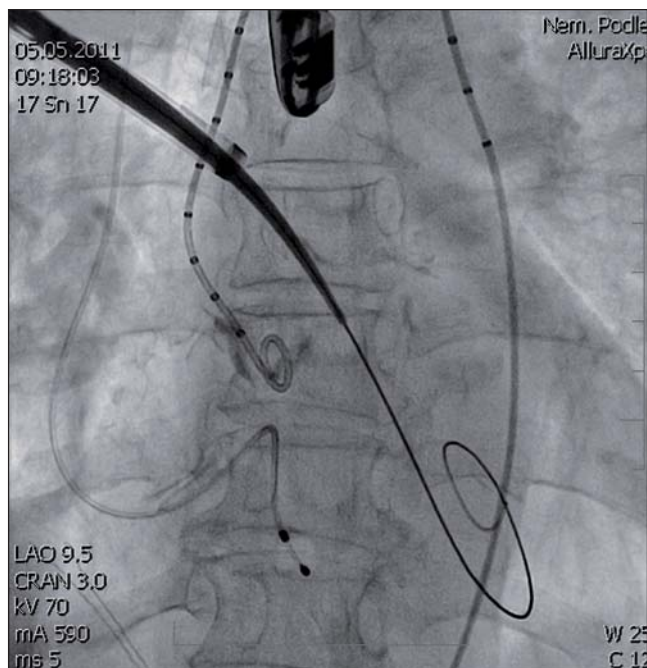
Obr. 1 – Podklíčkový přístup. Podklíčková tepna se zavedeným 8F pouzdem.



Obr. 2 – Podklíčkový přístup. 18F pouzdro zavedené do podklíčkové tepny.

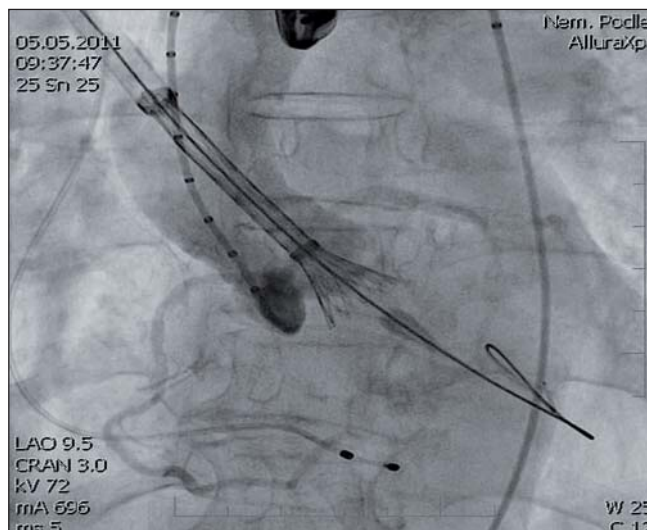


Obr. 3 – Přímý aortální přístup. Malá incize ve druhém mezižebří při pravé přední thorakotomii.



Obr. 4 – Přímý aortální přístup. 18F pouzdro zavedené po tvrdém vodiči do ascendentní aorty.

umístění chlopně je pro operátora u podklíčkového přístupu jednodušší z důvodu kratší vzdálenosti mezi místem vpichu a prstencem aortální chlopně. U nemocných po revaskularizaci s patentním grafterm levá vnitřní mamární tepna (LIMA)/ramus interventricularis anterior (RIA) je nutno zvážit riziko přechodné okluze LIMA a ischemie v jejím povodí 18F pouzdrům [17,18]. Pokud je průměr podklíčkové tepny v místě odstupu LIMA ≥ 8 mm a při angiografii se zavedeným 18F pouzdrům je patrný tok v graftu LIMA, riziko ischemie je malé. V případě, že 18F pouzdro omezuje tok v graftu LIMA, lze pouzdro stáhnout, aby byl jeho konec umístěn distálně od ostia LIMA. Přítomnost kardiostimulátoru v levé podklíčkové krajině není absolutní kontraindikací podklíčkového přístupu, ztěžuje však chirurgickou přípravu místa vpichu. Dalším potenciálním úskalím může být brachiální plexus. U některých nemocných leží brachiální plexus proximálně a v bezprostřední blízkosti



Obr. 5 – Přímý aortální přístup. Implantace chlopně CoreValve.

podklíčkové tepny, vyžaduje proto pečlivou preparaci a zvyšuje riziko neurologických komplikací. I přes výše zmíněná rizika je podklíčkový přístup k TAVI bezpečný, jeho krátkodobé a střednědobé výsledky jsou srovnatelné s femorálním přístupem [3,19]. Jeho užití je indikováno u nemocných, kde femorální přístup není schůdný anebo je obtížný a jeho použití je zatíženo vyšším rizikem závažných cévních komplikací.

Přímý aortální přístup

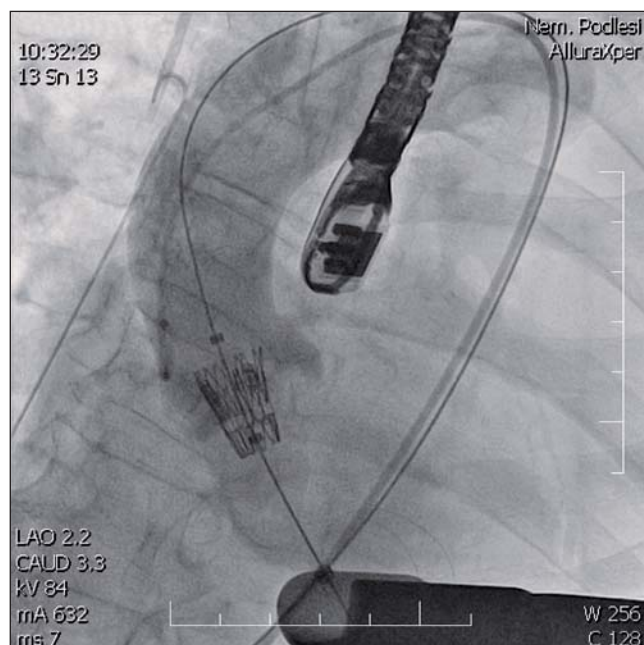
Přímý aortální přístup je dalším tepenným přístupem, uplatňuje se u nemocných, kde nelze použít femorální ani podklíčkový přístup anebo riziko poškození tepny při jejich použití je neúměrně vysoké. Po chirurgické přípravě punkčně zavádíme tuhý vodič do aorty a levé komory, po vodiči 18F pouzdro a následně vlastní bioprotézu (obr. 3–5). Nejčastěji jsou využívány dva přístupy: 1. pravá přední minithorakotomie (druhé mezižebří vpravo) anebo 2. ministernotomie. Pravá přední minithorakotomie je méně invazivní, umožňuje dosažení optimálního implantačního úhlu. Její nevýhodou při implantaci samoexpandibilní chlopně je nedostatek místa pro zavedení pouzdra do aorty. Ministernotomie umožňuje dostatečnou hloubku zavedení pouzdra do aorty, je však více invazivní a při implantaci samoexpandibilních chlopní často znemožňuje dosažení optimálního implantačního úhlu. Přímý aortální přístup poprvé popsali Bauernschmitt a spol. v roce 2009 [20]. Procedurálního úspěchu dle kritérií VARC-2 je dosaženo v 90,8–98,0 % případů, 30denní mortalita činí 6,1–8,0 % [21–23]. Výhoda přístupu je ve velmi přesném přenosu implantačních manévru operátora na transportní systém chlopně a v její snadné a přesné implantaci. Nevýhodou je větší invazivita ve srovnání s ostatními cévními vstupy.

Hrotový přístup

Na rozdíl od výše popsaných cévních přístupů (femorálního, podklíčkového, přímého aortálního) hrotový přístup (také nazýván transapikální, TA) znamená při-



Obr. 6 – Hrotový přístup. Po punkci srdečního hrotu je zavedeno 22F pouzdro do levé komory.



Obr. 7 – Hrotový přístup. Implantace chlopně Edwards SAPIEN.

mý zásah do myokardu levé komory, proto jej většina autorů považuje za nejvíce invazivní a je spojován s vyšším rizikem komplikací a úmrtí [7,24,25]. Vyšší 30denní a roční mortalita je vysvětlována vyšší rizikovostí nemocných, kteří jsou selektováni pro tento přístup, delší výukovou křivkou a menším počtem nemocných. Na druhé straně výhodou hrotového přístupu je velmi dobrá kontrola zaváděcího systému, příznivý implantační úhel a absence kontaktu zaváděcího systému s aortou („no touch aorta principle“) [26]. Chirurgický vstup je prováděn v 5. nebo 6. mezižebří vlevo, po chirurgické přípravě místa vstupu následuje punkce srdečního hrotu jehlou, zavedení tuhého vodiče progradně přes stenotickou chlopeň do descendentní aorty, poté zavedení dedikovaného pouzdra a vlastní implantace bioprotézy (obr. 6, 7). Jedná se o druhou nejčastěji používanou přístupovou cestu TAVI [27,28]. Hrotový přístup

je rovněž využíván u nemocných se závažnou mitrální regurgitací ke katetrizační implantaci chlopní do zdegenerovaných mitrálních bioprotéz a anuloplastických prstenců [29–31]. V současné době je v České republice komerčně dostupná pouze jedna chlopeň pro transapikální implantaci – Edwards SAPIEN. Zaváděcí systém vyžaduje použití většího rozměru pouzdra než pro femorální vstup, a to 24 a 26 F pro systém SAPIEN XT a 18 a 21 F pro systém SAPIEN 3 [11,32].

Karotický přístup

Přístupová cesta přes levou karotickou tepnu (transkarotický přístup) byla poprvé uváděna francouzskými autory v roce 2012 [33] jako alternativa k ostatním cévním přístupům v případě, že jejich použití nebylo technicky schůdné. Jedná se o nejméně rozšířenou přístupovou cestu, její výhodou je snadný cévní přístup, dobrá ovladatelnost zaváděcího systému při krátké vzdálenosti místa vpichu od aortálního prstence. Nevýhodou může být kontakt pouzdra a zaváděcího systému se stěnou karotické tepny a riziko vyššího výskytu cévních mozkových příhod. Limitovaná data francouzského registru transkarotických TAVI nepotvrzují tyto obavy [34].

Tabulka 1 – Procedurální charakteristika souboru nemocných s TAVI v Kardiocentru Nemocnice Podlesí, a.s. (červenec 2009–prosinec 2013)

	Celkem* N = 236
Charakteristika nativní chlopně	
Trikuspidální chlopeň	210 (89,0 %)
Bikuspidální chlopeň	19 (8,1 %)
Nelze stanovit	7 (2,9 %)
Typ implantované chlopní protézy, n (%)	
Medtronic CoreValve	228 (96,6 %)
Medtronic Engager	2 (0,8 %)
Edwards SAPIEN	6 (2,5 %)
Přístupová cesta lokalizace	
Femorální – perkutánní	155 (65,7 %)
Femorální – chirurgická	2 (0,8 %)
Podklíčková	32 (13,6 %)
Transapikální	8 (3,4 %)
Přímá aortální	39 (16,5 %)
Implantace do zdegenerované nativní chlopně, n (%)	232 (98,3 %)
Implantace do zdegenerované bioprotézy (valve-in-valve implantace), n (%)	4 (1,7 %)
Úspěšnost implantace	235 (99,6 %)
Selhání chlopně	0 (0,0 %)
Délka hospitalizace po TAVI	8 (5; 16)

* Číselné parametry vyjadřují počet, relativní počet a medián doplněný o 5.–95. percentil.

Tabulka 2 – Třicetidenní výsledky v závislosti na přístupové cestě u souboru nemocných, kteří podstoupili TAVI v Kardiocentru Nemocnice Podlesí, a.s. (červenec 2009–prosinec 2013)

	Celkem* N = 228	Femorální* N = 157	Přímý aortální* N = 39	Podklíčkový* N = 32	p
Úmrtí	6 (2,6 %)	4 (2,5 %)	2 (5,1 %)	0 (0,0 %)	0,293
CMP/TIA	7 (3,1 %)	5 (3,2 %)	0 (0,0 %)	2 (6,3 %)	0,194
Infarkt myokardu	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	–
Krvácení	8 (3,5 %)	6 (3,8 %)	2 (5,1 %)	0 (0,0 %)	0,273
NACE	20 (8,8 %)	14 (8,9 %)	4 (10,3 %)	2 (6,3 %)	0,824
MACE	12 (5,3 %)	8 (5,1 %)	2 (5,1 %)	2 (6,3 %)	0,966

* Číselné parametry vyjadřují počet, relativní počet a medián doplněný o 5.–95. percentil.

NACE – společný cílový ukazatel se skládá z CMP/TIA, krvácení, IM a úmrtí.

MACE – společný cílový ukazatel se skládá z CMP/TIA, IM a úmrtí.

CMP – cévní mozková příhoda; MACE – závažná kardiovaskulární příhoda; NACE – celkový počet nežádoucích klinických příhod;

TIA – transitorní ischemická ataka.

Která přístupová cesta je nejvýhodnější?

Nemáme k dispozici prospektivní randomizovaná data porovnávající jednotlivé přístupové cesty, není proto známo, zda některá z metod je lepší než ostatní. Výsledky, které máme k dispozici, srovnávají většinou neporovnatelné skupiny nemocných. V současné době je běžnou medicínskou praxí jako první volba femorální přístup. Je nejméně invazivní, jediný čistě katetrizační, nevyžaduje incizi skalpelem ani chirurgickou preparaci, umožňuje provést celou implantaci v lokální anestezii. Je proto nejčastěji používaným přístupem u procedur TAVI. Randomizovaná studie PARTNER [24], velké prospektivní registry SOURCE [7], GARY [2], France 2 [35], NANCY [25] a metaanalýzy [36] prokázaly nižší krátkodobou a střednědobou mortalitu u femorálního přístupu ve srovnání s hrotovým. Příčinou horších mortalitních výsledků apikálního přístupu může být větší invazivita a vyšší předimplantační morbidita nemocných, vyjádřená pomocí EuroSCORE [35]. Určitou nekonzistentnost dat dokazuje kanadský registr, v němž nebyl rozdíl ve 30denní mortalitě mezi femorálním a apikálním přístupem [37]. Velmi podobné výsledky ukazuje registr Kardiocentra Nemocnice Podlesí (tabulka 2). Ciuca a spol. v prospektivním registru u 262 nemocných porovnávali bezpečnost apikálního a podklíčkového přístupu TAVI. S výjimkou krvácení (11,7 % TS vs. 53,5 % TA, $p \leq 0,001$) nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi oběma metodami, ve 30denním sledování byl u podklíčkového přístupu zaznamenán trend k nižší mortalitě (1,7 % TS vs. 8,4 % TA, $p = 0,06$) [38]. Nedávná metaanalýza irských autorů porovnála výsledky TAVI u 193 nemocných s přímým aortálním a 1 543 pacientů s apikálním přístupem. Ve 30denním sledování nebyl shledán signifikantní rozdíl v procedurální úspěšnosti implantace, mortalitě, krvácení, výskytu mozkové ischemie, potřebě trvalé kardiostimulace. Závěrem lze shrnout, že volba přístupové cesty je vysoce individuální, je ovlivněna možnostmi a zkušenostmi centra, dostupností různých typů chlopní, anatomii nemocného, úhradovou politikou apod. Například nemocnému s vinutými, kalcifikovanými ileofemorálními 6 mm širokými tepnami nebude za

každou cenu provedena implantace transfemorálně, při příznivé anatomii podklíčkové tepny zvolíme subklaviální přístup. Jiný nemocný s tortuózní břišní a hrudní aortou a kalcifikovanou bikuspidální aortální stenózou bude vhodným kandidátem na přímý aortální přístup a samoexpandibilní chlopeň. Anebo u nemocného s výrazně angulovaným kořenem aorty a málo kalcifikovanou chlopní bude indikována transfemorální implantace balonkem roztažitelné chlopně. Volba přístupové cesty a typu chlopně, která bude přesně ušitá na míru konkrétního pacienta, je a bude jedinou správnou cestou k dalšímu zlepšování výsledků katetrizační náhrady chlopní.

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Žádný střet zájmů.

Financování

Žádné.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Autoři prohlašují, že výzkum byl veden v souladu s etickými standardy.

Literatura

- [1] A. Cribier, H. Eltchaninoff, A. Bash, et al., Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description, *Circulation* 106 (2002) 3006–3008.
- [2] C.W. Hamm, H. Möllmann, D. Holzhey, et al., The German Aortic Valve Registry (GARY): in-hospital outcome, *European Heart Journal* 35 (2014) 1588–1598.
- [3] M. Branny, P. Branny, J. Januška, et al., Krátkodobé klinické výsledky nemocných po katetrové implantaci aortální chlopně: TAVI registr Kardiocentra Nemocnice Podlesí Třinec, *Intervenční a Akutní Kardiologie* 13 (2014) 177–182.
- [4] A. Linke, U. Gerckens, P. Wenaweser, et al., Treatment of high risk aortic stenosis patients with transcatheter Medtronic CoreValve implantation: results from the international multicenter ADVANCE study, *Journal of the American College of Cardiology* 59 (13s1) (2012) E8–E8.
- [5] E. Grube, J.C. Laborde, B. Zickmann, et al., First report on a human percutaneous transluminal implantation of a self-

- expanding valve prosthesis for interventional treatment of aortic valve stenosis, *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 66 (2005) 465–469.
- [6] E. Grube, L. Buellesfeld, R. Mueller, et al., Progress and current status of percutaneous aortic valve replacement: results of three device generations of the CoreValve Revalving system, *Circulation. Cardiovascular Interventions* 1 (2008) 167–175.
 - [7] M. Thomas, G. Schymik, T. Walther, et al., One-year outcomes of cohort 1 in the Edwards SAPIEN Aortic Bioprosthesis European Outcome (SOURCE) registry: the European registry of transcatheter aortic valve implantation using the Edwards SAPIEN valve, *Circulation* 124 (2011) 425–433.
 - [8] D.H. Adams, J.J. Popma, M.J. Reardon, et al., Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis, *New England Journal of Medicine* 370 (2014) 1790–1798.
 - [9] V.H. Thourani, S. Kodali, R.R. Makkar, et al., Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis, *Lancet* 387 (2016) 2218–2225.
 - [10] Corevalve I Evolut R I The Product. [cited 2016 Oct 12]. Available from: <http://www.corevalve.com/evolut-r/product/index.htm>
 - [11] Edwards SAPIEN 3 Transcatheter Heart Valve. [cited 2016 Oct 12]. Available from: <http://www.edwards.com/eu/Products/TranscatheterValves/Pages/sapient3.aspx?WT.ac=S3campaignprod>
 - [12] I.T. Am Meredith, D.L. Walters, N. Dumonteil, et al., Transcatheter aortic valve replacement for severe symptomatic aortic stenosis using a repositionable valve system: 30-day primary endpoint results from the REPRISE II Study, *Journal of the American College of Cardiology* 64 (2014) 1339–1348.
 - [13] N.P. Mayr, J. Michel, S. Bleiziffer, et al., Sedation or general anesthesia for transcatheter aortic valve implantation (TAVI), *Journal of Thoracic Disease* 7 (2015) 1518–1526.
 - [14] H. Ruge, R. Lange, S. Bleiziffer, et al., First successful aortic valve implantation with the CoreValve ReValving System via right subclavian artery access: a case report, *Heart Surgery Forum* 11 (2008) E323–E324.
 - [15] P. Toušek, V. Kočka, F. Bednář, et al., Right subclavian approach in transcatheter aortic valve implantation using the CoreValve prosthesis, *Cor et Vasa* 54 (2012) e326–e328.
 - [16] M. Cioni, M. Taramasso, A. Giacomini, et al., Transaxillary approach: short- and mid-term results in a single-center experience, *Innovations (Philadelphia, Pa)* 6 (2011) 361–365.
 - [17] T. Modine, A. Sudre, F. Collet, et al., Transcatheter aortic valve implantation using the axillary/subclavian access with patent left internal thoracic artery to left anterior descending artery: feasibility and early clinical outcomes, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 144 (2012) 1416–1420.
 - [18] M. Taramasso, A. Giacomini, F. Maisano, Transcatheter aortic valve implantation through the left subclavian artery with a patent LIMA graft, *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 76 (2010) 153–155.
 - [19] A.S. Petronio, M. De Carlo, F. Bedogni, et al., Safety and efficacy of the subclavian approach for transcatheter aortic valve implantation with the CoreValve revalving system, *Circulation. Cardiovascular Interventions* 3 (2010) 359–366.
 - [20] R. Bauernschmitt, C. Schreiber, S. Bleiziffer, et al., Transcatheter aortic valve implantation through the ascending aorta: an alternative option for no-access patients, *Heart Surgery Forum* 12 (2009) E63–E64.
 - [21] H. Amrane, F. Porta, A.J. van Boven, et al., Transcatheter aortic valve implantation using a direct aortic approach: a single-centre Heart Team experience, *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 19 (2014) 777–781.
 - [22] V. Bapat, D. Frank, R. Cocchieri, et al., Transcatheter Aortic Valve Replacement Using Transaortic Access: Experience From the Multicenter, Multinational, Prospective ROUTE Registry, *JACC. Cardiovascular Interventions* 9 (2016) 1815–1822.
 - [23] G. Bruschi, H. Amrane, B. Chevalier, et al., TCT-152 EURDYCE Registry: European Direct Aortic CoreValve Experience, *Journal of the American College of Cardiology* 2015 [cited 2016 Oct 8];66(15_S). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.163>
 - [24] C.R. Smith, M.B. Leon, M.J. Mack, et al., Transcatheter versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients, *New England Journal of Medicine* 364 (2011) 2187–2198.
 - [25] A. Rougé, O. Huttin, R. Aslam, et al., Mid-term results of 150 TAVI comparing apical versus femoral approaches, *Journal of Cardiothoracic Surgery* 10 (2015) 147.
 - [26] T. Walther, J. Kempfert, Transapical vs. transfemoral aortic valve implantation: Which approach for which patient, from a surgeon's standpoint, *Annals of Cardiothoracic Surgery* 1 (2012) 216–219.
 - [27] N.E. Moat, P. Ludman, M.A. de Belder, et al., Long-Term Outcomes After Transcatheter Aortic Valve Implantation in High-Risk Patients With Severe Aortic Stenosis. The U.K. TAVI (United Kingdom Transcatheter Aortic Valve Implantation) Registry, *Journal of the American College of Cardiology* 58 (2011) 2130–2138.
 - [28] P. Wenaweser, S. Storteky, D. Heg, et al., Short-term clinical outcomes among patients undergoing transcatheter aortic valve implantation in Switzerland: the Swiss TAVI registry, *EuroIntervention* 10 (2014) 982–989.
 - [29] J.-M. Paradis, M. Del Trigo, R. Puri, J. Rodés-Cabau, Transcatheter Valve-in-Valve and Valve-in-Ring for Treating Aortic and Mitral Surgical Prosthetic Dysfunction, *Journal of the American College of Cardiology* 66 (2015) 2019–2037.
 - [30] M. Ghosh-Dastidar, A. Narayana, R. Boix, V. Bapat, Mitral valve-in-valve and valve-in-ring for failing surgical bioprosthetic valves and rings, *Journal of Cardiovascular Surgery* 57 (2016) 372–380.
 - [31] A. de Weger, S.H. Ewe, V. Delgado, J.J. Bax, First-in-man implantation of a trans-catheter aortic valve in a mitral annuloplasty ring: novel treatment modality for failed mitral valve repair, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 39 (2011) 1054–1056.
 - [32] Edwards Certitude Delivery System. [cited 2016 Oct 13]. Available from: <http://www.edwards.com/eu/Products/TranscatheterValves/Pages/certitude.aspx>
 - [33] T. Modine, A. Sudre, C. Delhay, et al., Transcatheter aortic valve implantation using the left carotid access: feasibility and early clinical outcomes, *Annals of Thoracic Surgery* 93 (2012) 1489–1494.
 - [34] D. Mylotte, A. Sudre, E. Teiger, et al., Transcarotid Transcatheter Aortic Valve Replacement, Feasibility and Safety, *JACC. Cardiovascular Interventions* 9 (2016) 472–480.
 - [35] M. Gilard, H. Eltchaninoff, B. Lung, et al., Registry of transcatheter aortic-valve implantation in high-risk patients, *New England Journal of Medicine* 366 (2012) 1705–1715.
 - [36] E.H. Blackstone, R.M. Suri, J. Rajeswaran, et al., Propensity-matched comparisons of clinical outcomes after transapical or transfemoral transcatheter aortic valve replacement: a placement of aortic transcatheter valves (PARTNER)-I trial substudy, *Circulation* 131 (2015) 1989–2000.
 - [37] J. Rodés-Cabau, J.G. Webb, A. Cheung, et al., Long-term outcomes after transcatheter aortic valve implantation: insights on prognostic factors and valve durability from the Canadian multicenter experience, *Journal of the American College of Cardiology* 60 (2012) 1864–1875.
 - [38] C. Ciuca, G. Tarantini, A. Latib, et al., Trans-subclavian versus transapical access for transcatheter aortic valve implantation: a multicenter study, *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 87 (2016) 332–338.

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.