

Ocena parametrów pooperacyjnego remodelingu lewej komory w randomizowanym porównaniu aortalnych protez bezstentowych ze stentowymi w badaniu rezonansu magnetycznego serca (CMR)

Assessment of postoperative remodelling of left ventricle in randomized trial comparing aortic stentless prosthesis and aortic stent prosthesis using cardiac magnetic resonance (CMR)

Radostaw Gocot¹, Marek Jasiński¹, Piotr Ulbrych², Piotr Duraj¹, Damian Hudziak¹, Jan Baron¹, Stanisław Woś¹

¹II Klinika Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice

²Zakład Diagnostyki Obrazowej, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny nr 3, Rybnik

³Katedra Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice

Kardiologia i Torakochirurgia Polska 2008; 5 (2): 122–125

Streszczenie

Wstęp: Badanie rezonansu magnetycznego serca (CMR) jest nową dyscypliną o olbrzymich możliwościach wynikających z wysokiej jakości i rozdzielczości obrazu, w połączeniu z bezinwazyjną częstotliwością zastosowanych fal radiowych.

Cel: Wprowadzenie do badań rezonansu magnetycznego segmentarnego podziału mięśniówki lewej komory daje możliwość precyzyjnej oceny zmian masy lewej komory oraz regionalnej kurczliwości.

Materiał i metody: Badaniem z randomizacją objęto 26 chorych z istotną stenozą aortalną, poddanych wymianie zastawki aortalnej na protezę bezstentową lub stentową. Chorych oceniano przed operacją oraz 6 miesięcy po operacji. Analizie poddano dane demograficzne oraz parametry CMR: masę lewej komory serca, EDD, ESV. W analizie segmentarnej lewą komorę podzielono na 3 równomiernie rozmieszczone poprzeczne płaszczyzny: płaszczyzna zastawki mitralnej (nr 1), śródkomorowa (nr 2) i śródkomorowa – mięśnie brodawkowate (nr 3). Każdą z płaszczyzn podzielono na 17 segmentów (adaptacja podziału z echokardiografii): płaszczyzny nr 1 i 2 na 6 segmentów (przedni, przednioprzegrodowy, tylnoprzegrodowy, tylny, tylnoboczny, przednioboczny); płaszczyznę nr 3 na 4 segmenty (przedni, przegrodowy, tylny, boczny). Oceniano ich grubość (ang. *thickness*) oraz regionalną kurczliwość (ang. *thickening*).

Wyniki: Po 6 miesiącach w całej grupie chorych zaobserwowano znaczącą redukcję masy lewej komory serca z 222,2±88 g do 183,7±77 g ($p<0,05$), a w szczególności w podgrupie zastawek bezstentowych, gdzie masa zmniejszyła się z 226±68 do 167,2±56 ($p<0,03$). Dodatkowo znamienne statystycznie zmniejszyło się

Abstract

Background: Cardiovascular magnetic resonance has become a new method of imaging the heart with wide advantages coming from high quality scans using non-invasive radio frequency waves.

Aim: The introduction of segmental analysis of the left ventricle in CMR has created the opportunity to assess its regional function.

Material and Methods: 26 patients who underwent AVR due to significant aortic stenosis were randomized to stented or stentless prosthesis. The patients were examined before the surgery and 6 months after the surgery. Demographic data, NYHA class, 6MWT and CMR parameters (left ventricle mass, EDD, ESV) were taken into analysis. In segmental analysis of CMR the left ventricle was divided into three horizontal planes: mitral valve (No. 1), midventricular plane (No. 2) and papillary muscles (No. 3). Each of them was divided into 16 segments ('ECHO-CMR consensus'). Planes 1 and 2 were divided into 6 segments (anterior, antero-septal, postero-septal, posterior, postero-lateral, antero-lateral); plane 3 was divided into 4 segments (anterior, septal, posterior and lateral). Thickness and regional contractility of these segments were analysed.

Results: Overall at six months after the surgery, significant reduction in left ventricular mass was noticed: 222.2±88 g to 183.7±77g ($p<0.05$), particularly in the stentless aortic valve subgroup: 226±68 to 167.2±56 ($p<0.03$); additionally there was a statistically significant reduction in EDD from 168±77 to 133.45±54 ($p<0.05$). In segmental analysis there was significant improvement in regional contractility in anterior segments corresponding to basal and intraventricular planes.

Adres do korespondencji: lek. med. Radostaw Gocot, II Klinika Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny, ul. Ziołowa 45/47, 40-635 Katowice, tel. 032 359 86 44, faks 032 252 60 93, e-mail: gocot@poczta.onet.pl

EDD ze 168 ± 77 do $133,45 \pm 54$; ($p < 0,05$). W analizie segmentarnej zaobserwowano istotną poprawę regionalnej kurczliwości (*thickening*) w segmentach odpowiadających płaszczyźnie podstawnej oraz śródkomorowej serca, szczególnie segmentów przednich i tylnych.

Wnioski: W okresie pooperacyjnym obserwujemy cechy odwrotnego remodelingu lewej komory serca wyrażone zmniejszeniem się masy lewej komory oraz poprawą segmentarnej funkcji skurczowej.

Słowa kluczowe: rezonans magnetyczny serca (CMR), zastawka bezstentowa, regionalna kurczliwość.

Wstęp

Choroba zastawki aortalnej, zwłaszcza jej zwężenie, jest najczęstszą wadą zastawkową występującą u dorosłych pacjentów. Jej wymiana uznawana jest za najskuteczniejszy sposób leczenia istotnego zwężenia lub niedomykalności zastawki aortalnej i obecnie stanowi 15% wszystkich zabiegów kardiologicznych. Zarówno w wypadku zwężenia zastawki aortalnej, jak i jej niedomykalności podstawowym mechanizmem kompensacyjnym jest powstanie przerostu lewej komory serca (LVH). Prerost lewej komory serca (LVH) łączy się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia nagłej śmierci i innych poważnych powikłań sercowo-naczyniowych [1–3]. Takie samo zwiększenie ryzyka stwierdza się u chorych z przerostem lewej komory w skojarzeniu ze zwężeniem zastawki aorty [4]. Wykazano, iż przy wszczępieniu zastawki aortalnej utrzymujący się prerost lewej komory lub jego niecałkowita redukcja znacznie zmniejsza szanse na przeżycie kolejnych 10 lat [4]. Utrzymująca się hipertrofia lewej komory serca może także powodować arytmie komorowe [5].

Stopień redukcji LVH po wszczępieniu protezy zastawki aorty może być związany z typem zastosowanej zastawki. Przetrzywały prerost lewej komory może być spowodowany blokującym działaniem pierścienia zastawki oraz jej stelaża (stentu) lub brakiem adekwatności rozmiaru zastawki do pacjenta (ang. *patient-prosthesis mismatch*). Wydaje się, że dzięki zastosowaniu protezy bezstentowej można uniknąć większości tych problemów, co poprawiłoby długoterminowe wyniki i zmniejszyło ryzyko wystąpienia nagłej śmierci i zastoinowej niewydolności serca [1–3]. Wszystkie te przesłanki sugerujące przewagę zastawek bezstentowych nie są jednak jednoznacznie potwierdzone. Wydaje się, że najczulszym parametrem w ocenie wczesnych wyników wymiany zastawki aortalnej jest remodeling lewej komory serca. Chcąc wykazać potencjalną przewagę zastawek bezstentowych, należy ustalić, czy przy ich zastosowaniu zachodzi lepsze i szybsze cofanie się LVH niż w przypadku wszczępienia konwencjonalnych biologicznych protez zastawkowych i czy istnieje tu przełożenie na poprawę funkcji lewej komory serca.

Badanie rezonansem magnetycznym układu krążenia, a serca przede wszystkim, jest nowym narzędziem diagnostycznym o olbrzymich możliwościach wynikających z niezwykle wysokiej jakości i rozdzielczości obrazu, w połączeniu z niemal bezinwazyjną częstotliwością fal radiowych zastosowanego promieniowania [6]. Wprowadzenie tej technologii

Conclusions: There were found markers of reverse left ventricular remodelling in the form of a reduction of left ventricular mass and improvement of segmental contractility.

Key words: cardiac magnetic resonance (CMR), stentless prosthesis, segmental thickening.

do badań serca jest możliwe dzięki postępowi technologicznemu pozwalającemu na uzyskanie coraz szybszych akwizycji. Stąd rezonans magnetyczny w badaniu serca określa się samodzielną nazwą „sercowy rezonans magnetyczny” (ang. *cardiac magnetic resonance*, CMR). Takie badanie może znaleźć zastosowanie nie tylko w diagnostyce, ale także jako obrazowanie dynamiczne (ang. *real time scanning*) oraz ze względu na powtarzalność obrazu – w badaniach naukowych [6, 7].

Cel pracy

Ocena parametrów pooperacyjnego remodelingu lewej komory, w zależności od rodzaju użytej protezy aortalnej, z wykorzystaniem rezonansu magnetycznego serca.

Materiał i metody

Badaniem z randomizacją objęto 26 chorych (w tym 18 mężczyzn, tj. 69,2%) z istotną stenozą aortalną, poddanych wymianie zastawki aortalnej na protezę bezstentową lub stentową. Wiek chorych wahał się w zakresie od 49 do 73 lat, średni wiek dla całej grupy wynosił 62 lata.

Po uzyskaniu zgody chorego na zabieg operacyjny chorzy byli losowo przydzielani do 2 grup: w grupie A podczas operacji wymiany zastawki aortalnej stosowano biologiczną protezę bezstentową Freestyle, w grupie B stosowana była stentowa proteza biologiczna Mosaic. Na proces randomizacji uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej ŚUM.

Chorych oceniano przed operacją oraz 6 miesięcy po niej. Analizie poddano dane demograficzne oraz parametry CMR: masę lewej komory, EDD, ESV, grubość (ang. *thickness*) oraz segmentarną kurczliwość (ang. *thickening*). Ocenę masy lewej komory przeprowadzono aparatem rezonansu magnetycznego: TRT Harmony-Quantum (SIEMENS) o czułości 1,5T. Wykorzystywano tzw. sekwencję SE 2D z bramkowaniem EKG (na szczycie R) w osi długiej i krótkiej serca. Parametry powyższej sekwencji: rozdzielczość czasowa (ang. *Time Resolution*, TR) – 96 ms; *Time Echo* (TE) – 15 ms, grubość (ang. *Slice Thickness*, STh) 5,0 lub 10,0 mm, przerwa (ang. *Slice Gap*, SG) 0–3 mm, Matrix – 256 × 256. Obliczano objętość mięśnia sercowego lewej komory (bez mięśni brodawkowych) i mnożono ją przez gęstość specyficzną dla mięśnia serca, tj. 1,05 g/cm³.

W analizie segmentarnej lewą komorę podzielono na 3 równomiernie rozmieszczone poprzeczne płaszczyzny: płaszczyzna podstawna (poziom zastawki mitralnej) – nr 1,

środkowokomorowa – nr 2 i śródkomorowa (mięśnie brodawkowate) – nr 3. Każdą z płaszczyzn podzielono na segmenty (adaptacja podziału z echokardiografii): płaszczyzny nr 1 i 2 na 6 segmentów (przedni, przednioprzegrodowy, przednio-boczny, tylnoprzegrodowy, tylny, tylnoboczny), płaszczyznę nr 3 na 4 segmenty (przedni, przegrodowy, tylny, boczny). W wyniku tego podziału lewa komora serca każdego pacjenta składa się z 16 segmentów. Oceniano ich grubość oraz regionalną kurczliwość. *Thickness* to odległość pomiędzy wsierdziem a osierdziem: *Ts thickness* w fazie końcowoskurczowej oraz *Td thickness* w fazie końcoworozkurczowej. Mając te dane, możliwe stało się obliczenie regionalnej kurczliwości, czyli odsetka przyrostu grubości mięśnia lewej komory serca w momencie maksymalnego skurczu w stosunku do grubości w trakcie maksymalnego rozkurczu.

Wyniki

W analizowanej grupie 26 chorych nie stwierdzono zgonu. Do grupy A wylosowanych zostało 12 chorych, tj. 46,1%, a do grupy B – 14 chorych. Po 6 miesiącach od operacji do badania CMR zgłosili się wszyscy pacjenci.

Po 6 miesiącach w całej grupie chorych zaobserwowano znaczącą redukcję masy lewej komory z $222,2 \pm 88$ g do $183,7 \pm 77$ g ($p < 0,05$). W szczególności w podgrupie A, czyli zastawek bezstentowych, znamienne statystycznie zmniejszyła się masa lewej komory serca z 226 ± 68 do $167,2 \pm 56$ g ($p < 0,03$). W podgrupie B, czyli zastawek stentowych, spadek masy lewej komory był mniejszy i zmienił się z $218,9 \pm 95,2$ g do $197,8 \pm 91$ g (ns).

Kolejny z analizowanych parametrów: EDD (objętość późnorozkurczowa lewej komory) także zmniejszył się znamienne statystycznie z 168 ± 77 do $133,45 \pm 54$ ($p < 0,05$) w całej grupie chorych oraz w podgrupie A z $176,6 \pm 76$ do $135,5 \pm 42$ ($p = 0,04$). Natomiast w podgrupie B spadek ten wyniósł 161 ± 82 vs $131,6 \pm 65$ i nie wykazywał znamienności statystycznej.

Zmiany ESV (objętość późnoskurczowa lewej komory) zarówno w całej grupie, jak i podgrupach A i B, nie wykazywały znamienności statystycznej.

W analizie segmentarnej w całej grupie zaobserwowano istotną poprawę regionalnej kurczliwości w segmentach odpowiadających płaszczyźnie podstawnej oraz środkowokomorowej serca i ich segmentów przednich ($77,6 \pm 54\%$ vs $121 \pm 90\%$; $p = 0,04$) i tylnych ($35,6 \pm 34\%$ vs $53 \pm 26,6\%$; $p = 0,04$). Natomiast w podgrupie zastawek bezstentowych w szczególności nastąpiła poprawa kurczliwości segmentów przednich w płaszczyźnie podstawnej lewej komory i wzrosła z $20,5 \pm 13,8\%$ do $43,8 \pm 32,7\%$; ($p = 0,04$). W podgrupie zastawek stentowych poprawa kurczliwości regionalnej dotyczyła segmentów przednich ($85,5 \pm 49\%$ vs $125,3 \pm 65,6$; $p < 0,05$) i tylnych ($37,5 \pm 32,1\%$ vs $58 \pm 24,2\%$; $p < 0,05$) w płaszczyźnie środkowokomorowej oraz segmentów przednich w płaszczyźnie śródkomorowej ($123,7 \pm 71,5\%$ vs $175,7 \pm 72\%$; $p < 0,05$).

Dyskusja

Zasadniczym celem wymiany zwężonej zastawki aortalnej jest zmniejszenie przezastawkowego gradientu. Na pod-

stawie opinii wielu autorów wydaje się jednak, że niecałkowita redukcja tego gradientu oraz niefizjologiczny profil przepływu przez protezę zastawkową mogą być czynnikami wpływającymi na niekompletne ustąpienie przerostu lewej komory serca, rozwój śródmiąższowego zwłóknienia i upośledzenie skurczowej i rozkurczowej funkcji serca, a w efekcie na suboptymalne wyniki kliniczne [8–10]. Najczęściej ocenianym parametrem była więc masa lewej komory serca w badaniu echokardiograficznym.

Walther i wsp. przeprowadzili randomizowane badania na grupie 180 chorych, porównując zmniejszenie LVH po wszczepieniu zastawki bezstentowej oraz po wszczepieniu konwencjonalnej stentowej biologicznej zastawki aortalnej [11, 12]. W grupie tej wskaźnik masy lewej komory serca po 6 miesiącach wynosił 141 g/m² po zastosowaniu zastawki bezstentowej i 170 g/m² po wszczepieniu zastawki stentowej ($p < 0,05$) [12]. Z kolei badania przeprowadzone przez Christakis i wsp. [13] i De Paulis i wsp. [14] nie wykazały różnic w zmniejszeniu masy lewej komory serca przy zastawkach bezstentowych i stentowych [13]. Również Thomson i wsp. porównali stopień zmniejszenia masy lewej komory po wszczepieniu zastawki aortalnej bezstentowej z zastawkami stentową i mechaniczną. Chociaż w analizie tej redukcja masy lewej komory była większa w przypadku zastosowania zastawek bezstentowych, to jednak zbliżona do wyniku obserwowanego w przypadku zastawek mechanicznych [15].

Tak więc badania oparte tylko na ocenie echokardiograficznej prowadzą do niespójności wyników. Wydaje się zatem, iż należy tę ocenę wzbogacić, wykorzystując badania rezonansem magnetycznym. Powtarzalność badania echokardiograficznego jest wystarczająca, gdy badane są zdrowe komory serca [16]. Ocena ilościowa rozmiaru oraz masy lewej komory serca jest ograniczona założeniem geometrycznym, które przestaje być prawdziwe przy nieprawidłowych komorach serca – na przykład u osób z nadciśnieniem [17], u chorych po zawale mięśnia sercowego [18], z kardiomiopatią rozstrzeniową [19], przy modelowaniu komór serca [20, 21]. CMR może być zastosowany do uzyskania tomograficznych obrazów całego serca, co umożliwi dokonanie prawidłowych pomiarów całościowych i fragmentarycznych wielkości i masy lewej komory. Dokładność i powtarzalność oceny masy, funkcjonowania i wielkości lewej komory serca przy zastosowaniu CMR jest lepsza niż przy echokardiografii [7, 8, 22–26]. Dlatego też przy równie licznych grupach chorych w badaniu CMR wykażemy subtelniejsze różnice niż przy echokardiografii. Dodatkową korzyścią jest fakt, że badanie CMR umożliwia ujawnienie istotnych zmian przy mniejszej liczbie chorych [7, 26]. W wielu analizach echokardiograficznych stwierdzono brak różnic w rozległości remodelingu lewej komory serca w okresie jednego roku, co najprawdopodobniej jest wynikiem mniejszej czułości [7, 14, 26] i zbyt krótkiego czasu obserwacji. W analizie własnej ocena CMR wykryła różnice zaczynające się wcześniej, w okresie 6 miesięcy po operacji. Po 6 miesiącach w całej grupie chorych zaobserwowano znaczącą redukcję masy lewej komory z $222,2 \pm 88$ g do $183,7 \pm 77$ g ($p < 0,05$). W szczególności w podgrupie A, czyli zastawek bezstento-

wych, znamienne statystycznie zmniejszyła się masa lewej komory serca z 226 ± 68 do $167,2 \pm 56$ ($p < 0,03$).

Wprowadzenie oryginalnego podziału mięśniówki lewej komory na 16 segmentów w 3 płaszczyznach serca: podstawnej, środkowokomorowej i śródkomorowej pozwoliło na bardzo precyzyjną ocenę regionalnej kurczliwości mięśniówki serca mierzonej zmianą ich grubości. Analiza tak dużej liczby segmentów sprzyja prawdziwości otrzymanej informacji. Do podobnych wniosków doszła grupa Donga, Beyara i wsp., analizując rozkład grubości ściany w relacji do segmentarnej czynności skurczowej w kardiomiopatii przerostowej [27]. Im mniejszy element badany, tym mniejsza szansa na błąd związany ze znaną heterogenicznością grubości segmentów, występującą w każdej postaci przerostu lewej komory [28]. W analizie segmentarnej w całej grupie zaobserwowano istotną poprawę regionalnej kurczliwości w segmentach odpowiadających płaszczyźnie podstawnej oraz środkowokomorowej serca i głównie ich segmentów przednich ($p=0,04$). Natomiast w podgrupie zastawek bezstentowych w szczególności nastąpiła poprawa kurczliwości segmentów przednich w płaszczyźnie podstawnej lewej komory serca i wzrosła z $20,5 \pm 23,8\%$ do $43,8 \pm 32,7\%$ ($p=0,04$). Zaobserwowana poprawa kurczliwości regionalnej segmentów przednich koreluje z prezentowaną regresją grubości tych segmentów w obserwacji wczesnej do 1 miesiąca po operacji [28]. Obydwa te zjawiska mogą ilustrować skuteczny odwrotny remodeling wolnej ściany lewej komory serca występujący po wszczepieniu zastawki bezstentowej.

Wnioski

1. Rezonans magnetyczny serca pozwala na bardzo precyzyjną ocenę parametrów pooperacyjnego remodelingu lewej komory.
2. Wprowadzenie podziału mięśniówki lewej komory na 16 segmentów pozwoliło na bardzo precyzyjną ocenę regionalnej kurczliwości mięśniówki serca.
3. W wyniku zastosowania bezstentowej protezy aortalnej już po 6 miesiącach od operacji obserwujemy cechy odwrotnego remodelingu lewej komory serca, wyrażone zmniejszeniem się masy oraz poprawą segmentarnej funkcji skurczowej.

Praca przedstawiona i wyróżniona podczas IV Kongresu Polskiego Towarzystwa Kardio-Torakochirurgów, Warszawa, 12–14 czerwca 2008 r.

Piśmiennictwo

1. He GW, Grunkemeier GL, Gately HL, Furnary AP, Starr A. Up to thirty-year survival after aortic valve replacement in the small aortic root. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 1056-1062.
2. Lund O, Pilegaard HK, Magnussen K, Knudsen MA, Nielsen TT, Albrechtsen OK. Long-term prosthesis-related and sudden cardiac-related complications after aortic replacement for aortic stenosis. *Ann Thorac Surg* 1990; 50: 396.
3. Lytle BW, Cosgrove DM, Taylor PC, Goormastic M, Stewart RW, Golding LAR, Gill CC, Loop FD. Primary isolated aortic valve replacement: early and late results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 675-694.
4. Lund O. Valve replacement for aortic stenosis: the curative potential of early operation. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 40 (Suppl): 1-137.
5. Michel PL, Mandagout O, Vahanian A, Cormier B, Lung B, Luxereau P, Acar J. Ventricular arrhythmias in aortic disease before and after aortic valve replacement. *Acta Cardiol* 1992; 47: 145-156.
6. Pennell D. Imaging techniques. *Cardiovascular magnetic resonance*. *Heart* 2001; 85: 581-589.
7. Myerson S, Bellenger N, Penell D. Assessment of left ventricular mass by cardiovascular magnetic resonance. *Hypertension* 2002; 39: 750-755.
8. Strohm O, Schulz-Menger J, Pilz B, Osterziel KJ, Dietz R, Friedrich MG. Measurement of left ventricular dimensions and function in patients with dilated cardiomyopathy. *J Magn Reson Imaging* 2001; 13: 367-371.
9. David TE, Puschmann R, Ivanov J, Bos J, Armstrong S, Feindel CM, Scully HE. Aortic valve replacement with stentless and stented porcine valves: a case-match study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 236-241.
10. Rao V, Christakis GT, Sever J, Femes SE, Bhatnagar G, Cohen G, Borger MA, Abouzahr L, Goldman BS. A novel comparison of stentless versus stented valves in the small aortic root. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 117: 431-436.
11. Krayenbuehl HP, Hess OM, Monrad ES, Schneider J, Mall G, Turina M. Left ventricular myocardial structure in aortic valve disease before, intermediate and late after aortic valve replacement. *Circulation* 1989; 79: 744-755.
12. Walther T, Falk V, Langebartels, Krüger M, Bernhardt U, Diegeler A, Gummert J, Autschbach R, Mohr FW. Prospectively randomized evaluation of stentless versus conventional biological aortic valves: impact on early regression of left ventricular hypertrophy. *Circulation* 1999; 100 (Suppl II): II6-II10.
13. Christakis GT, Joyner CD, Morgan CD, Femes SE, Buth KJ, Sever JY, Rao V, Panagiotopoulos KP, Murphy PM, Goldman BS. Left Ventricular Mass Regression early After Aortic Valve Replacement. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 1084-1089.
14. De Paulis R, Sommariva L, Colagrande L, De Matteis GM, Fratini S, Tomai F, Bassano C, Penta de Peppo A, Chiariello L. Regression of left ventricular hypertrophy after aortic valve replacement for aortic stenosis with different valve substitutes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 590-598.
15. Thompson HL, O'Brien MF, Almeida AA, Tesar PJ, Davison MB, Burstow DJ. Haemodynamics and left ventricular mass regression: a comparison of the stentless, stented, and mechanical aortic valve replacement. *European Journal of Cardiovascular Surgery* 1998; 13: 572-575.
16. White HD, Norris RM, Brown MA, Brandt PW, Whitlock RM, Wild CJ. Left ventricular end-systolic volume as the major determinant of survival after recovery from myocardial infarction. *Circulation* 1987; 76: 44-51.
17. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med* 1990; 322: 1561-1566.
18. Baur LH, Schipperheyn JJ, van der Velde EA, van der Wall EE, Reiber JH, van der Geest RJ, van Dijkman PR, Gerritsen JG, van Eck-Smit BL, Voogd PJ, Bruschke AV. Reproducibility of left ventricular size, shape and mass with echocardiography, magnetic resonance imaging and radionuclide angiography in patients with anterior wall infarction. A plea for core laboratories. *Int J Card Imaging* 1996; 12: 233-240.
19. Sharpe N, Doughty RN. Left ventricular remodelling and improved long-term outcomes in chronic heart failure. *Eur Heart J* 1998; 19 (Suppl B): B36-B39.
20. Gordon EP, Schnittger I, Fitzgerald PJ, Popp RL. Reproducibility of left ventricular volumes by two-dimensional echo. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 506.
21. Missouri CG, Forbat SM, Singer DR, Markandu ND, Underwood R, MacGregor GA. Echocardiography overestimates left ventricular resonance imaging in patients with hypertension. *J Hypertens* 1996; 14: 1005-1010.
22. Bottini PB, Carr AA, Prisant LM, Flickinger FW, Allison JD, Gottdiener JS. Magnetic resonance imaging compared to echocardiography to assess left ventricular mass in the hypertensive patient. *Am J Hypertens* 1995; 8: 221-228.
23. Dujardin KS, Enriquez-Sarano M, Rossi A, Bailey KR, Seward JB. Echocardiography assessment of left ventricular remodeling: Are left ventricular diameters suitable tools? *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 1534-1541.
24. Gardin JM. How reliable are serial echocardiography measurements in detecting regression in left ventricular hypertrophy and changes in function. *J Am Coll Cardiol* 1999; 34: 1633-1636.
25. Grothues F, Smith GC, Moon JC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, Pennell DJ. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 2002; 90: 29-34.
26. Rajappan K, Bellenger N, Mellina G, Terlizzi M, Yacoub M, Sheridan D, Pennell D. Assessment of left ventricular mass regression after aortic valve replacement: cardiovascular magnetic resonance versus M-mode echo. *Eur J Cardio-Thorac Surg* 2003; 24: 59-65.
27. Dong S, MacGregor J, Crawley A i wsp. Left ventricular wall thickness and regional systolic function in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 1994; 90: 1200-1209.
28. Jasiński MJ, Ulbrych P, Kolowca M, Szafranek A, Baron J, Woś S. Early Regional Assessment of LV Mass Regression and Function after Stentless Valve Replacement: Comparative Randomized Study. *Heart Surg Forum* 2004; 7: E462-465.