

Czynność skurczowa i rozkurczowa lewej komory serca a niedomykalność zastawki pnia płucnego u dorosłych pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota

Olga Trojnarśka¹, Aldona Siwińska², Andrzej Szyszka¹,
Romuald Ochotny¹ i Andrzej Cieślński¹

¹Klinika Kardiologii Instytutu Kardiologii Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

²Klinika Kardiologii i Nefrologii Dziecięcej Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Systolic and diastolic function of the left ventricle and its relation to pulmonary insufficiency in adult patients late after total correction of tetralogy of Fallot

Background: *Despite good long-term results of complete correction of tetralogy of Fallot, these patients are often diagnosed with pulmonary insufficiency which may influence heart function. The aim of the study was echocardiographic evaluation of left ventricle systolic and diastolic function in relation to the presence of significant pulmonary insufficiency in adult patients after complete correction of tetralogy of Fallot.*

Material and methods: *Study group included 49 patients aged 16 through 44 years (mean age 25.5 ± 6.3 years), operated on at the age of 2 through 30 years (mean age 8.5 ± 6.7 years), 4 to 26 years ago (mean time 16.8 ± 5 years). Control group was made up of 41 people aged 18 through 37 (mean age 26.4 ± 5.9 years). Echocardiography was performed; end-diastolic ventricular septum, posterior wall thickness, as well as end-diastolic dimension of the left and right ventricle were measured. Simpson formula was used to calculate left ventricular ejection fraction. Doppler technique helped evaluate maximum speed the early filling wave (E), atrial filling wave (A), E/A ratio, early filling deceleration time (DT), isovolumetric relaxation time (IVRT). The comparison of patients with major pulmonary insufficiency with those without it and analysis of linear correlations between echocardiographic parameters and the current age of the patients, their age at the time of the operation and the time since the procedure led to the following conclusions.*

Conclusions: *Left ventricular systolic function in adult patients after complete correction of tetralogy of Fallot is in normal range, deteriorating physiologically with aging. The presence of the major pulmonary insufficiency does not lead to deterioration of systolic function in these patients. Diastolic function of the left ventricle approximates its normal values. (Folia Cardiol. 2003; 10: 675–681)*

key words: adult patients after total repair of tetralogy of Fallot, pulmonary insufficiency, systolic and diastolic function of the left ventricle

Adres do korespondencji: Dr med. Olga Trojnarśka
I Klinika Kardiologii IK AM im. Karola Marcinkowskiego
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań
Nadesłano: 05.06.2003 r. Przyjęto do druku: 30.07.2003 r.

Wstęp

Przeprowadzana już od prawie 50 lat całkowita korekcja tetralogii Fallota umożliwiła grupie chorych z tą anomalią długoletnie i aktywne życie. Przeżył 86% chorych 32 lat od operacji to doskonały rezultat [1]. Niemniej, anatomiczne pozostałości wady i chirurgiczne powikłania wymagają ścisłej obserwacji klinicznej tej grupy pacjentów. Niektórzy badacze sugerują, że spotykane często rezydualne zwężenie i niedomykalność zastawki pnia płucnego, nierzadko związane ze sposobem korekcji chirurgicznej, powodują obniżenie wydolności czynnościowej i wywołane arytmia komorową zwiększone ryzyko nagłej śmierci [2–6]. Zaburzenia rytmu serca mają prawdopodobnie związek z przebudową komory prawej [3, 5, 7, 8], mniejsza wydolność serca może natomiast wynikać ze zmienionej przez falę zwrotną przez zastawkę pnia płucnego geometrii przegrody międzykomorowej, zaburzającej czynność lewej komory serca [6, 9–12]. Innymi potencjalnymi przyczynami zmniejszenia frakcji wyrzutowej lewej komory serca są: wynikający z przeciążenia prawej komory przerost i zwłóknienie przegrody międzykomorowej, zwłóknienie ścian lewej komory (będące rezultatem długotrwałej sinicy, niewystarczającej protekcji śródoperacyjnej, a także zmienionego ukrwienia wieńcowego) oraz asynergia skurczu przegrody spowodowana zarówno obecnością łąty zamykającej ubytek przegrody międzykomorowej, jak i zazwyczaj występującym blokiem prawej odnogi pęczka Hisa [2, 13–15]. Ocena funkcji lewej komory serca była tematem niewielu opracowań [2, 6, 12–14, 16, 17]. Nie ma również do dzisiaj jednomyślności co do postulowanego znaczenia i wpływu niedomykalności zastawki pnia płucnego na analizowaną czynność lewej komory serca u pacjentów po skutecznym zabiegu całkowitej korekcji tetralogii Fallota [2, 7, 18–20].

Celem pracy była echokardiograficzna ocena funkcji skurczowej i rozkurczowej lewej komory serca w zależności od obecności istotnej niedomykalności zastawki pnia płucnego u dorosłych pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota.

Materiał i metody

Badaniem objęto 49 pacjentów (26 kobiet, 23 mężczyzn) w wieku 16–44 lat (śr. $25,5 \pm 6,3$ roku), operowanych w wieku 2–30 lat (śr. $8,5 \pm 6,7$ roku), 4–26 lat temu (śr. $16,8 \pm 5$ lat). U wszystkich korekcję całkowitą wykonano za pomocą prawostronnej wentrykulotomii z użyciem łąty przepierściennej. Zabieg paliatywny (zespolenie typu Blalock-

-Taussig) przeprowadzono uprzednio u 10 pacjentów. Grupę kontrolną stanowiło 41 zdrowych osób (19 kobiet, 22 mężczyzn) w wieku 18–37 lat (śr. $26,4 \pm 5,9$ roku). U wszystkich przeprowadzono badanie przedmiotowe. Badanie echokardiograficzne wykonano za pomocą aparatu Hewlett-Packard Sonos 5500, z głowicą o częstotliwości 2,5 MHz w prezentacji dwuwymiarowej i jednowymiarowej M oraz metodą Dopplera. Zgodnie z zaleceniami Amerykańskiego Towarzystwa Echokardiograficznego w osi długiej przymostkowej zmierzono późnorozkurczową grubość przegrody międzykomorowej (IVS, *interventricular septum*), ściany tylnej (PW, *posterior wall*), wymiar końcoworozkurczowy komory lewej (LVEDD, *left ventricular end-diastolic diameter*) oraz komory prawej (RVD, *right ventricular diameter*). Frakcję wyrzutową lewej komory (LVEF, *left ventricular ejection fraction*) wyliczono metodą Simpsona. Badanie dopplerowskie przepływu mitralnego przeprowadzono w projekcji koniuszkowej czterojamowej, na wysokości płatków mitralnych w fazie wczesnego napełniania. Obliczono: maksymalną prędkość fali wczesnego napełniania (E, *early filling*), maksymalną prędkość fali napełniania przedsionkowego (A, *atrial filling*), stosunek E/A oraz czas deceleracji fali wczesnego napełniania (DT, *deceleration time*). Określono także czas relaksacji izowolumetrycznej (IVRT, *isovolumic relaxation time*). Stopień niedomykalności zastawki pnia płucnego oceniono metodą półilościową opartą na określeniu w badaniu dopplerowskim znakowanym kolorem w projekcji przymostkowej poprzecznej naczyniowej i koniuszkowej czterojamowej zasięgu fali zwrotnej (PR, *pulmonary regurgitation*) wnioskującej w głąb prawej komory (I stopień — fala zwrotna bezpośrednio pod zastawką, II stopień — fala zwrotna w drodze odpływu prawej komory, III stopień — fala zwrotna sięgająca w przekroju podłużnym co najmniej 50% prawej komory, IV stopień — fala zwrotna obejmująca w przekroju poprzecznym co najmniej 50% prawej komory). Jako istotną przyjęto niedomykalność co najmniej II stopnia — PR(+). Końcowoskurczowe ciśnienie w prawej komorze serca (RVSP, *right ventricular systolic pressure*) wyliczono z fali niedomykalności zastawki trójdzielnej. Wyniki opracowano statystycznie za pomocą pakietu oprogramowania STATISTICA.

Wyniki

Istotną niedomykalność zastawki pnia płucnego zaobserwowano u 22 pacjentów. W całej grupie badanych po całkowitej korekcji tetralogii Fallota echokardiograficznie ocenione LVEDD, PW i IVS

Tabela 1. Charakterystyka oraz porównanie grup pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota z grupą kontrolną**Table 1.** Characteristics of studied groups

	Wszyscy badani (n = 49)	Pacjenci PR (-) (n = 27)	Pacjenci PR (+) (n = 22)	Grupa kontrolna (n = 41)
Wiek [lata]	25,5±6,3	23,8±7,2	26,7±7,3	26,4±5,9
Wiek w czasie operacji [lata]	8,5±6,7	8,1±6,1	8,8±6,2	
Czas od operacji [lata]	16,8±5,0	14,7±5,3	17,7±5,1	
RVD [mm]	39±7*	36±6 ⁺ #	42±6 [^] #	30±3* [^] +
LVEDD [mm]	42±5	43±4	41±4	44±4
LA [mm]	36±4	36±5	35±4	35±5
PW [mm]	9,5±0,6	9,5±0,7	9,4±0,5	9,6±0,7
IVS [mm]	9,6±0,7	9,6±0,8	9,6±0,8	9,9±0,8
LVEF	62%±6%	62%±5,0%	63%±6%	61%±7%
IVRT [ms]	82±8	81±7	83±9	84±9
E [cm/s]	92±21	94±15	90±26	101±22
A [cm/s]	60±12	62±14	57±11	61±11
E/A	1,5±0,4	1,6±0,4	1,6±0,4	1,6±0,4
DT [ms]	207±56	208±47	209±59	207±62
RVSP [mm Hg]	30±15	33±9	34±12	

RVD (*right ventricular diastolic diameter*) — wymiar końcoworozkurczowy komory prawej; LVEDD (*left ventricular end+diastolic*) — wymiar końcoworozkurczowy komory lewej; LA (*diameter of left atrium*) — wymiar przedsionka lewego; PW (*posterior wall thickness*) — grubość ściany tylnej komory lewej; IVS (*interventricular septum thickness*) — grubość przegrody międzykomorowej; LVEF (*left ventricular ejection fraction*) — frakcja wyrzutowa komory lewej; IVRT (*isovolumic relaxation time*) — czas relaksacji izowolumetrycznej komory lewej; E (*maximal velocity of early filling of mitral flow*) — maksymalna prędkość fali wczesnego napełniania mitralnego; A (*maximal velocity of atrial filling of mitral flow*) — maksymalna prędkość fali przedsionkowej napełniania mitralnego; DT (*deceleration time of early filling of mitral flow*) — czas deceleracji fali wczesnego napełniania mitralnego; RVSP (*right ventricular systolic pressure*) — ciśnienie końcowoskurczowe w komorze prawej; *[^]# p < 0,05 przy porównaniu pomiędzy poszczególnymi grupami

nie różniły się od stwierdzanych u osób zdrowych (tab. 1). Wymiar końcoworozkurczowy prawej komory był znamienne większy w grupie badanej niż u osób zdrowych (p = 0,0001), jak również u pacjentów z PR(+) w porównaniu z chorymi bez istotnej niedomykalności zastawki pnia płucnego (p = 0,004), co ze względu na fizjologię wady można było przewidzieć. Ocenione wartości LVEF i parametry funkcji rozkurczowej (szybkości maksymalne fal E i A, stosunek E/A, IVRT, DT) mieściły się w granicach normy. Porównując grupy chorych z istotną niedomykalnością zastawki pnia płucnego z pacjentami, u których owej niedomykalności nie stwierdzono, wykazano jedynie nieznacznie dłuższy okres obserwacji od zabiegu operacyjnego w pierwszej z wspomnianych podgrup (p = 0,057). Na podstawie analizy korelacji liniowej Pearsona wykazano, iż u wszystkich badanych aktualny wiek wpływa ujemnie na funkcję skurczową lewej komory (p = 0,035), natomiast nie ma na nią wpływu wiek w czasie operacji, jak również czas, jaki od operacji upłynął. Czas relaksacji izowolumetrycznej, charakteryzując funkcję rozkurczową lewej komory, korelował znamienne z wiekiem w czasie operacji w całej badanej grupie (p = 0,006) i podgrupie pacjentów z niedomykalno-

ścią zastawki pnia płucnego (p = 0,002) oraz w tej ostatniej — z czasem, jaki upłynął od operacji (p = 0,039). W całej badanej grupie maksymalna szybkość fali A korelowała dodatnio z wiekiem, w którym wykonano operację (p = 0,051). Na wielkość RVD nie miał wpływu żaden z analizowanych przez autorów parametrów czasowych. We wszystkich analizowanych podgrupach końcoworozkurczowe ciśnienie w prawej komorze korelowało istotnie dodatnio z czasem, jaki upłynął od operacji, odpowiednio: w całej grupie badanej (p = 0,003), u pacjentów z istotną niedomykalnością zastawki pnia płucnego (p = 0,038) i bez niedomykalności (p = 0,035), natomiast zależność od wieku w czasie operacji w grupie chorych z niedomykalnością zastawki pnia płucnego nie była znamienna (p = 0,071).

Dyskusja

Długoletnia obserwacja pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota wskazuje na ich dobrą wydolność fizyczną [1, 6, 15, 21, 22–24], dlatego też czynność lewej komory serca jest przedmiotem niewielu analiz. Badania autorów niniejszej pracy wykazały, iż wartości LVEF przedstawianej grupy cho-

rych nie różni się od spotykanej w populacji osób zdrowych. Podobne rezultaty przedstawili Gatzoulis i wsp. [16]. W wieloośrodkowym badaniu 95 chorych poddano powtórnemu, wykonanemu po 10 latach, badaniu radioizotopowemu. Funkcja lewej komory serca, będąca w granicach normy w badaniu początkowym, nie uległa po tym okresie pogorszeniu. Wcześniejsze prace, oparte na bezpośrednich pomiarach hemodynamicznych, przedstawiają różne rezultaty: jedni badacze to spostrzeżenie potwierdzają [13, 25, 26], inni odnotowują gorszą niż w zdrowej populacji czynność skurczową lewej komory serca [9, 27–29]. Kavey i wsp. [30] stwierdzili pogorszenie LVEF jedynie u chorych z arytmia komorową. Bastos i wsp. [14] zaobserwowali „utajone” zmniejszenie kurczliwości lewej komory serca po podaniu metoksaminy — alfamimetyku zwiększającego obciążenie następcze, a pozbawionego działania inotropowego. Użycie obrazowania za pomocą rezonansu magnetycznego umożliwiło Niazen i wsp. [2] stwierdzenie (zgodne z wynikami niniejszej pracy), iż LVEF, jak i wielkość oraz grubości jej ścian pozostają w granicach wartości prawidłowych. Przedstawiona przez autorów ujemna korelacja między wartościami LVEF a aktualnym wiekiem chorego jest zgodna z obserwacjami Waiien i wsp. [29] i ogólną tendencją pogarszania się funkcji skurczowej lewej komory wraz z procesem starzenia się [31]. Dokonując analizy wpływu niedomykalności zastawki pnia płucnego na czynność lewej komory serca, należy podkreślić, że badano grupę chorych operowanych za pomocą prawostronnej wentrykulotomii z zastosowaniem łąty przezpierścieniowej. Stwierdzono, co jest zgodne z rezultatami większości doniesień, powiększenie prawej komory serca u wszystkich badanych, szczególnie zaznaczone u pacjentów z niedomykalnością zastawki pnia płucnego [6, 8–12]. Nie potwierdza tego D’Udekem i wsp. [32], a Jonsson i wsp. [33] zakładają, że wielkość prawej komory serca u pacjenta po całkowitej korekcji tetralogii Fallota nie musi korelować z wielkością fali zwrotnej przez zastawkę pnia płucnego, a zależy przede wszystkim od jej wymiarów przed zabiegiem, pierwotnego zmniejszenia jej podatności, jak i pooperacyjnych zmian w osierdziu. Wielu badaczy twierdzi, że powodowane niedomykalnością zastawki pnia płucnego przeciążenie objętościowe prawej komory wywołuje przemieszczenie przegrody międzykomorowej w lewą stronę, a tym samym utrudnia napływ do lewej komory serca i zmniejsza jej rzut [6, 9–12]. Autorzy stwierdzili, co było zasadniczym tematem pracy, że wartości LVEF w grupie chorych z niedomykalnością zastawki pnia płucnego

nie różniły się od stwierdzanych u chorych bez niedomykalności. Do podobnego wniosku (stosując metodę jądrowego rezonansu magnetycznego) doszli inni badacze [2, 19, 20]. Vogel i wsp. [7] nie znaleźli korelacji pomiędzy stopniem niedomykalności zastawki pnia płucnego a funkcją lewej komory serca ocenioną za pomocą tkankowego badania dopplerowskiego [7]. Natomiast Schamberger i wsp. [18] w kilkuletniej obserwacji chorych po korekcji tetralogii Fallota z niedomykalnością zastawki pnia płucnego wykazali za pomocą metody radioizotopowej pogorszenie czynności skurczowej zarówno prawej, jak i lewej komory serca. Nie zaobserwowali jednak (podobnie jak w niniejszej pracy) żadnej zależności funkcji skurczowej komory lewej od wieku, w którym wykonano operację, oraz czasu, jaki od operacji upłynął. Pogorszenie funkcji skurczowej lewej komory serca wraz z wiekiem badanego i brak takiej relacji do czasu, jaki upłynął od operacji, jest jedynie pozorną sprzecznością i wiąże się logicznie z długością trwania przedoperacyjnego okresu sinicznego. Do podobnego wniosku doszli Sandor i wsp. [13], choć trzeba wspomnieć, że odmiennej obserwacji dokonali inni autorzy [9, 29]. Średni wiek chorego w czasie operacji w badanej przez autorów niniejszej pracy populacji wynosił $8,5 \pm 6,7$ roku, a czas obserwacji — $16,8 \pm 5$ lat. Pomimo tak relatywnie późnego wieku całkowitej korekcji, czynność lewej komory serca u badanych chorych była prawidłowa. Jednocześnie obserwacja pacjentów z istotną niedomykalnością zastawki pnia płucnego była o ponad 3 lata dłuższa niż chorych bez niedomykalności. Niektórzy autorzy sugerują, że niedomykalność może być dobrze tolerowana przez ponad 20 lat od zabiegu [23, 34]. Możliwa jest więc późniejsza manifestacja kliniczna pogorszenia wydolności serca [33, 35]. Potwierdza to konieczność ścisłego monitorowania klinicznego chorych i ewentualnej wymiany zastawki płucnej [8, 23, 34]. Z niniejszych badań wynika, że często obserwowane w tej wadzie podwyższone ciśnienie końcowo-skurczowe prawej komory zwiększa się w zależności od czasu, jaki upłynął od operacji, a także zależy też od wieku, w którym została wykonana. Zależność ta, co wynika z istoty wady, widoczna jest szczególnie w grupie chorych z niedomykalnością zastawki pnia płucnego, sugerując konieczność wcześniejszego wykonywania zabiegów całkowitej korekcji u tych pacjentów [11, 22]. Parametry określające czynność rozkurczową lewej komory serca u chorych badanych przez autorów niniejszej pracy mieściły się w granicach normy. Jedynie IVRT wykazywał znamienny związek z wiekiem w czasie

operacji i czasem, który od niej upłynął, co było szczególnie widoczne w grupie z istotną niedomykalnością zastawki pnia płucnego. Maksymalna szybkość fali A napływu mitralnego wzrastała u wszystkich badanych w miarę zaawansowania wieku, w którym przeprowadzono operację, wskazując tym samym, że na funkcję rozkurczową lewej komory serca pozytywny wpływ może mieć wczesne wykonanie całkowitej korekcji chirurgicznej wady. Badacze zajmujący się obserwacją pacjentów po korekcji tetralogii Fallota nie są w tej kwestii jednomyślni: Kondo i wsp. [6] oraz prowadzący wielośrodkowe badanie Gatzoulis i wsp. [8] nie stwierdzają pogorszenia czynności rozkurczowej lewej komory serca u tych chorych. Sondor i wsp. [13] zaobserwowali jej pogorszenie, a Johnsson i wsp. [33] wykazali, że wiąże się to z czasem upływającym od

zabiegu. Spostrzeżenie to potwierdza konieczność ciągłej obserwacji klinicznej tej grupy pacjentów.

Wnioski

1. Wartości wskaźników funkcji skurczowej lewej komory serca u dorosłych pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota mieszczą się w granicach normy, ulegając jedynie fizjologicznemu pogorszeniu w miarę procesu starzenia się.
2. Obecność istotnej niedomykalności zastawki pnia płucnego nie wpływa na pogorszenie czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory serca u tych chorych.
3. Wartości wskaźników funkcji rozkurczowej lewej komory serca u tych pacjentów są zbliżone do wartości prawidłowych.

Streszczenie

Czynność skurczowa i rozkurczowa lewej komory serca

Wstęp: *U pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota, pomimo dobrych rezultatów długoletnich, stwierdza się często niedomykalność zastawki pnia płucnego, która może pogarszać wydolność serca. Celem pracy była echokardiograficzna ocena czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory w zależności od obecności istotnej niedomykalności zastawki pnia płucnego u dorosłych pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota.*

Materiał i metody: *Przebadano 49 pacjentów w wieku 16–44 lat (śr. 25,5 roku), operowanych w wieku 2–30 lat (śr. 8,5 roku), 4–26 lat temu (śr. 16,8 roku). Grupa kontrolna: 41 osób w wieku 18–37 lat (śr. 26,4 roku). W badaniu echokardiograficznym zmierzono grubość późnorozkurczową przegrody międzykomorowej, ściany tylnej, wymiar końcoworozkurczowy lewej i prawej komory, frakcję wyrzutową lewej komory (metodą Simpsona). Na podstawie badania dopplerowskiego oceniono maksymalną prędkość fali wczesnego napełniania E, napełniania przedsionkowego A oraz stosunek E/A, czas deceleracji fali wczesnego napełniania (DT) oraz czas relaksacji izowolumetrycznej (IVRT). Istotną niedomykalność zastawki pnia płucnego zaobserwowano u 22 pacjentów.*

Wyniki: *Porównanie chorych z istotną niedomykalnością zastawki pnia płucnego z pacjentami bez niedomykalności i osobami z grupy kontrolnej oraz analiza korelacji liniowych między parametrami echokardiograficznymi a wiekiem aktualnym, wiekiem w czasie operacji oraz czasem od przeprowadzenia zabiegu pozwoliły sformułować wnioski.*

Wnioski: *Wartości wskaźników funkcji skurczowej lewej komory serca u dorosłych pacjentów po całkowitej korekcji tetralogii Fallota mieszczą się w granicach normy, ulegając jedynie fizjologicznemu pogorszeniu w miarę procesu starzenia się. Obecność istotnej niedomykalności zastawki pnia płucnego nie wpływa na pogorszenie czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory serca u tych chorych. Wartości wskaźników funkcji rozkurczowej lewej komory serca u tych pacjentów są zbliżone do wartości prawidłowych. (Folia Cardiol. 2003; 10: 675–681)*

dorośli chorzy po całkowitej korekcji tetralogii Fallota, niedomykalność płucna, funkcja skurczowa i rozkurczowa lewej komory serca

Piśmiennictwo

1. Murphy J.G., Gersh B.J., Mair D.D. i wsp. Long-term outcome in patients undergoing surgical repair of tetralogy of Fallot. *N. Engl. J. Med.* 1993; 329: 593–599.
2. Niazen R.A., Helbing W.A., van der Wall E.E. i wsp. Left ventricular function in adults with mild pulmonary insufficiency late after Fallot repair. *Heart* 1999; 82: 697–703.
3. Zahka K.G., Horneffer P.J., Rowe S.A. Long-term valvular function after total repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1988; 78: 14–19.
4. Rosenthal A. Adults with tetralogy of Fallot-repaired, yes; cured, no. *N. Engl. J. Med.* 1993; 329: 655–656.
5. Rebergen S.A., Chin J.G.J., Ottenkamp J. Pulmonary regurgitation in the late postoperative follow-up of tetralogy of Fallot: volumetric quantitation by nuclear magnetic resonance velocity mapping. *Circulation* 1993; 88: 2257–2266.
6. Kondo C., Nakazawa M., Kusakabe K., Momma K. Left ventricular dysfunction on exercise long term after total repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1995; 92: 250–255.
7. Vogel M., Sporning J., Cullen S., Deanfield J.E., Redington A.N. Regional wall motion and abnormalities of depolarization and repolarization in patients after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2001; 103: 1669.
8. Therrien J., Siu S.C., Harris L. i wsp. Impact of pulmonary valve replacement on arrhythmia propensity late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2001; 103: 2489–2494.
9. Borow K.M., Green L.H., Castaneda A.R., Keane J. F. Left ventricular function after repair of tetralogy of Fallot and its relationship to age at surgery. *Circulation* 1980; 61: 1150–1158.
10. Bowe E.L., Byrum C.J., Thomas F.D. The influence of pulmonary insufficiency on ventricular function following repair of tetralogy of Fallot. Evaluation using radionuclide ventriculography. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1983; 85: 691–196.
11. Oku H., Shirontani H., Sunakawa A. Postoperative long term results in total correction of tetralogy of Fallot: hemodynamics and cardiac function. *Ann. Thorac. Surg.* 1986; 41: 413–418.
12. Vetter H.O., Reichart B., Seidel P., Kleinhans E., Bull U., Klinner W. Non-invasive assessment of right and left ventricular volumes 11 to 24 years after corrective surgery on patients with tetralogy of Fallot. *Eur. J. Cardio-thorac. Surg.* 1990; 4: 24–28.
13. Sandor G.S., Petterson M.W., Tipple M., Ashmore P.G., Popow R. Left ventricular systolic and diastolic function after total correction of tetralogy of Fallot. *Am. J. Cardiol.* 1987; 60: 1148–1151.
14. Bastos P., Campos J., Cunha D., Gomes M. Left ventricular function after correction of tetralogy of Fallot. *Europ. Heart J.* 1991; 12: 1089–1097.
15. Presbitero P., Demarie D., Aruta E. i wsp. Results of total correction of tetralogy of Fallot performed in adults. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1870–1873.
16. Gatzoulis M.A., Elliot J.T., Guru V. i wsp. Right and left ventricular systolic function late after repair of tetralogy of Fallot. *Am. J. Cardiol.* 2000; 86: 1352–1357.
17. Watson D.G., Smith J.C., Warren E.T. Congestive heart failure with tetralogy of Fallot relieved by an aortopulmonary shunt. *Pediatr. Cardiol.* 1997; 18: 381–384.
18. Schamberger M.S., Hurwitz R.A. Course of right and left ventricular function in patients with pulmonary insufficiency after repair of tetralogy of Fallot. *Pediatr. Cardiol.* 2000; 21, 244–248.
19. Reduto L.A., Berger H.J., Johnstone D.E. Radionuclide assessment of right and left ventricular exercise reserve after total correction of tetralogy of Fallot. *Am. J. Cardiol.* 1980; 45: 1013–1018.
20. Marie P.Y., Marcon F., Brunotte F. Right ventricular overload and induced ventricular sustained tachycardia in operatively repaired tetralogy of Fallot. *Am. J. Cardiol.* 1992; 69: 785–789.
21. Bacha E.A., Schuele A.M., Zurakowski D. i wsp. Long term results after early primary repair of tetralogy of Fallot. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 122: 154–161.
22. Fraser C.D., McKenzie E.D., Cooley D.A. Tetralogy of Fallot: surgical management individualized to the patient. *Ann. Thorac. Surg.* 2001; 71: 1556–1563.
23. Sugita T., Ueda Y., Matsumoto M., Ogino H., Sakaikibara Y., Matsuyama K. Repeated procedure after radical surgery for tetralogy of Fallot. *Ann. Thor. Surg.* 2000; 70: 1507–1510.
24. Boening A., Scheewe J., Regensburger D. i wsp. Correction of tetralogy of Fallot: does the time period of surgery influence the outcome? *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 49: 210–215.
25. Rocchini A.P., Keane J.F., Freed M.D. Left ventricular function following attempted surgical repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1978; 57, 798–802.
26. Borrow K.M., Keane J.F., Castaneda A. Systemic ventricular function in patients with tetralogy of Fallot, ventricular septal defect and transposition of the great arteries repaired during infancy. *Circulation* 1981; 64: 878–885.
27. Lange P.E., Onnasch D.G.W., Bernhard A., Heinzen P.H. Left and right ventricular adaptation to right ventricular overload before and after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Am. J. Cardiol.* 1982; 50: 786–794.

28. De Lorgeril M., Friedli B., Asimacopoulos A. Factors affective left ventricular function after correction of tetralogy of Fallot. *Br. Heart J.* 1984; 52: 536–541.
29. Waien S.A., Liu P.P., Ross B.L., Williams W.G., Webb G.D., McLaughlin P.R. Serial follow-up of adults with repaired tetralogy of Fallot. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1992; 20: 295–300.
30. Kavey R.E., Thomas F.D., Byrum C.J. Ventricular arrhythmias and biventricular dysfunction after repair of tetralogy of Fallot. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1984; 4: 126–131.
31. Bonow R.O., Vitale D.F., Bacharach S.L. i wsp. Effects of aging on asynchronous left ventricular region function and global ventricular filling in normal human subjects. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1988; 11: 50–58.
32. D'Udekem Y., Ovaert C., Grandjean F. i wsp. Tetralogy of Fallot — transannular and right ventricular patching equally affect late functional status. *Circulation* 2000; 102: 116–122.
33. Johnsson H., Ivert T., Brodin L.A. Echocardiographic findings in 83 patients 13–26 years after intracardiac repair of tetralogy of Fallot. *Eur. Heart J.* 1995; 16: 1255–1263.
34. Hazekamp M.G., Kurvers M.M.J., Schoof P.H. i wsp. Pulmonary valve insertion late after repair of Fallot's tetralogy. *Eur. J. Cardiol. Thorac. Surg.* 2001; 19: 667–670.
35. Horneffer P.J., Zakha K.G., Rowe S.A. i wsp. Long term results of total repair of tetralogy in childhood. *Ann. Thorac. Surg.* 1990; 50: 179–185.