Přehledový článek | Review article

Záchovné operace a plastiky aortální chlopně

(Aortic valve repair and valve sparing procedures)

Jan Vojáček, Pavel Žáček, Jan Dominik

Kardiologická klinika, Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Hradci Králové a Fakultní nemocnice Hradec Králové, Hradec Králové, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 22. 11. 2016

Přijat: 30. 1. 2017

Dostupný online: 23. 2. 2017

Klíčová slova:

Aortální regurgitace

Plastika aortální chlopně

Reimplantace aortální chlopně

Remodelace aortálního kořene

Záchovná operace aortální chlopně

SOUHRN

Záchovné operace a plastiky aortální chlopně představují možnost chirurgicky obnovit kompetenci nedomykavé aortální chlopně a vyhnout se rizikům, která provázejí nemocné v případě náhrady chlopně. Úspěšné provedení rekonstrukce vyžaduje plné porozumění statické i dynamické geometrii aortální chlopně a aortálního kořene. Aortální regurgitace vychází z malpozice patologicky změněných chlopnenních cípů, současně je velmi často spojena s dilatačním postižením aortálního kořene a vzestupné aorty. Technika chirurgických intervencí pro aortální nedomykavost prošla historickým vývojem a v současné době spíše ke zjednodušení a standardizaci jednotlivých kroků aortální plastiky. Základním principem je normalizace morfologického nálezu na úrovni bazálního prstence, sinotubulární junkce a vlastních cípů aortální chlopně. Remodelace aortálního kořene a reimplantace aortální chlopně zůstávají standardem rekonstrukce v případě dystroficky dilatovaného aortálního kořene.

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

ABSTRACT

Aortic valve repair and valve sparing procedures enable restoration of competence in regurgitant aortic valve, and thus to avoid the risks related to valve replacement. Successful aortic valve repair requires deep understanding of the static and dynamic geometry of the aortic valve and aortic root. Aortic regurgitation originates from malapposition of the aortic leaflets and frequently is also connected to dilation the aortic root and ascending aorta. Techniques of surgical procedures for aortic regurgitation have been subject of historical development and currently tend to simplification and standardization. Basic principles stand upon morphological normalization at the level of the basal ring, sinotubular junction and valve leaflets. Remodelation of the aortic root and reimplantation of the aortic valve keep to be standard procedures in case of a dystrophic dilation of the aortic root.

Keywords:

Aortic regurgitation

Aortic root remodelling

Aortic valve reimplantation

Aortic valve repair

Aortic valve sparing procedure

Adresa: Prof. MUDr. Jan Vojáček, Ph.D., Kardiologická klinika, Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Hradci Králové a Fakultní nemocnice Hradec Králové, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové, e-mail: vojacek.jan@fnhk.cz

DOI: 10.1016/j.crvasa.2017.01.025

Úvod

Koncept záchovných operací, tj. náhrady aortálního kořene se zachováním aortální chlopně (valve sparing aortic root replacement, VSARR), poprvé navrhl sir Magdi Yacoub v roce 1983, kdy popsal tzv. remodelaci aortálního kořene [1,2].

O necelou dekádu později pak Tirone David navrhl tzv. reimplantaci aortální chlopně [3]. Princip obou operací je i přes některé zásadní odlišnosti velmi podobný a spočívá v odstranění patologicky dilatované stěny aorty a její náhradě cévní protézou. Vlastní aortální chlopeň je při těchto výkonech zachována. Obnovení normální geometrie aortálního kořene cévní protézou zároveň normalizuje funkci aortální chlopně, tj. vede k vymizení funkční složky aortální regurgitace (AR). Původně byly tyto operace indikovány zejména u pacientů s dilatací aortálního kořene jako prevence vzniku aortální disekce, pouze zřídka jako primární léčba aortální regurgitace. Rovněž tímto způsobem byli vzácně operováni pacienti s bikuspidální aortální chlopní. Většina nemocných měla pouze mírnou nebo střední funkční aortální regurgitaci. Postupem času a s přibývajícím zkušenostmi byla ale tato metoda aplikována stále častěji jako primární léčba významné aortální regurgitace. Postupný vývoj chirurgických technik, včetně výkonů na vlastních cípech aortální chlopně, umožnil operovat i nemocné s aortální regurgitací na podkladě morfologického poškození aortální chlopně (nejčastěji prolapsu cípu), a to i v případech bez současné dilatace aortálního kořene. Tyto operace, při kterých se provádí pouze výkon na cípech aortální chlopně bez současné náhrady aortálního kořene, se označují jako „izolované plastiky aortální chlopně“ a jsou alternativou k izolované náhradě aortální chlopně. V posledním desetiletí jsou k plastikám aortální chlopně stále častěji indikováni i nemocní s nedomykavou bikuspidální aortální chlopní, kde je výkon na cípech vždy nedílnou součástí operace.

Hlubší pochopení patofyziologie AR, mechanismu jejího vzniku a zejména pečlivá analýza příčin selhání záchovných operací (vznik nové regurgitace) vedly ke zjištěním, která mají pro dlouhodobou správnou funkci zachované aortální chlopně stěžejní význam. Především je prokázáno, že dlouhodobá funkční aortální regurgitace na podkladě dilatace aorty vede ke vzniku sekundárních změn na cípech aortální chlopně (progrese degenerativních změn, ztenčení a vytahání tkáně cípů až ke vzniku jejich prolapsů). Neméně důležité je také zjištění, že samotný operační výkon (remodelace, reimplantace), který zmenšuje/normalizuje průměr aorty na úrovni sinotubulární junkce (STJ), může indukovat prolaps cípu, který byl předtím morfologicky bez vady. V praxi to znamená, že u velké části pacientů s AR, u nichž je VSARR indikována, bude nutný i přidružený výkon na cípech aortální chlopně. V současnosti se doporučuje používat termín plastika aortální chlopně pro výkony pouze na aortálních cípech a termín záchovná operace je vyhrazen pro remodelaci nebo reimplantaci, při které je zachována zdravá aortální chlopeň.

Indikace

Záchovné operace a plastiky aortální chlopně jsou indikovány u nemocných s aortální regurgitací a/nebo vý-

znamnou dilatací vzestupné aorty. Aortální stenóza nebo i kombinovaná vada je kontraindikací plastiky. Výskyt degenerativních změn cípů a/nebo jejich restrikce (nedostačná plocha cípů) je rovněž kontraindikací této techniky. Cípy musejí být jemné, pliablní, maximálně s mírnými degenerativními změnami.

Při indikaci k aortální plastice je nutné znát etiologii AR, která je určena na podkladě podrobné analýzy transesofageálního echokardiografického vyšetření (TEE). K tomuto účelu lze s výhodou použít funkční klasifikaci AR, založenou na hodnocení mobility cípů aortální chlopně, dle El Khouryho [4]. Ta rozděluje AR, podobně jako u funkční klasifikace mitrální regurgitace, do tří skupin (tabulka 1). První dvě skupiny s normálním (funkční AR) a nadbytečným pohybem cípů (AR způsobená prolaps cípu) představují vhodnou indikaci k aortální plastice. Naopak třetí skupina způsobená restrikcí není k provedení plastiky vhodná.

Chirurgické techniky plastik aortální chlopně

Technik plastik aortální chlopně je celá řada a vždy je nutné zvolit takovou, která kauzálně řeší příčinu aortální regurgitace. *Sinotubulární junkce, cípy aortální chlopně a aortální anulus* jsou tři základní zóny možné intervence chirurga. Všechny tyto tři zóny se vzájemně ovlivňují. Konkrétní nález v jednotlivých zónách aortálního kořene je individuální pro daného nemocného s aortální nedomykavostí (a dilatací aorty). Dokonalé pochopení role těchto tří geometrických prvků a znalost metod jejich ovlivnění jsou nezbytné pro volbu správné rekonstrukční strategie. Z analýzy stavu těchto tří zón a jejich kombinace vyplyne potřeba intervenovat pouze na chlopni (cípy a eventuálně anulus), pouze mimo chlopeň (např. izolovaná suprakoronární náhrada aorty) nebo na chlopni a vzestupné aortě současně (remodelace nebo reimplantace).

Sinotubulární junkce

Dilatace sinotubulární junkce je způsobena dilatací vzestupné aorty. Záleží ale na fenotypu dilatace, který určuje způsob a rozsah chirurgického výkonu. Z geometrického hlediska dilatovaná sinotubulární junkce vzdaluje komi-

Tabulka 1 – Funkční klasifikace aortální regurgitace

<p>Typ I Normální pohyb cípů IA: dilatace sinotubulární junkce</p> <p>IB: dilatace Valsalvových síní</p> <p>IC: dilatace ventrikuloaortální junkce</p> <p>ID: perforace cípu</p>
<p>Typ II Nadbytečný pohyb cípů (prolaps)</p>
<p>Typ III Snížený pohyb cípů</p>

sury aortální chlopně od středu a vede ke vzniku centrální regurgitace. Redukci STJ lze provést suprakoronární náhradou vzestupné aorty tubulární cévní protézou [5,6]. Průměr cévní protězy pak určuje průměr STJ. Tento prvek (redukce STJ) je automaticky obsažen i v kompletní náhradě celého aortálního kořene (remodelace, reimplantace).

Aortální anulus

Z pohledu chirurgické intervence je aortální anulus vnímán jako cirkulární linie procházející nadíry jednotlivých cípů. Jedná se o tzv. bazální prstenec (basal ring, BR), někdy označovaný jako virtuální aortální anulus, protože se skutečně jedná o virtuální strukturu, která nemá anatomický korelát. Průměr bazálního prstence odpovídá průměru aortálního anulu, měřeného během echokardiografického vyšetření.

Význam dilatovaného aortálního anulu v patofyziologii aortální regurgitace byl dlouho podceňován. V současnosti je ale prokázáno, že dilatovaný aortální anulus je významným rizikovým faktorem selhání aortální plastiky [7,8]. Obráceně, plastika aortální chlopně, jejíž součástí není zmenšení a trvanlivá stabilizace dilatovaného aortálního anulu, má z dlouhodobého hlediska vyšší riziko reoperace v porovnání s technikami, které stabilizují celý obvod aortálního anulu [8–10]. To je jasný argument pro to, aby výkon na dilatovaném aortálním anulu (normalizace jeho průměru a trvanlivá stabilizace) byl standardní součástí aortálních plastik.

Zdaleka nejčastěji používanou technikou redukce aortálního anulu byla tzv. subkomisurální plikace aortálního anulu pomocí matracových podložkových stehů, které zmenšovaly průměr aortálního anulu na úrovni tzv. subkomisurálních trojúhelníků. Nejednalo se ale o cirkulární stabilizaci celého anulu, z dlouhodobého hlediska docházelo k redilataci, a proto se od této techniky již prakticky ustoupilo [9]. Trvanlivá redukce aortálního anulu musí být cirkulární, tj. stabilizující anulus podél jeho celého obvodu. V současnosti existuje více technik, jejich podrobnější popis je nad rámec této kapitoly. V principu se dělí na tzv. extraaortální a intraaortální anuloplastiky. Extraaortální anuloplastiky stabilizují aortální anulus pomocí prstence upevněného zevně aorty, typickým příkladem je např. komerčně dostupný prstenec Coronéo, navržený E. Lansacem (obr. 1) [11]. Z intraanulárních anuloplastik se nejčastěji používá stehová anuloplastika pomocí PTFE stehu navržená Schäfersem (obr. 2) [12]. Rovněž jsou již první klinické zkušenosti s intraanulárním prstencem HAART, který kromě stabilizace anulu remodeluje i STJ [13].

Cípy aortální chlopně

Cípy aortální chlopně jsou základním prvkem, který usku-tečňuje domykavost chlopně. Jejich funkce je ovlivněna jejich vlastní morfologií i prostorovým uložením (geometrické poměry aortálního kořene). Principem chirurgické intervence na cípech aortální chlopně je obnovení jejich normální konfigurace, tj. dosažení dostatečné výšky koaptace všech cípů nad úroveň aortálního anulu (koaptace typu A). Koaptace cípů v úrovni anulu (typ B), ale zejména pod úroveň anulu (typ C), což je v podstatě prolaps cípu, je významným rizikovým faktorem selhání plastiky [14]. V souvislosti s normální konfigurací aortální chlopně je nutné zmínit další tři faktory, které ji významně ovlivňují.

Obr. 1 – Extraaortální anuloplastický prstenec Coronéo (Coronéo, Inc, Montreal, Quebec, Kanada)

Obr. 2 – Cirkulární aortální anuloplastika pomocí PTFE stehu, navržená Schäfersem [12]

Jedná se o tzv. efektivní výšku cípu (effective height, eH), geometrickou výšku (geometric height, gH) a výšku koaptace (coaptation height, cH) (obr. 3).

Koncept efektivní výšky navrhl Schäfers a jedná se o kolmou vzdálenost mezi centrálním okrajem cípu a jeho úponem v nadíru. Efektivní výška všech cípů by měla být stejná a měla by se pohybovat v rozmezí 9–10 mm [15]. Pokud je nižší, jedná se o prověšení až prolaps cípu, což je rizikový faktor selhání plastiky. Efektivní výšku můžeme

Obr. 3 – Princip měření efektivní výšky kaliperem. An – anulus; cH – koaptační výška (červená linie); eH – efektivní výška; geometrická výška – zelená linie; STJ – sinotubulární junkce.

peroperačně měřit pomocí měřítka, tzv. kaliperu (obr. 3). Pokud není eH dostatečná, můžeme ji jednoduše zvýšit pomocí centrální plikace. Jedná se o zkrácení volného okraje cípu v jeho centrální části (nodus Arantii) pomocí jemného plikačního stehu (obr. 4). Zkrácení cípu vede k jeho napnutí a zvětšení eH. Centrální plikace je velmi účinnou a v současnosti nejčastěji používanou chirurgickou technikou při výkonech na cípech chlopně u aortálních plastik.

Geometrickou výškou cípu (gH) se rozumí vzdálenost od centrální části volného okraje cípu k jeho nadiru, tj. jedná se *de facto* o hloubku cípu. K provedení záchovné operace je nutný dostatek tkáně cípů. V opačném případě – při nedostatku tkáně – označujeme cíp jako restriktivní. Za restriktivní cíp považujeme takový, jenž má gH < 17 mm u chlopně trikuspidální nebo gH < 20 mm u chlopně bikuspidální [16]. Přítomnost restrikce, třeba i pouze jednoho cípu, činí provedení plastiky problematické a je nutné zvážit náhradu chlopně.

Pro dobrou dlouhodobou funkci aortální plastiky je kromě efektivní výšky důležitá i výška vlastní koaptace

Obr. 4 – Centrální plikace. (A) Zakládání plikačního stehu na okraji nodulus Arantii, (B) výsledný stav po provedení dvou plikačních stehů.

(někdy se používá i termín koaptační zóna nebo koaptační plocha). Výškou koaptace (cH) je myšlen rozsah vzájemného kontaktu cípů během diastoly, který se měří v oblasti nodulus Arantii. Výška koaptace by měla být alespoň 4 mm.

Optimální konfigurace aortální chlopně je základním předpokladem dlouhodobé dobré funkce plastikované chlopně. Je důležité si uvědomit, že všechny výše uvedené parametry, tj. eH, gH a cH, se navzájem kauzálně ovlivňují. Bez dostatečné geometrické výšky nelze docílit dostatečné výšky koaptace. Výška koaptace je zvyšována redukcí STJ a aortálního anulu. Nepřiměřená redukce STJ může indukovat prolaps, tj. nedostatečnou eH, která následně musí být zvýšena pomocí centrální plikace cípu.

Náhrada aortálního kořene se zachováním aortální chlopně

V případě dystrofického poškození aortálního kořene, který pacienta ohrožuje vznikem disekce a/nebo mu způsobuje funkční aortální regurgitaci, je nutné zvolit tzv. záchovnou operaci aortální chlopně, při které je odstraněna dilatovaná stěna kořene aorty, ale zachová se aortální chlopeň. Jedná se o dvě základní techniky, a to remodelaci aortálního kořene nebo reimplantaci aortální chlopně. Jakkoliv jsou mezi oběma technikami pod-

Obr. 5 – Princip operace podle Yacoub

statné rozdíly, princip obou operací zůstává podobný. Z dilatovaného aortálního kořene se vystříhnou terčíky obou věnčitých tepen. Veškerá patologicky dilatovaná stěna Valsalvových sinusů a vzestupné aorty se odstraní kromě úzkého cca 5mm lemu aorty podél úponu aortální chlopně. V případě remodelace kořene se cévní protéza upraví tak, že se na ní vytvoří tři neosiny a protéza se následně přišije k ponechanému lemu aorty (obr. 5). U reimplantace aortální chlopně se cévní protéza fixuje pomocí jednotlivých stehů zevně aorty v úrovni bazálního prstence. Aortální chlopeň se pak vtáhne dovnitř lumen protézy, kde se přišije pokračovacím stehem (obr. 6). U obou typů operací jsou následně reimplantovány terčíky věnčitých tepen a provede se distální anastomó-

Obr. 6 – Princip operace podle Davida

Obr. 7 – Remodelace aortálního kořene doplněná externí anuloplastikou prstencem

za protézy na aortu. Nevýhodou klasického provedení remodelace je fakt, že tato operace nestabilizuje aortální anulus. Proto je nutné ji doplnit o cirkulární anuloplastiku, například pomocí expandibilního anuloplastického prstence Coronéo (obr. 7).

Dlouhodobé výsledky zachovných operací a plastik aortální chlopně

Hodnocení výsledků zachovných operací a plastik je problematické, neboť neexistují randomizované studie, které by porovnávaly výsledky těchto výkonů s aortální náhradou a Bentallovou operací. Z toho důvodu lze vycházet pouze z mnoha retrospektivních studií, které jsou ale značně heterogenní ve smyslu vstupních kritérií (počet pacientů, bikuspidální nebo trikuspidální chlopně, stupeň aortální regurgitace, porucha pojivové tkáně, akutní disekce aorty), použité chirurgické techniky (např. Yacoub, David, izolovaná plastika aortální chlopně) a doby sledování. Všechny tyto parametry mohou významně ovlivňovat krátkodobé i dlouhodobé výsledky.

Výsledky izolovaných plastik aortální chlopně

Hodnocení výsledků izolovaných plastik trikuspidálních aortálních chlopní je nesnadné, neboť publikované práce většinou zahrnují výsledky jak trikuspidálních tak, i bikuspidálních chlopní, často ještě v kombinaci s výkony na aortálním kořeni. Je-li příčinou AR prolaps (nikoli restrikce), jsou publikované výsledky příznivé, bez reoperace je prvních pět let po operaci 95 % pacientů [17,18].

Velmi dobré dlouhodobé, až patnáctileté výsledky prezentovala Aicher v roce 2016 (Isolated Aortic Valve Repair in Bicuspid and Tricuspid Valve Morphology, AATS Annual Meeting, Baltimore, USA). Průběžné výsledky tohoto souboru již byly publikovány [17]. V letech 1999–2015 provedli izolovanou plastiku aortální chlopně celkem u 1 083 nemocných, z nichž 583 (54 %) mělo trikuspidální chlopně. Bez reoperace za 5, 10 a 15 let bylo 94 %, 84 % a 81 % pacientů s trikuspidální chlopní a 90 %, 78 % a 71 % operovaných s bikuspidální chlopní. Tyto výsledky dokládají nižší riziko selhání plastiky, a tím nižší počet reoperace u jedinců s trikuspidální chlopní.

I zde platí, že dilatovaný aortální anulus a STJ je rizikovým faktorem selhání plastiky. Redukce a stabilizace těchto průměrů anuloplastikou a remodelací STJ zlepšuje dlouhodobé výsledky izolovaných plastik [6,19].

Výsledky plastik bikuspidální aortální chlopně

Riziko reoperace v průběhu prvních deseti let po plastice bikuspidální aortální chlopně se udává v poměrně širokém rozmezí 5–22 % [20–24]. Výsledky izolovaných plastik jsou poněkud horší ve srovnání s kombinovanými výkony, při kterých je současně nahrazen aortální kořen a/nebo vzestupná aorta [25]. To poukazuje na význam stabilizace STJ a aortálního anulu pro dlouhodobou funkci plastikované chlopně. Většinou jsou udávány výsledky plastik bikuspidálních chlopní mírně horší než u chlopní trikuspidálních [25–27]. Riziko rozvoje aortální stenózy je obecně nízké a uvádí se většinou pouze kasuisticky [23,28]. Přetrvávající zvýšený gradient je rizikovým faktorem selhání plastiky [29].

Výsledky remodelace aortálního kořene a reimplantace aortální chlopně

Současné výsledky zachovných operací aortální chlopně jsou přehledně shrnuty v metaanalýze, kterou publikovali Arabkhani a spol. v roce 2015 [30]. Tato metaanalýza zahrnuje celkem 4 777 pacientů z 31 největších souborů publikovaných v letech 2000–2014. V metaanalýze jsou zastoupeny oba typy VSARR, tj. remodelace i reimplantace. Hospitalizační mortalita VSARR je nízká, pohybuje se okolo 2 %. Lineární riziko reoperace je 1,3 %/pacient/rok. Riziko tromboembolických komplikací a krvácivých komplikací je velmi nízké, a to 0,4 %/pacient/rok a 0,2 %/pacient/rok. Dlouhodobé přežívání je příznivé, riziko úmrtí se během dlouhodobého sledování pohybuje v rozmezí 1,3–1,5 %/pacient/rok [30,31]. V nedávné práci Kariho a spol., který publikoval výsledky 1 015 pacientů po VSARR, je přežívání po operaci dokonce stejné jako u zdravé populace [32].

Závěr

Výhody aortálních plastik a zachovných operací oproti náhradám aortálních chlopní chlopněmi mechanickými

jsou nesporné, a proto se tyto operace v současnosti těší stále větší oblibě. Jsou vhodné i pro nemocné s bikuspidální aortální chlopní. Významně snižují riziko tzv. valve-related komplikací a umožňují žít pacientům aktivní život bez nutnosti celoživotní antikoagulační léčby. I z toho důvodu jsou spojeny s lepší kvalitou života ve srovnání s kvalitou života pacientů po náhradě aortální chlopně mechanickou protézou [33,34]. Určitou nevýhodou těchto výkonů je jejich větší technická náročnost a delší učební křivka. Proto by měly být prováděny ve specializovaných kardiocentrech, kde mají s touto problematikou dostatečné zkušenosti. Kritickým momentem je nezanedbatelné riziko selhání plastiky s nutností reoperace. Přesto jsou tyto operace v současnosti podporovány doporučenými postupy a v případech, kdy je plastika nedomykavé aortální chlopně technicky schůdná, by měla být plastika upřednostněna před náhradou aortální chlopně [35].

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Autoři prohlašují, že nemají žádný konflikt zájmů.

Financování

Publikace byla podpořena programem PRVOUK P37/4.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Etický souhlas pro tento typ publikace není nutný.

Literatura

- [1] A. Fagan, R. Pillai, R. Radley-Smith, M. Yacoub, Results of new valve conserving operation for treatment of aneurysms or acute dissection of aortic root, *British Heart Journal* 49 (1983) (Proceedings of the British Cardiac Society) 302.
- [2] M.A. Sarsam, M. Yacoub, Remodeling of the aortic valve annulus, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 105 (1993) 435–438.
- [3] T.E. David, C.M. Feindel, An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 103 (1992) 617–621; discussion 622.
- [4] G. El Khoury, D. Glineur, J. Rubay, et al., Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures, *Current Opinion in Cardiology* 20 (2005) 115–121.
- [5] T.E. David, C.M. Feindel, S. Armstrong, M. Maganti, Replacement of the ascending aorta with reduction of the diameter of the sinotubular junction to treat aortic insufficiency in patients with ascending aortic aneurysm, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 133 (2007) 414–418.
- [6] M. Asano, T. Kuniyama, D. Aicher, et al., Mid-term results after sinotubular junction remodelling with aortic cusp repair, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 42 (2012) 1010–1015.
- [7] D. Aicher, T. Kuniyama, O. Abou Issa, et al., Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve, *Circulation* 123 (2011) 178–185.
- [8] L. de Kerchove, S. Mastrobuoni, M. Boodhwani, et al., The role of annular dimension and annuloplasty in tricuspid aortic valve repair, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 49 (2016) 428–437; discussion 437–438.
- [9] L. de Kerchove, R. Vismara, A. Mangini, et al., In vitro comparison of three techniques for ventriculo-aortic junction annuloplasty, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 41 (2012) 1117–1123; discussion 1123–1124.
- [10] E. Navarra, G. El Khoury, D. Glineur, et al., Effect of annulus dimension and annuloplasty on bicuspid aortic valve repair, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 44 (2013) 316–323.
- [11] E. Lansac, I. Di Centa, F. Raoux, et al., An expansible aortic ring for a physiological approach to conservative aortic valve surgery, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 138 (2009) 718–724.
- [12] U. Schneider, D. Aicher, Y. Miura, H.J. Schäfers, Suture Annuloplasty in Aortic Valve Repair, *Annals of Thoracic Surgery* 101 (2016) 783–785.
- [13] D. Mazzitelli, C. Nobauer, J.S. Rankin, et al., Early results of a novel technique for ring-reinforced aortic valve and root restoration, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 45 (2014) 426–430.
- [14] K. Pethig, A. Milz, C. Hagl, et al., Aortic valve reimplantation in ascending aortic aneurysm: risk factors for early valve failure, *Annals of Thoracic Surgery* 73 (2002) 29–33.
- [15] H.J. Schäfers, B. Bierbach, D. Aicher, A new approach to the assessment of aortic cusp geometry, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 132 (2006) 436–438.
- [16] H.J. Schäfers, W. Schmied, G. Marom, D. Aicher, Cusp height in aortic valves, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 146 (2013) 269–274.
- [17] D. Aicher, F. Langer, O. Adam, et al., Cusp repair in aortic valve reconstruction: does the technique affect stability?, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 134 (2007) 1533–1538; discussion 1538–1539.
- [18] L. de Kerchove, M. Boodhwani, D. Glineur, et al., Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques, *Annals of Thoracic Surgery* 88 (2009) 455–461; discussion 461.
- [19] E. Lansac, I. Di Centa, G. Sleilaty, et al., Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 50 (2016) 350–360.
- [20] H.J. Schäfers, T. Kuniyama, P. Fries, et al., Valve-preserving root replacement in bicuspid aortic valves, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 140 (2010) (6 Suppl) S36–S40; discussion S45–S51.
- [21] M. Boodhwani, L. de Kerchove, D. Glineur, et al., Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: a systematic approach, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 140 (2010) 276–284.e1.
- [22] L.G. Svensson, A.H. Al Kindi, A. Vivacqua, et al., Long-term durability of bicuspid aortic valve repair, *Annals of Thoracic Surgery* 97 (2014) 1539–1547; discussion 1548.
- [23] H.A. Vohra, R.N. Whistance, L. de Kerchove, et al., Valve-preserving surgery on the bicuspid aortic valve, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 43 (2013) 888–898.
- [24] T. Holubec, P. Zacek, M. Jamaliiramin, et al., Valve cuspidity: a risk factor for aortic valve repair?, *Journal of Cardiac Surgery* 29 (2014) 585–592.
- [25] H.J. Schäfers, A. Raddatz, W. Schmied, et al., Reexamining remodeling, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 149 (2 Suppl) (2015) S30–S36.
- [26] M.J. Jasinski, R. Gocol, J. Scott Rankin, et al., Long-term outcomes after aortic valve repair and associated aortic root reconstruction, *Journal of Heart Valve Disease* 23 (2014) 414–423.
- [27] M.J. Jasinski, R. Gocol, M. Malinowski, et al., Predictors of early and medium-term outcome of 200 consecutive aortic valve and root repairs, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 149 (2015) 123–129.
- [28] G. El Khoury, J.L. Vanoverschelde, D. Glineur, et al., Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation, *Circulation* 114 (1 Suppl) (2006) I610–I616.
- [29] H.A. Vohra, R.N. Whistance, L. de Kerchove, et al., Influence of higher valve gradient on long-term outcome after aortic valve repair, *Annals of Cardiothoracic Surgery* 2 (2013) 30–39.
- [30] B. Arabkhani, A. Mookhoek, I. Di Centa, et al., Reported Outcome After Valve-Sparing Aortic Root Replacement for Aortic Root Aneurysm: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Annals of Thoracic Surgery* 100 (2015) 1126–1131.
- [31] R. Saczkowski, T. Malas, L. de Kerchove, et al., Systematic review of aortic valve preservation and repair, *Annals of Cardiothoracic Surgery* 2 (2013) 3–9.

- [32] F.A. Kari, K.N. Doll, W. Hemmer, et al., Survival and freedom from aortic valve-related reoperation after valve-sparing aortic root replacement in 1015 patients, *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 22 (2016) 431–438.
- [33] D. Aicher, A. Holz, S. Feldner, et al., Quality of life after aortic valve surgery: replacement versus reconstruction, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 142 (2011) e19–e24.
- [34] P. Zacek, T. Holubec, M. Vobornik, et al., Quality of life after aortic valve repair is similar to Ross patients and superior to mechanical valve replacement: a cross-sectional study, *BMC Cardiovascular Disorders* 16 (2016) 63.
- [35] R. Erbel, V. Aboyans, C. Boileau, et al., 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC), *European Heart Journal* 35 (2014) 2873–2926.

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.