



## Přehledový článek | Review article

# Současné postavení Rossovy operace v chirurgii aortální chlopně

(Current status of the Ross procedure in aortic valve surgery)

Jan Vojáček<sup>a</sup>, Ismail El-Hamamsy<sup>b</sup>, Jiří Ondrášek<sup>c</sup>, Pavel Žáček<sup>a</sup>, Petr Fila<sup>c</sup>,  
Martin Voborník<sup>a</sup>, Jaroslav Špatenka<sup>d</sup>

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

<sup>b</sup> Division of Cardiac Surgery, Aortic and Connective Tissue Clinic, Montreal Heart Institute, Université de Montréal, Kanada

<sup>c</sup> Centrum kardiologické a transplantací chirurgie, Brno, Česká republika

<sup>d</sup> Oddělení transplantací a tkáňové banky, Fakultní nemocnice v Motole, Praha, Česká republika

## INFORMACE O ČLÁNKU

## Historie článku:

Došel do redakce: 22. 11. 2016

Přiját: 12. 1. 2017

Dostupný online: 4. 2. 2017

## Klíčová slova:

Antikoagulace

Aortální stenóza

Kvalita života

Pulmonální alograft

Pulmonální autograft

Rossova operace

## SOUHRN

Rossova operace je unikátním chirurgickým konceptem, který řeší nereparabilní poškození aortální chlopně její náhradou vlastní chlopni plicnice. Výtokový trakt pravé komory je po vytnutí plicnice rekonstruován transplantací pulmonálního alograftu. Plicnicová chlopeč v aortální pozici (pulmonální autograft) výsoco předčí jiné náhražky svými hemodynamickými vlastnostmi, viabilitou se schopností růstu (u dětských pacientů) a nízkým rizikem tromboembolismu a infekční endokarditidy. Přes nesporné výhody pulmonálního autograftu vzbuzuje Rossova operace kontroverze a chirurgický respekt, protože jde o technicky náročný výkon, který navíc představuje pro další chlopeč riziko komplikací a předpokládané reoperace. Renesance zájmu o Rossovou operaci je způsobena zejména poznáním kritických kroků, standardizací operace i znalostí dlouhodobých výsledků. Ve velkých sestavách nemocných byly prokázány významné výhody pro nemocné v podobě vynikajícího přežívání, nízké četnosti komplikací a vysoké kvality života. Pokud je Rossova operace prováděna ve specializovaných centrech s důrazem na technické detaily zajišťující dlouhodobou stabilitu autograftu i alograftu, je atraktivní alternativou zejména pro mladé nemocné s poškozením aortální chlopně.

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

## ABSTRACT

The Ross procedure represents a unique surgical concept of unrepairable diseased aortic valve replacement by patient's own pulmonary valve (pulmonary autograft). After pulmonary valve removal, the right ventricle outflow tract is reconstructed by pulmonary allograft transplantation. Pulmonary valve in aortic position (pulmonary autograft) displays excellent hemodynamic features, viability with a growth-potential (in children) and a low risk of thromboembolism and infective endocarditis unparalleled to other heart valve substitutes. Despite the advantages of a pulmonary autograft the Ross procedures arouse controversies and surgical respect due to its technical complexity and involvement of another valve into a risk of complications and potential reoperation. Renaissance of interest in Ross procedure has been caused by recent operation standardization, knowledge of critical procedural steps and confirmation of excellent long-term results. Ross procedure performed in dedicated centers with utmost attention to technical details securing long-term durability of both the autograft and allograft is an attractive option namely for young patients with aortic valve disease.

## Keywords:

Anticoagulation

Aortic stenosis

Pulmonary allograft

Pulmonary autograft

Quality of life

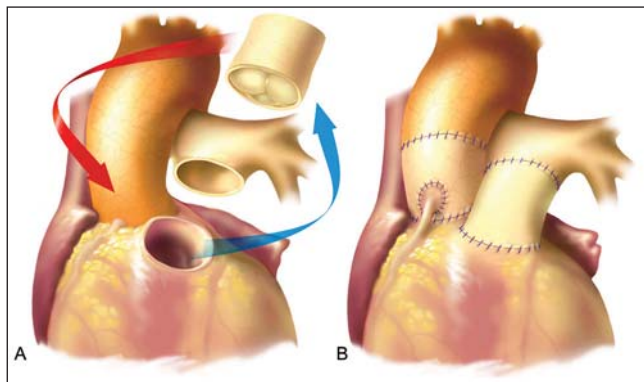
Ross procedure

**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](mailto:vojacek.jan@fnhk.cz)

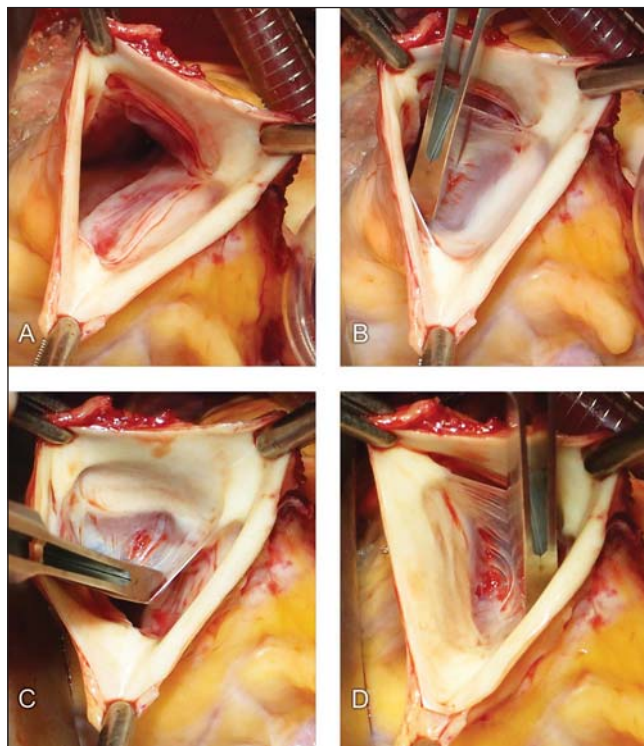
DOI: 10.1016/j.crvasa.2017.01.018

## Úvod

Donald Ross, jihoafrický chirurg působící v Londýně, popsal princip Rossovy operace v roce 1968, tedy před téměř padesáti lety [1,2]. Přesto se tato do jisté míry kontroverzní operace nikdy výrazněji nerozšířila. Principem operace je náhrada postižené aortální chlopně pulmonálním autograftem (PA), tedy pacientovou plicnicovou chlopní. Pulmonální chlopeň, respektive pulmonální kořen, je následně nahrazen zdaleka nejčastěji transplantací pulmonálního alograftu (PH), tedy chlopní odebranou zemřelému dárce. V originálním provedení byl autograft implantován do aortální pozice tzv. subkoronární technikou, tj. podobně jako bezstentové aortální chlopně bez nutnosti reimplantovat věnitní tepny. V současnosti je ale



Obr. 1 – Schéma principu Rossovy operace: kořen plicnice včetně plicnicové chlopně je explantován (A) a implantován (jako autograft) do aortálního anulu technikou „total root replacement“ (B). Výtokový trakt pravé komory je rekonstruován pomocí plicnicového alograftu.



Obr. 2 – Inspekce plicnicové chlopně (A) a jejích jednotlivých listů (B–D)

metodou volby na většině pracovišť technika označovaná jako „full root“, kdy je pulmonálním autograftem nahrazen celý aortální kořen (obr. 1). Výhody Rossovy operace jsou nesporné. Pulmonální autograft je viabilní chlopeň, která má zachovaný potenciál růstu (obr. 2). Proto zůstává metodou volby v dětské kardiologii při řešení vrozených malformací aortální chlopně. Pulmonální autograft se někdy označuje jako „living valve“, tedy živá chlopeň se zachovaným endotelem/endokardem a ostatními vrstvami stěny i cípů chlopně. Z toho důvodu se u této chlopně prakticky nevyskytují tromboembolické komplikace, pacienti nemusejí užívat antikoagulaci, a nejsou tedy vystaveni riziku krvácivých komplikací. Viabilita chlopně rovněž garantuje poměrně vysokou odolnost vůči infekci s velmi nízkým výskytem infekční endokarditidy.

Tato operace má ale i své podstatné nevýhody. Nejčastějším argumentem je fakt, že v principu převládá onemocnění jedné (aortální) chlopně na postižení dvou chlopní (aortální + pulmonální). Obě chlopně jsou tedy vystaveny riziku selhání s nutností reoperace. Dalším argumentem proti provedení této operace je její poměrně velká technická náročnost a s tím spojené vyšší riziko komplikací včetně úmrtí.

Z toho důvodu nastal po určitém entuziasmu v 90. letech minulého století od této operace odklon (zejména u dospělých pacientů) a tento trend je patrný až do současnosti. V roce 2010 představovala Rossova operace podle údajů z databáze Society of Thoracic Surgeons (STS) 0,09 % všech náhrad aortální chlopně [3]. Nicméně v poslední dekádě se objevuje obnovený zájem o tuto operaci, podpořený významnými studiemi u dospělých pacientů, které prokazují zlepšení dlouhodobých klinických výsledků u pacientů, kteří podstoupili Rossovu operaci, oproti pacientům s mechanickou chlopní. Proto by tato operace měla mít své pevné postavení v chirurgii aortální chlopně u vybrané skupiny mladých pacientů.

## Koncept

Podporou pro koncept Rossovy operace jsou suboptimální výsledky náhrady aortální chlopně za použití konvenčních náhrad, tedy mechanických chlopní a bioprotéz. Implantace umělé chlopně je spojena s rizikem tzv. valve-related komplikací (tromboembolických komplikací, krvácivých komplikací, reoperace a infekční endokarditidy). Zejména u mladších pacientů je kumulativní riziko těchto komplikací vysoké. Z výsledků starších randomizovaných studií porovnávajících dlouhodobé výsledky mechanických chlopní a bioprotéz je patrné, že během deseti let dojde k některé této závažné komplikaci až u 60 % pacientů [4,5]. Bohužel i další studie potvrdily tento nepříznivý trend. Řada studií prokázala incidenci komplikací po náhradě aortální chlopně biologickými či mechanickými chlopněmi zejména u mladých nemocných v rozmezí 30–50 % během 10–20 let [4,6–9].

Kromě dilematu mezi reoperací a antikoagulací došlo v posledních letech rovněž k posunu paradigmatu s důrazem na hodnocení dlouhodobého přežívání a kvality života po různých typech náhrady aortální chlopně. Na rozdíl od nemocných ve vyšším věku mají mladší pacienti (< 60 let) prodlouženou předpokládanou délku života,

a proto se narůstající počet studií zaměřuje na dlouhodobé přežívání po náhradě aortální chlopně u této věkové kategorie. Tyto studie ve shodě demonstřují společné zjištění: u mladých nemocných po náhradě aortální chlopně je deseti- a patnáctileté přežívání významně nižší než u všeobecné populace odpovídající věkem a pohlavím [10–14]. Ve studii Bouhouta a spol. dosahovalo desetileté přežívání bez reoperace u dospělých mladších 65 let (průměrný věk 53 let) po elektivní izolované aortální náhradě 82 %. Jinak vyjádřeno: po deseti letech je jeden z pěti operovaných buď mrtev, nebo reoperovaný, což je závažné zjištění. Tyto výsledky byly reprodukovány několika současnými studiemi u mladých nemocných po náhradě aortální chlopně, s desetiletým přežíváním v rozmezí 75–85 %, tedy podstatně nižším než u populace odpovídající věkem a pohlavím [15,16]. Navíc kvalita života u nemocných po náhradě aortální chlopně byla nižší v porovnání s operacemi bez chlopní protézy, jako jsou záchovné aortální výkony nebo Rossova operace [17–19].

## Současné výsledky Rossovy operace

### Přežívání

Na rozdíl od protézových náhrad aortální chlopně je u Rossovy operace aortální chlopeň nahrazena živou chlopní. V posledním desetiletí celá řada studií dokumentovala dlouhodobé výsledky Rossovy operace se zaměřením nejen na přežití, ale i na komplikace ve vztahu k chlopní. Všechny tyto studie v souhlasu podtrhují unikátní rys použití plicnicového autograftu, tj. že se přítomnost živé chlopně v aortální pozici promítá do zlepšení klinických výsledků [20]. Studie s dlouhodobým sledováním po Rossově operaci (přibližně deset let) konstantně dokládají vynikající přežívání operovaných, které odpovídá přežívání obecné populace (vztaheno na věk a pohlaví) [21–26]. Ke stejným závěrům došla i jediná randomizovaná studie porovnávající výsledky Rossovy operace s aortálním alograftem a dále multicentrický registr Rossovy operace (German Ross Registry) zahrnující přes 1 700 nemocných operovaných v osmi centrech [27,28]. Navíc se zdá, že zlepšené přežívání přetrvává i v druhé dekádě po operaci [21,25,29]. Poznatky z posledních let tedy prokázaly, že Rossova operace je jediným způsobem náhrady aortální chlopně, u které se pozorované přežití rovná předpokládanému přežití po dobu 20 let od operace. Důvodem je pravděpodobně významné snížení rizika tzv. valve-related komplikací.

### Hemodynamika

Plicnicový autograft nabízí výbornou hemodynamiku s transvalvulárním gradientem pravidelně < 10 mm Hg, tedy srovnatelnou s nativní aortální chlopní. Takovýto nízkých fyziologických gradientů nedosahuje žádná jiná chlopní náhrada. Dokonce ani při zátěži nedochází k nárůstu transvalvulárního gradientu [30]. Rovněž při studiu charakteru průtoku přes aortální kořen pomocí čtyřrozměrné magnetické rezonance (MR) byl pouze u Rossovy operace prokázán charakter průtoku téměř shodný s průtokem normálním aortálním kořenem [31]. Lze předpokládat, že tyto skutečnosti se promítnou do zlepšení funkční a zátěžové kapacity nemocných po Rossově operaci v porovnání

s jinými typy náhrad aortální chlopně, ale dosud se žádné studie na tuto otázku nezaměřily. Fyziologický, zcela neobstruktivní průtok přes aortální chlopeň je rovněž spojen s úplnou regresí hypertrofie levé komory. I tato skutečnost se může pozitivně odrážet v dlouhodobém přežívání pacientů po této operaci.

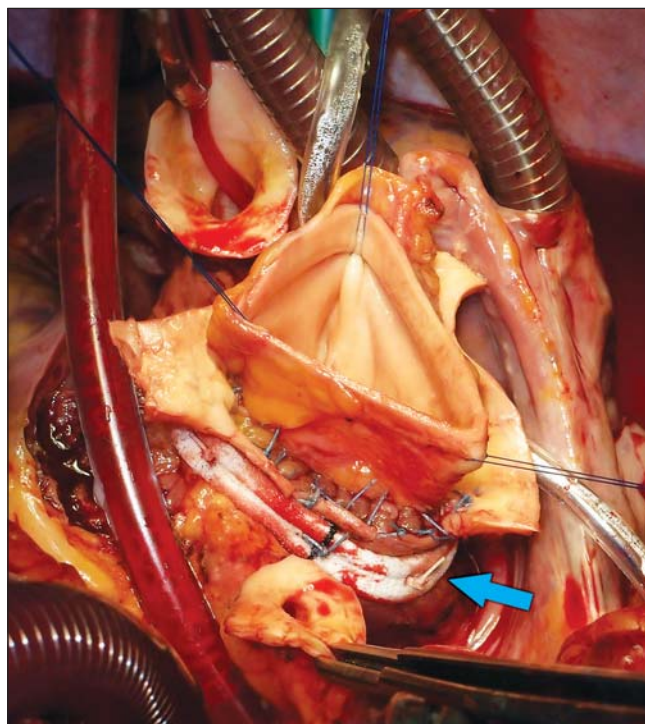
### Komplikace související s chlopní

Jak již bylo zmíněno, unikátním rysem Rossovy operace je přítomnost živé chlopní náhrady v aortálním kořeni pokryté normální endoteliální výstelkou. To se z klinického pohledu promítá do nízké trombogenity (buňky endotelu produkují oxid dusný a omezují agregaci destiček) a rezistence vůči infekci. V souhrnu tyto vlastnosti sice zcela nevylučují komplikace související s chlopní, ale významně snižují riziko tromboembolických a infekčních komplikací (endokarditidy) ve srovnání s chlopními protézami. Absence antikoagulace navíc významně snižuje riziko krvácení, známé u mechanických chlopní [32]. Přesto se doporučuje pravidelné echokardiografické sledování a doživotní profylaxe infekční endokarditidy [33].

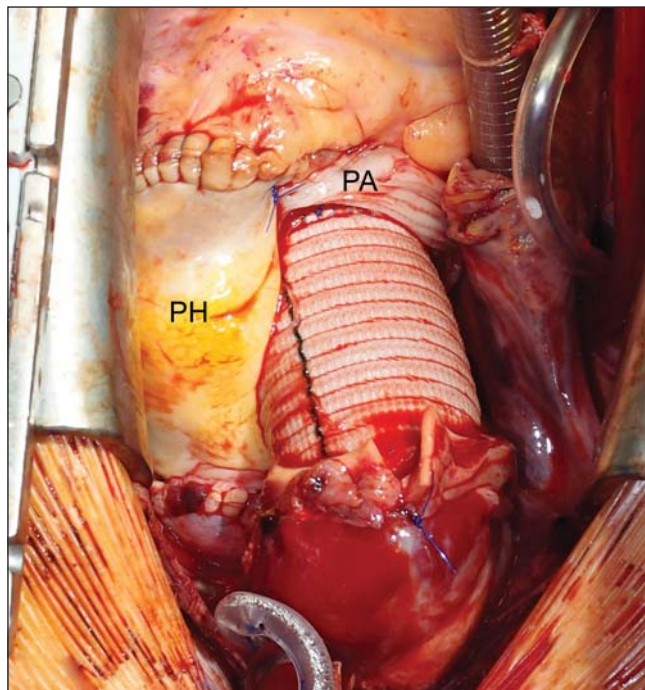
### Reoperace

Riziko reoperace pulmonálního autograftu a/nebo pulmonálního alograftu je největší slabinou Rossovy operace. Některá centra skutečně pozorovala vyšší výskyt reoperací, zejména ve druhé dekádě od operace [34]. Tento fakt ve spojení se zvýšenou technickou náročností Rossovy operace byl hlavním důvodem odklonu od této operace směrem ke snáze reprodukovatelným protetickým náhradám aortální chlopně. Nicméně při analýze výsledků skupin s vysokou frekvencí reoperací je zřejmé, že tyto výsledky souvisejí především s technickými faktory a detaily během vlastní operace (nebyla provedena stabilizace PA). Rotterdamská skupina, která pro vysokou četnost reoperací ve svém souboru navrhla od Rossovy operace upustit, nicméně dokumentovala, že u nemocných, které bylo nutno reoperovat pro dilataci autograftu, byla většina nárůstu průměru přítomná již v době propuštění po operaci [35], což poukazuje na význam technického provedení operace. Toto bylo rovněž potvrzeno výsledky z německého German Ross Registry, kde byly dlouhodobé výsledky PA se stabilizací významně lepší než výsledky PA bez stabilizace [36]. Při dodržení zásadních chirurgických principů, které budou popsány níže, a při správném výběru pacientů k tomuto typu operace jsou dlouhodobé výsledky příznivé. Lineární riziko reoperace se udává ~1 %/pacient a rok, tj. 80–90 % nemocných je bez reoperace po 15 letech [21,22,25,27,28]. Důvodem reoperace je stejným dílem jak autograft, tak plicnicový alograft. S rozvojem perkutánních chlopních technologií lze v současnosti provádět reintervence na plicnicovém alograftu pomocí transkatérové implantace chlopně s dobrými výsledky a bez nutnosti resternotomie [37]. T. David publikoval v roce 2016 velmi zajímavou a z hlediska Rossovy operace důležitou práci, ve které srovnal dlouhodobé výsledky Rossovy operace s mechanickou náhradou aortální chlopně. Metodologicky použil analýzu propensity skóre, pomocí které porovnal dlouhodobé výsledky 258 pacientů po Rossově operaci s 1 444 pacienty po náhradě aortální chlopně mechanickou protézou. Střední doba sledování činila  $14 \pm 7$  let. Podobně jako ostatní autoři prokázal sta-





Obr. 3 – Implantovaný externí anuloplastický prstenec (šipka). Při volbě velikosti prstence u Rossovy operace nutno brát zřetel na přítomnost dvou vrstev uvnitř.



Obr. 4 – Rossova operace: dokončená rekonstrukce obou tepenných kmenů. Pulmonální autograft byl napojen na cévní protézu, která nahrazuje vzestupnou aortu. PA – pulmonální autograft; PH – pulmonální alograft.

tisticky významně nižší riziko tromboembolických komplikací a krvácivých komplikací ( $p < 0,001$ ) ve skupině pacientů po Rossově operaci. Velmi zajímavé je ale zjištění, že u obou skupin bylo srovnatelné riziko reoperace [38].

## Chirurgické principy Rossovy operace zajišťující dlouhodobou stabilitu PA a PH

Z technického hlediska provedení operace je dnes jednoznačně metodou volby tzv. kompletní náhrada aortálního kořene pulmonálním autograftem. Použití této techniky nejvíce garantuje standardizované výsledky. Podrobnější rozbor chirurgické techniky je nad rámec této kapitoly, přesto je nutné alespoň stručně uvést základní principy, které je nezbytné dodržet za účelem dobrých dlouhodobých výsledků této operace. Tyto principy byly odvozeny z analýzy příčin selhání Rossovy operace. Hlavními důvody reoperace po Rossově operaci je buď dilatace plicnicového autograftu se vznikem sekundární aortální regurgitace, nebo stenóza plicnicového homograftu. Ke snížení rizika reoperace slouží následující principy:

1. Plicnicový autograft musí být na aortální straně pečlivě umístěn do subanulární polohy. Nativní aortální anulus tak tvoří strukturální oporu pulmonálnímu autograftu a brání jeho proximální dilataci. Rovněž musí být minimalizováno množství infundibulární svaloviny PA podél úponu pulmonální chlopně.
2. U nemocných s aortální nedomykavostí a/nebo dilatací aortálního anulu musí být současně provedena anuloplastika aortálního anulu tak, aby jeho rozměry odpovídaly rozměrům plicnicového autograftu a aby se především zabránilo pozdní dilataci aortálního anulu. Technik stabilizace aortálního anulu existuje celá řada. Na našem pracovišti nejčastěji stabilizujeme anulus pomocí dakronového proužku, který má vyztužit proximální anastomózu. Další možností je extraaortální anuloplastika pomocí dakronového prstence [39]. Pro tyto účely lze rovněž použít komerčně dostupný expandibilní prstenec Coronéo, který byl navržen pro anuloplastiku při plastikách aortální chlopně [40] (obr. 3).
3. Po implantaci do aortální pozice by plicnicový autograft měl být příčně přestřižen 2–3 mm nad sinotubulární junkcí tak, aby nebyla ponechána stěna plicnice distálně od sinotubulární junkce. Odstraněním stěny plicnice je odstraněno riziko její suprakoronární dilatace vlivem systémového tlaku, které by vedlo k rozšíření sinotubulární junkce a vzniku sekundární aortální regurgitace.
4. Stabilizace sinotubulární junkce (STJ). Pokud průměr nativní aorty přesahuje 40 mm, je nutné provést náhradu vzestupné aorty cévní protézou, která stabilizuje průměr STJ (obr. 4).
5. Bezprostředně po operaci musí být zahájena důsledná kontrola krevního tlaku po dobu minimálně 6 až 12 měsíců od operace jako prevence dilatace PA.
6. Vznik stenózy plicnicového alograftu není častý. Prevencí je použití PH větší velikosti a podávání perorálních nesteroidních antiревmatik po dobu prvních šesti měsíců po operaci.

## Závěr

Přestože během posledních 15 let došlo k významnému poklesu v četnosti provádění Rossovy operace, byly zároveň v poslední dekádě publikovány dlouhodobé vý-

sledky průkopnických skupin, které shodně prokazují vynikající dlouhodobé klinické výsledky ve smyslu přežívání, kvality života, hemodynamiky a výskytu komplikací souvisejících s chlopní. V současném období směřování k miniinvazivním, jednodušším a rychlejším intervencím je namísto obezřetnost před nadměrným entuziasmem pro tyto techniky na úkor dlouhodobých výsledků z pohledu nemocného. Pečlivá a objektivní analýza výsledků Rossovy operace i jejích technických aspektů by měla vést k renesanci této operace. Neochota k tomu by znamenala promarněnou šanci pro nemocné s chlopenním onemocněním [41]. Současně je nezbytná další analýza výsledků i vylepšení chirurgických postupů k potlačení některých limitací této operace.

#### Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Autoři prohlašují, že nemají žádný konflikt zájmů.

#### Financování

Publikace byla podpořena programem PŘVOUK P37/4.

#### Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Etický souhlas pro tento typ publikace není nutný.

#### Literatura

- [1] D.N. Ross, Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft, *Lancet* 2 (1967) 956–958.
- [2] J. Spatenka, J. Davies, R. Jashari, Donald Nixon Ross, pioneer in open heart surgery and cardiovascular tissue banking died, *Cell and Tissue Banking* 15 (2014) 501–504.
- [3] T.B. Reece, K.F. Welke, S. O'Brien, et al., Rethinking the Ross Procedure in Adults, *Annals of Thoracic Surgery* 97 (2014) 175–181.
- [4] K. Hammermeister, G.K. Sethi, W.G. Henderson, et al., Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial, *Journal of the American College of Cardiology* 36 (2000) 1152–1158.
- [5] P. Stassano, L. Di Tommaso, M. Monaco, et al., Aortic valve replacement: a prospective randomized evaluation of mechanical versus biological valves in patients ages 55 to 70 years, *Journal of the American College of Cardiology* 54 (2009) 1862–1868.
- [6] M. Ruel, A. Kulik, B.K. Lam, et al., Long-term outcomes of valve replacement with modern prostheses in young adults, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 27 (2005) 425–433; discussion 433.
- [7] A. Kulik, P. Bedard, B.K. Lam, et al., Mechanical versus bioprosthetic valve replacement in middle-aged patients, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 30 (2006) 485–491.
- [8] M.W. van Geldorp, W.R. Eric Jamieson, A.P. Kappetein, et al., Patient outcome after aortic valve replacement with a mechanical or biological prosthesis: weighing lifetime anticoagulant-related event risk against reoperation risk, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 137 (2009) 881–886.e5.
- [9] J. Puskas, M. Gerdisch, D. Nichols, et al., Reduced anticoagulation after mechanical aortic valve replacement: interim results from the prospective randomized on-X valve anticoagulation clinical trial randomized Food and Drug Administration investigational device exemption trial, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 147 (2014) 1202–1210; discussion 1210–1211.
- [10] I. Bouhout, L.M. Stevens, A. Mazine, et al., Long-term outcomes after elective isolated mechanical aortic valve replacement in young adults, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 148 (2014) 1341–1346.e1.
- [11] J. Forcillo, I. El-Hamamsy, L.M. Stevens, et al., The perimount valve in the aortic position: twenty-year experience with patients under 60 years old, *Annals of Thoracic Surgery* 97 (2014) 1526–1532.
- [12] T. Bourguignon, R. El Khoury, P. Candolfi, et al., Very Long-Term Outcomes of the Carpentier-Edwards Perimount Aortic Valve in Patients Aged 60 or Younger, *Annals of Thoracic Surgery* 100 (2015) 853–859.
- [13] D.R. Johnston, E.G. Soltesz, N. Vakil, et al., Long-term durability of bioprosthetic aortic valves: implications from 12,569 implants, *Annals of Thoracic Surgery* 99 (2015) 1239–1247.
- [14] P. Kvidal, R. Bergstrom, L.G. Horte, E. Stahle, Observed and relative survival after aortic valve replacement, *Journal of the American College of Cardiology* 35 (2000) 747–756.
- [15] N. Glaser, V. Jackson, M.J. Holzmann, et al., Aortic valve replacement with mechanical vs. biological prostheses in patients aged 50–69 years, *European Heart Journal* 37 (2016) 2658–2667.
- [16] D. Bouchard, A. Mazine, L.M. Stevens, et al., Twenty-year experience with the CarboMedics mechanical valve prosthesis, *Annals of Thoracic Surgery* 97 (2014) 816–823.
- [17] 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.
- [18] A. Nötzold, M. Hüppe, C. Schmidtke, et al., Quality of life in aortic valve replacement: pulmonary autografts versus mechanical prostheses, *Journal of the American College of Cardiology* 37 (2001) 1963–1966.
- [19] 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.
- [20] I. El-Hamamsy, N. Poirier, What is the role of the Ross procedure in today's armamentarium?, *Canadian Journal of Cardiology* 29 (2013) 1569–1576.
- [21] T.E. David, C. David, A. Woo, C. Manlhiot, The Ross procedure: Outcomes at 20 years, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 147 (2014) 85–94.
- [22] F.D. da Costa, J.J. Takkenberg, D. Fornazari, et al., Long-term results of the Ross operation: an 18-year single institutional experience, *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 46 (2014) 415–422; discussion 422.
- [23] M. Andreas, G. Seebacher, E. Reida, et al., A single-center experience with the Ross procedure over 20 years, *Annals of Thoracic Surgery* 97 (2014) 182–188.
- [24] P.D. Skillington, M.M. Mokhles, J.J. Takkenberg, et al., Twenty-year analysis of autologous support of the pulmonary autograft in the Ross procedure, *Annals of Thoracic Surgery* 96 (2013) 823–829.
- [25] S. Mastrobuoni, L. de Kerchove, S. Solari, et al., The Ross procedure in young adults: over 20 years of experience in our Institution, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 49 (2016) 507–512; discussion 512–513.
- [26] M.H. Yacoub, L.M. Klieverik, G. Melina, et al., An evaluation of the Ross operation in adults, *Journal of Heart Valve Disease* 15 (2006) 531–539.
- [27] H.H. Sievers, U. Stierle, E.I. Charitos, et al., A multicentre evaluation of the autograft procedure for young patients undergoing aortic valve replacement: update on the German Ross Registry, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 49 (2016) 212–218.
- [28] I. El-Hamamsy, Z. Eryigit, L.M. Stevens, et al., Long-term outcomes after autograft versus homograft aortic root replacement in adults with aortic valve disease: a randomised controlled trial, *Lancet* 376 (2010) 524–531.
- [29] E.I. Charitos, U. Stierle, T. Hanke, et al., Long-term results of 203 young and middle-aged patients with more than 10 years of follow-up after the original subcoronary Ross operation, *Annals of Thoracic Surgery* 93 (2012) 495–502.
- [30] P. Pibarot, J.G. Dumesnil, M. Briand, et al., Hemodynamic performance during maximum exercise in adult patients with the Ross operation and comparison with normal controls and patients with aortic bioprostheses, *American Journal of Cardiology* 86 (2000) 982–988.

- [31] R. Torii, I. El-Hamamsy, M. Donya, et al., Integrated morphologic and functional assessment of the aortic root after different tissue valve root replacement procedures, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 143 (2012) 1422–1428.
- [32] H.H. Sievers, U. Stierle, E.I. Charitos, et al., Major adverse cardiac and cerebrovascular events after the Ross procedure: a report from the German-Dutch Ross Registry, *Circulation* 122 (11 Suppl) (2010) S216–S223.
- [33] E.I. Charitos, J.J. Takkenberg, T. Hanke, et al., Reoperations on the pulmonary autograft and pulmonary homograft after the Ross procedure: An update on the German Dutch Ross Registry, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 144 (2012) 813–821; discussion 821–823.
- [34] L.M. Klieverik, J.J. Takkenberg, J.A. Bekkers, et al., The Ross operation: a Trojan horse?, *European Heart Journal* 28 (2007) 1993–2000.
- [35] R.B. Hokken, A.J. Bogers, M.A. Taams, et al., Does the pulmonary autograft in the aortic position in adults increase in diameter? An echocardiographic study, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 113 (1997) 667–674.
- [36] E.I. Charitos, T. Hanke, U. Stierle, et al., Autograft reinforcement to preserve autograft function after the Ross procedure: a report from the German-Dutch Ross Registry, *Circulation* 120 (11 Suppl) (2009) S146–S154.
- [37] J. Nordmeyer, P. Lurz, V.T. Tsang, et al., Effective transcatheter valve implantation after pulmonary homograft failure: a new perspective on the Ross operation, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 138 (2009) 84–88.
- [38] A. Mazine, T.E. David, V. Rao, et al., Long-Term Outcomes of the Ross Procedure Versus Mechanical Aortic Valve Replacement: Propensity-Matched Cohort Study, *Circulation* 134 (2016) 576–585.
- [39] L. Basmadjian, A.J. Basmadjian, L.M. Stevens, et al., Early results of extra-aortic annuloplasty ring implantation on aortic annular dimensions, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 151 (2016) 1280–1285.e1.
- [40] J. Vojacek, J. Spatenka, T. Holubec, P. Zacek, Coroneo extra-aortic annuloplasty ring could stabilize even the pulmonary autograft annulus in a Ross operation, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 43 (2013) 431–433.
- [41] M.H. Yacoub, I. El-Hamamsy, H.H. Sievers, et al., Under-use of the Ross operation – a lost opportunity, *Lancet* 384 (2014) 559–560.

*Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.*