

PATIENT-PROSTHESIS MISMATCH

Jan Dominik

Kardiochirurgická klinika LF UK a FN Hradec Králové

Patient-prosthesis mismatch (PPM) je stav, kde efektivní plocha ústí (EOA) implantované aortální chlopně je příliš malá vzhledem k povrchu těla operovaného. Hemodynamicky významný PPM vzniká, pokud indexovaná EOA $< 0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Hemodynamickým následkem je vyšší gradient na správně fungující implantované chlopní a tím i pomalejší regrese hypertrofie LK. Časná mortalita náhrad aortální chlopně je v případě přítomného PPM 2x vyšší a u operovaných s těžce dysfunkční komorou až 4x vyšší. Do úzkých aortálních anulů nutno vybrat chlopeň s největší plochou ústí a správně ji implantovat, aby nedocházelo ke vzniku PPM.

Klíčová slova: náhrada aortální chlopně, chlopenní chirurgie, patient-prosthesis mismatch.

PATIENT-PROSTHESIS MISMATCH

Patient-prosthesis mismatch /PPM/ is present when the effective orifice area (EOA) of the implanted valve is too small in relation to body surface area of the patient. Haemodynamically significant PPM is defined as an EOA indexed for body surface area less than $0.85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. PPM results in higher transprosthetic gradient and slower and worse left ventricular mass regression. Early mortality of aortic valve replacement is twice higher in case of haemodynamically significant PPM, and even four times higher in patients with left ventricular dysfunction. A prosthesis with the best-possible EOA and a correct technique of implantation is required in a narrow aortic annulus in order to avoid PPM.

Key words: aortic valve replacement, patient prosthesis mismatch, valvular surgery.

Interv Akut Kardiolog 2005;4:229–232

Úvod

Jako patient-prosthesis mismatch (PPM) označujeme stav, kdy efektivní plocha ústí (EOA – effective orifice area) implantované srdeční chlopně je příliš malá vzhledem k povrchu těla operovaného (BSA – body surface area). Tato situace má velkou klinickou důležitost, poněvadž se vyskytuje u významné části těch operovaných s aortální stenózou, kteří mají úzký aortální anulus a přitom velký povrch těla. Hemodynamickým následkem PPM je vyšší až vysoký gradient na dobře fungující implantované chlopní a s tím související pomalejší regrese hypertrofie levé komory v dlouhodobém pooperačním průběhu. Také časná mortalita náhrad aortální chlopně je v případě přítomného PPM 2x vyšší a u operovaných s těžce dysfunkční levou komorou až 4x vyšší. Proto při náhradách aortálních chlopní nutno vést operační strategii tak, aby nedošlo ke vzniku PPM.

Cílem článku je uvést přehled současných názorů na PPM, které jsou až překvapivě kontroverzní a také uvést chirurgické postupy, které umožňují snížit výskyt PPM.

Vymezení užívaných pojmů

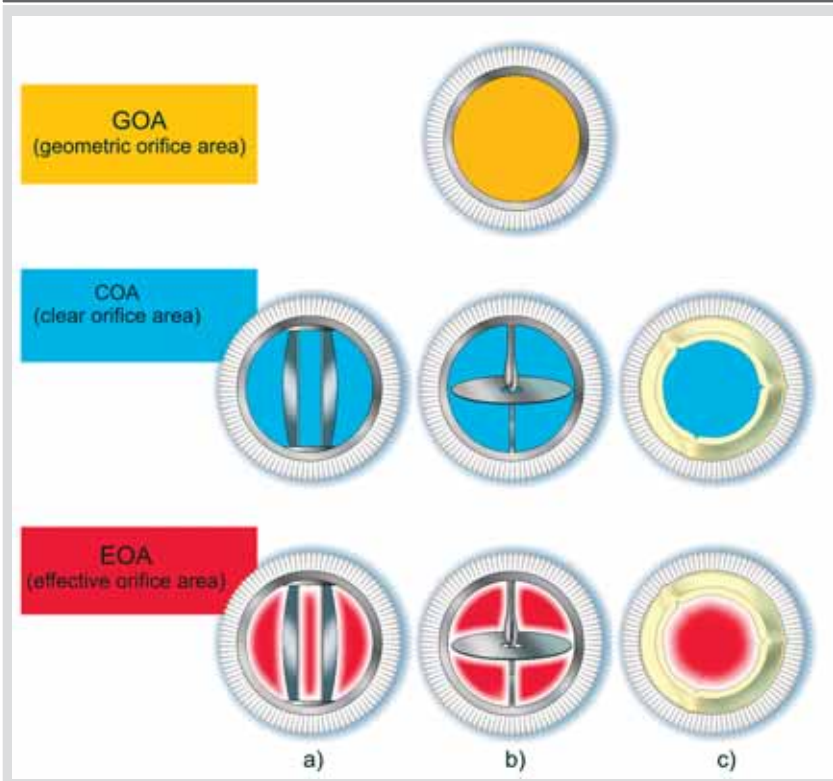
Shahbudin Rahimtoola již v roce 1978 upozornil na problém, který nazval valve prosthesis-patient mismatch, když v časopise Circulation publikoval článek: The Problem of Valve Prosthesis-Patient Mismatch⁽¹⁾. Zdůraznil v něm, že každá implantovaná srdeční chlopeň je svým způsobem stenotická, poněvadž její efektivní plocha ústí je menší než plocha zdravé přirozené chlopně. Dnes

se nejčastěji užívá termín patient-prosthesis mismatch^(2, 3, 4, 5, 6), synonymem jsou Rahimtoolovo označení valve prosthesis-patient mismatch^(1, 7, 8, 9), nebo prosthesis-patient mismatch^(10, 11, 12), event. valve prosthesis-patient size mismatch⁽¹³⁾.

Je nutno rozlišovat geometrickou plochu ústí (GOA – geometric orifice area) od efektivní plochy ústí (EOA) implantované chlopně (obrá-

zek 1). GOA je celá vnitřní plocha chlopenního ústí, včetně plochy, kterou zaujímají vyklápějící se listy a závěsný aparát. Po odečtení plochy, kterou v průřezu chlopně zaujímají tato vyklápějící se tělíska, získáme tzv. „valve clear area“, jejíž hodnota je však velmi vzácně udávána. Nejdůležitější je znát hodnotu EOA, což je ta plocha chlopně, kterou opravdu protéká krevní proud (obrázek 1). EOA je o čtvrtinu až

Obrázek 1. GOA, COA, EOA chlopní. a) mechanických dvoulistých, b) mechanických – monodisků, c) bioprotéz



třetinu menší než GOA. EOA i GOA se udává v cm^2 . Vzhledem k nemocnému, kterému je chlopeň implantována, je pak nutno udávat plochy indexované (GOAI, EOAI – GOA, EOA dělená BSA).

Za hranici, kdy se již jedná o hemodynamicky významný PPM, je nejčastěji udávána hodnota EOAI $<0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ^(2, 3, 6, 7, 11, 12, 13). Pro velmi významný PPM je dána hranice EOAI $<0,65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. PPM je již klinicky málo významný až nevýznamný, když EOAI $>0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ⁽²⁾. Není správné vztahovat PPM ke GOA, poněvadž chlopně o stejné GOA mají rozdílnou EOA. Pokud výrobce neudává EOA nebo tuto hodnotu neznáme, ale známe GOA, pak přibližně platí, že hemodynamicky významný PPM vzniká, když GOAI $<1,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ⁽³⁾.

Výskyt PPM

Je překvapivé, že v souborech operovaných pro aortální vadu je v literatuře udáván poměrně vysoký výskyt PPM. A to ještě nutno vzít v úvahu, že tyto publikace vznikají na pracovištích, které o tomto problému ví a zabývají se jím. Proto lze předpokládat, že výskyt PPM po náhradách aortálních chlopní bude ještě vyšší než v publikacích níže uvedených. Např. Fuster uvádí výskyt PPM (EOAI $<0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) u 38 % ze 339 operovaných⁽⁶⁾, Blais shodně také u 38 % ze 1266 operovaných⁽⁷⁾ a Ruel u 32 % ze 1563 operovaných⁽¹¹⁾. Tasca uvádí sice výskyt PPM dokonce u 53 % operovaných, ale zvolil mírně vyšší hranici pro PPM (EOAI $<0,9 \text{ cm}^2/\text{m}^2$)⁽⁹⁾. Naopak Rao ve velké sestavě 2981 náhrad aortální chlopně udává výskyt PPM pouze u 8 % operovaných, ale to proto, že za hranici PPM zvolil EOAI $<0,75 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ⁽¹⁰⁾. Cuepro ze 316 operovaných udává PPM u 48 % nemocných, PPM však nevztahuje ke EOAI, ale ke GOAI pokud byla menší než $1,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ⁽¹⁴⁾.

Vliv PPM na časnou mortalitu

Existuje více studií, které prokazují, že časná mortalita nemocných po náhradách aortálních chlopní v případě přítomného PPM je signifikantně vyšší než u operovaných, u kterých se hemodynamicky významný PPM nevyskytuje.

Fuster v souboru 339 konsekutivních operací pro aortální vadu udává časnou mortalitu všech operovaných 3,8 %, přitom u nemocných s PPM 5,4 % a u operovaných bez PPM 2,9 %. Pokud byl těžký PPM (EOAI $<0,65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) pak byla mortalita 13 %. Velký vliv na časnou mortalitu měla i ejekční frakce levé komory srdeční (EF). V případě EF <50 % a současného PPM byla mortalita 9,5 % a nejvyšší mortalita 26 % byla u nemocných s PPM a s EF <50 % a při současné významné hypertrofii myokardu⁽⁶⁾.

Blais v souboru 1266 po sobě jdoucích operacích aortální chlopně udává 30denní mortalitu 4,6 %. Mortalita skupiny operovaných s nesignifikantním PPM (EOAI $>0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) byla 3 %, u operovaných s přítomným PPM (EOAI mezi $0,85$ a $0,65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) byla 6 %, tedy dvojnásobná a u nemocných s těžkým PPM (EOAI $<0,65 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) byla 26 %. Z této studie jednoznačně vyplývá, že PPM je nezávislý prediktor časné mortality⁽⁷⁾.

Rao publikoval rozbor souboru 2154 operovaných, kterým byla aortální chlopně nahrazena stentovanou bioprotézou. Celková mortalita všech byla 5,3 %. Časná mortalita u operovaných s PPM (za hranici vzal hodnotu EOAI $<0,75 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) byla 7,9 % a u nemocných s EOAI $>0,75 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ byla 4,6 % (rozdíl je na hranici statistické významnosti). Mortalita nemocných, kterým byly implantovány malé bioprotézy (tj. 19 a 21 mm), byla 9,3 % a mortalita nemocných s implantovanými bioprotézami většími než 21 mm byla 4,2 %⁽¹⁰⁾.

Také Cuepro prokázal dvojnásobnou časnou mortalitu u operovaných s významným PPM oproti nemocným bez PPM – 12 % versus 5,2 %⁽¹⁴⁾. Hanayama udává také staticky významně vyšší operační mortalitu u nemocných s PPM a to 2,6 % versus 0,14 %⁽⁴⁾.

Přesto existují práce, které nepřímo výše uvedené popírají. Medalion u 248 náhrad aortální chlopně nemocným starších 80 let (80 % žen) implantoval malou chlopeň 19 mm 26 % operovaných a při hodnocení souboru došel k závěru, že není rozdíl v časné ani pozdní mortalitě oproti nemocným s chlopněmi většími⁽¹⁵⁾. Podobně Sawant svou studii uzavírá zjištěním, že implantace 19 mm chlopně St. Jude Medical je v případě úzkého aortálního anulu chlopní dostatečnou bez ohledu na BSA⁽¹⁶⁾. Banerjee u 2848 náhrad aortální chlopně použil u 132 operovaných chlopně 19 mm a považuje je za plně dostatečné⁽¹⁷⁾. Poslední tři studie však nezjišťovaly rozdíly mezi operovanými s PPM a bez PPM a poslední studie je z Indie, kde BSA ve studovaném souboru byla pouze $1,47 \pm 0,19$.

Vliv PPM na regresi hypertrofie levé komory

Koncentrická hypertrofie levé komory srdeční je výsledek adaptačního procesu na dlouhodobou tlakovou zátěž způsobenou aortální stenózou. Po náhradě aortální chlopně a tím uvolněním stenózy by mělo dojít k žádoucí regresi hypertrofie LK a tím ke snížení známých rizik, které souvisejí s hypertrofií LK. Lze sledovat hodnoty hmotnosti svaloviny LK (LVM – left ventricular mass) nebo ještě lépe její index (LVMI) předoperační a pooperační a pak tyto hodnoty srovnávat.

Tasca toto uskutečnil u 109 operovaných, kterým byla nahrazena aortální chlopně jako izolovaný výkon bioprotézou Carpentier-Edwards Perimount pro čistou aortální stenózu. PPM se vyskytl u 53 % operovaných. LVM u operovaných s PPM poklesl o $48 \pm 47 \text{ g}$ a u operovaných bez PPM o $77 \pm 49 \text{ g}$ ($p = 0,002$)⁽⁸⁾. Podobně Del Rizzo prokázal staticky významně větší regresi hypertrofie LK po náhradách aortální chlopně po implantačních stentless bioprotéz u operovaných bez PPM⁽¹⁸⁾. Na rozdíl od těchto logicky znějících studií Hanayama v dlouhodobém sledování nemocných po náhradě aortální chlopně neprokázal rozdíl v regresi hypertrofie LK u operovaných s PPM ve srovnání s operovanými bez PPM⁽⁴⁾. Podobně De Peppo nenašel staticky významný vliv PPM na velikost regrese hypertrofie LK při dlouhodobém sledování nemocných po náhradách aortálních chlopní⁽¹³⁾. Také Freed svou studii uzavírá prohlášením, že navzdory velmi malé EOAI u operovaných starších žen došlo k významné regresi až normalizaci LVM⁽¹⁰⁾.

Vliv PPM na dlouhodobý pooperační průběh

Cuepro při dlouhodobém sledování svých operovaných prokázal signifikantně vyšší výskyt srdečního selhání, menší pooperační zlepšení hodnocené v třídách NYHA, vyšší počet nových hospitalizací a také vyšší pozdní mortalitu u operovaných s PPM ve srovnání s nemocnými bez PPM⁽¹⁴⁾.

Medalion ve své studii 248 operovaných prokázal, že není statisticky významný rozdíl v komplikacích v dlouhodobém pooperačním průběhu ani v pozdní mortalitě u operovaných, kterým byla implantována malá chlopně (19 mm) ve srovnání s operovanými, kterým byla implantována chlopně 21 mm a větší⁽¹⁵⁾. Tato studie však nebrala v úvahu BSA, tím nezjišťovala EOAI a také se jednalo o operované starší 80 let – tedy jistě již málo aktivní nemocné. Freed prokázal, že i při hemodynamicky významném PPM došlo u operovaných starších žen (průměrný věk 73 let) k výraznému funkčnímu zlepšení (NYHA $1,5 \pm 0,3$) a 95 % operovaných bylo v první skupině CCS klasifikace.

Sawant z 593 náhrad aortálních chlopní použil v 18 % (104x) chlopně St. Jude HP 19 mm. Na této sestavě pak prokázal, že není statisticky významný rozdíl ve výskytu komplikací v dlouhodobém pooperačním průběhu ani v pozdní mortalitě při srovnání s nemocnými, kterým byla implantována chlopně 21 mm a větší. Důležité v této studii je to, že pak rozdělil operované s implantovanou malou chlopní 19 mm do dvou skupin. Skupina s BSA $>1,7 \text{ m}^2$ by měla mít hemodynamicky

významný PPM a skupina s BSA < 1,7 m² by již neměla mít hemodynamicky významný PPM. Dlouhodobý průběh a pozdní mortalita však nebyla ani zde statisticky významně odlišná⁽¹⁶⁾. Zatím co soubor operovaných v sestavě Medalion⁽¹⁵⁾ měl průměrný věk 82 let, soubor Freeda⁽¹⁹⁾ 72 let a soubor v publikaci Sawanta⁽¹⁶⁾ 66 let, tak k podobným závěrům dospěl i de Peppo⁽¹³⁾ u mnohem mladších operovaných (průměrný věk 46 let). Ten prokázal, že pooperační střední gradient je sice signifikantně vyšší u operovaných s PPM (EOAI < 0,85 cm²/m²), ale regrese LVM stejně jako zlepšení EF a také zlepšení NYHA klasifikace je u obou skupin bez statisticky významných rozdílů. Pokud však posunul hranici významnosti PPM na stav, kdy EOA < 0,80 cm²/m², pak takto definovaný PPM se již stal prediktorem signifikantně častějšího srdečního selhání v dlouhodobém pooperačním průběhu⁽¹³⁾. Naprosto stejný závěr publikoval Ruel na základě rozboru sestavy 1563 operovaných, kterým nahradil aortální chlopeň. Pokud jako hemodynamicky významný PPM definoval EOA < 0,80 cm²/m² pak tato situace byla nezávislým prediktorem signifikantně vyššího výskytu srdečního selhání. Při jen mírně posunuté hodnotě EOA < 0,85 cm²/m² již nebyl nalezen statisticky významný rozdíl⁽¹¹⁾.

Rao v souboru 2981 dlouhodobě sledovaných pacientů po náhradách aortální chlopně prokázal sice signifikantně vyšší operační mortalitu u operovaných s PPM, ale dlouhodobá celková mortalita (12letá) byla stejná u nemocných s PPM jako u operovaných bez PPM⁽¹⁰⁾. Podobně Hanayama popírá významný vliv PPM na dlouhodobý pooperační průběh. Operovaní s PPM a bez PPM měli podobnou regresi LVM, stejné 7leté přežití a stejný výskyt srdečního selhání v dlouhodobém pooperačním průběhu⁽⁴⁾. Koch hodnotil funkční kvalitu života u nemocných po náhradách aortálních chlopní dle Duke Activity Status Index (DASI). Na základě hodnocení 1014 operovaných uzavřel studii zjištěním, že subjektivně hodnocená kvalita života operovanými byla stejná u nemocných s PPM i bez PPM⁽²⁰⁾.

Prevence vzniku PPM

Index efektivní plochy ústí implantované aortální chlopně by měl být > 0,85 cm²/m², aby nevznikl hemodynamicky významný PPM. Abychom toto při operaci splnili, musíme znát BSA operovaného. Pak 0,85 násobíme jeho BSA v metrech. Při ploše tělesného povrchu operovaného, např. 2,0 m² je požadovaná EOA implantované chlopně minimálně 1,7 cm² (minimální EOA = BSA × 0,85). Dále je nutno znát EOA chlopně, kterou zamýšlíme implantovat.

Problém vyvstává pouze u operovaných, kteří mají velký BSA a přitom úzký aortální anulus. Většina firem, vyrábějící umělé srdeční chlopně, však na tuto skutečnost reagovala a vytvořila modely původních chlopní upravené pro implantaci do úzkých aortálních anulů. Příkladem může být dnes nejčastěji používaná dvoulistá chlopeň St. Jude Medical, jejíž původní standardní model velikosti 21 mm má EOA 1,51 cm², model již uzpůsobený pro úzký aortální anulus – tzv. St. Jude Medical HP (hemodynamic plus) má EOA 2,03 cm² a nejnovější model Regent 21 mm má EOA dokonce 2,47 cm², což je dle dostupných informací největší EOA ze všech současných umělých srdečních chlopní této velikosti. Ale i u chlopně Regent velikosti 19 mm, jehož EOA je 1,84 cm², by dle uvedených výpočtů hemodynamicky významný PPM začal vznikat až u operovaných s BSA > 2,16 m². Tzn., že PPM při implantacích těchto moderních aortálních chlopní uzpůsobených pro úzký aortální anulus v podstatě nemůže vzniknout. Problémem však zůstává situace, pokud považujeme za vhodné, event. nutné do úzkého anulu implantovat bioprotézu. Bioprotézy 19 mm mají EOA pouze mezi 0,8–1,2 cm² a 21 mm pouze cca 1,2–1,5 cm². Z toho vyplývá, že bioprotézy 19 mm v podstatě nelze implantovat našim dospělým bez vzniku PPM a bioprotézy 21 mm jen lidem s menším povrchem těla. Pokud starší operovaný má úzký aortální anulus, je lépe implantovat chlopeň mechanickou, aby nevznikl PPM. S hraničním nebo mírným PPM se lze smířit u starých a málo aktivních lidí. Nutno však také ještě počítat i s tím, že s rozvojem degenerativních změn v listech bioprotézy se PPM bude dále zhoršovat. Od velikosti 23 mm má většina bioprotéz již dostatečnou EOA (1,4–1,8 cm²) a tak s přihlédnutím k BSA mohou být bez obav z PPM implantovány většině operovaných starších 65–70 let. Výše uvedené platí pro chlopně – bioprotézy, jejichž velikosti

jsou klasicky označovány. V současnosti jsou však na trh uváděny i nové modely bioprotéz, které jsou uzpůsobeny k supraanulární implantaci. Označování velikosti těchto bioprotéz je však jiné. Číslo udávající velikost chlopně v mm u těchto bioprotéz totiž odpovídá vnitřnímu průměru ústí chlopně. Tím je udaná velikost celé chlopně falešně nižší než u klasických modelů protéz i bioprotéz, kde je velikost chlopně udávána číslem, které odpovídá zevnímu průměru kostry v mm (bez našívacího prstence).

Implantace mechanických chlopní starším operovaným s úzkým aortálním anulem proto není chybou, i když všechny doporučené postupy příkazují nemocným nad 65 let implantovat bioprotézy. Pak je překvapivé zjištění, že navzdory těmto doporučením, např. v USA v 1045 nemocnicích v letech 1999–2001 byla 80 470 nemocným starších 65 let implantována mechanická chlopeň v 52 % a bioprotéza pouze ve 48 %⁽²¹⁾. Také kumulativní přežívání operovaných starších 70 let s implantovanými bioprotézami je naprosto totožné jako s implantovanými chlopněmi mechanickými. Toto prokázal Taylor při dlouhodobém (16letém) sledování všech operovaných ve Velké Británii v letech 1986–2000⁽²²⁾. Totéž prokázal i Ninet při 10letém sledování⁽²³⁾. Proto dnes, kdy máme k dispozici moderní mechanické chlopně uzpůsobené pro implantaci do úzkých aortálních anulů, je potřeba chirurgicky rozšiřovat anulus neobvykle vzácná. V případech, že je jednoznačná kontraindikace antikoagulace, pak je možno do úzkého anulu implantovat stentless bioprotézu, která má větší EOA než bioprotéza stentovaná.

Mírný PPM lze tolerovat u starých málo aktivních operovaných, u nemocných s dobrou EF a bez významné hypertrofie LK. PPM je nutno vyloučit u mladých aktivních lidí, u operovaných s pokročilou dysfunkcí LK a s výraznou hypertrofií LK.

Literatura

1. Rahimtoola SH. The problem of valve prosthesis-patient mismatch. *Circulation* 1978; 58: 20–24.
2. Pibarot P, Dumesnil JG. Patient-prosthesis mismatch and the predictive use of indexed effective orifice area: Is it relevant? *Cardiac Surgery Today* 2003; 1: 43–51.
3. Sievers HH. Prosthetic aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 129: 961–965.
4. Hanayama N, Christakis GT, Mallidi HR, et al. Patient prosthesis mismatch is rare after aortic valve replacement: Valve size may be irrelevant. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 1822–1829.
5. Izzat MB, Kadir I, Reeves B, et al. Patient-prosthesis mismatch is negligible with modern small-size aortic valve prostheses. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1657–1660.
6. Fuster RG, Argudo JAM, Albarova OG, et al. Patient-prosthesis mismatch in aortic valve replacement: really tolerable? *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 27: 441–449.
7. Blais C, Dumesnil JG, Baillet R, et al. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on short-term mortality after aortic valve replacement. *Circulation* 2003; 108: 983–988.
8. Tasca G, Brunelli F, Cirillo M, et al. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on left ventricular mass regression following aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 505–510.
9. Li M., Dumesnil JG, Mathieu P, et al. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on pulmonary arterial pressure after mitral valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 1034–1040.
10. Rao V, Jamieson WRE, Ivanov J, et al. Prosthesis-patient mismatch affects survival after aortic valve replacement. *Circulation* 2000; 102: III 5–9.

11. Ruel M, Rubens FD, Masters RG, et al. Late incidence and predictors of persistent or recurrent heart failure in patients with aortic prosthetic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127: 149–159.
12. Pibarot P, Dumesnil JG. Hemodynamic and clinical impact of prosthesis-patient mismatch in the aortic valve position and its prevention. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 1131–1141.
13. Peppo AP, Zeitani J, Nardi P, et al. Small „functional“ size after mechanical aortic valve replacement: No risk in young to middle-age patients. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 1915–1920.
14. Cuerpo PG, Lopez J, Rodriguez-Abellá R, et al. Valvular-prosthesis mismatch: Clinical impact. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2005; 4: Suppl 19.
15. Medalion B, Lytle BW, McCarthy PM, et al. Aortic valve replacement for octogenarians: Are small valves bad? *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 699–706.
16. Sawant D, Singh AK, Feng WC, et al. Nineteen-millimeter aortic St. Jude Medical heart valve prosthesis: Up to sixteen years' follow-up. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 964–970.
17. Banerjee A, Akhter M, Mathew S. The 19 mm aortic valve prosthesis: Does size really matter? *Cor Europaeum* 2000; 8: 107–110.
18. Del Rizzo DF, Abdoh A, Artier P et al. Factors affecting left ventricular mass regression after aortic valve replacement with stentless valves. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 11: 114–120.
19. Freed DH, Tam JW, Moon MC, et al. Nineteen-millimeter prosthetic aortic valves allow normalization of left ventricular mass in elderly women. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 2022–2025.
20. Koch CG, Khandwala F, Estafanous FG, et al. Impact of prosthesis – patient size on functional recovery after aortic valve replacement. *Circulation* 2005 ; 111: 3221–3229.
21. Schelbert EB, Vaughan-Sarrazin MS, Welke KF, et. al. Hospital volume and selection of valve type in older patients undergoing aortic valve replacement surgery in the United States. *Circulation* 2005; 111: 2179–2182.
22. Ninet J, Tronc F, Robin J, et al. Mechanical versus biological isolated aortic valvular replacement after the age of 70: equivalent long-term results. *Eur J Cardiothorac Surg* 1998; 13: 84–89.
23. Taylor K. Trends in mortality after heart valve replacement surgery – data from the UKHVR. *Cardiac Surgery Today* 2003; 1: 2–10.