

Planowe operacje tętniaków aorty wstępującej i łuku – ocena wyników wczesnych i śmiertelności

Elective surgery for aneurysm of the ascending aorta and arch – early results



Kazimierz Widenka, Tomasz Stącel, Maciej Kolowca, Izabela Szymanik, Witold Mazur, Janusz Bąk, Arkadiusz Kurowicki, Nikodem Stożnyński, Sławomir Żurek, Maciej Oliwa

Oddział Kardiologii, Szpital Wojewódzki nr 2, Rzeszów

Kardiologia i Torakochirurgia Polska 2008; 5 (3): 257–261

Streszczenie

Wstęp: Tętniak aorty wstępującej lub łuku jest często schorzeniem współistniejącym. Ze względu na powszechne przekonanie o wysokim ryzyku operacji wymiany aorty często unika się jej wykonywania.

Cel pracy: Celem pracy jest ocena wczesnych wyników operacji wymiany aorty wstępującej oraz łuku aorty.

Materiał i metody: Ocenie retrospektywnej poddano 52 pacjentów (40 mężczyzn i 12 kobiet), średnia wieku 62,5±10,45 roku, operowanych w trybie planowym z powodu tętniaków aorty wstępującej i łuku (50 tętniaków aorty wstępującej, 1 aorty wstępującej i łuku, 1 łuku aorty). Średni wskaźnik *Euroscore logistic* – 12,8±8,17%, a EF 53,3±9,62%. Średnia wartość średnicy aorty wstępującej: 53,1±8,66 mm. Operacja wymiany aorty wstępującej była procedurą izolowaną u 5 pacjentów, a złożoną u 47.

Wyniki: Śmiertelność wewnątrzszpitalna wyniosła 0; 48 pacjentów (87,28%) otrzymało leczenie antyfibrynolityczne; średni drenaż 847,6±410,73 ml. Jeden pacjent (1,92%) wymagał retorakotomii z powodu krwawienia. Średnie zużycie KKCZ i osocza wyniosło odpowiednio 2,9±1,40 j. i 2,4±0,77 j. Średni czas pobytu pacjentów na oddziale intensywnej terapii i całkowitego pobytu pooperacyjnego wyniosły odpowiednio 2,8 (±2,40) i 7,9 (±3,12) doby. Nie obserwowano powikłań neurologicznych, poza 2 (3,85%) przypadkami psychoz. U 1 pacjenta (1,92%) wystąpiła przejściowa ostra niewydolność nerek wymagająca hemodiafiltracji. Wśród powikłań obserwowanych na oddziale intensywnej terapii wystąpiły: napadowe migotanie przedsionków – 14 pacjentów (26,92%), zespół małego rzutu – 2 (3,85%), z których 1 wymagał zastosowania IABP, zapalenie płuc – 2 (3,85%), VF (1,92%). Podczas hospitalizacji na oddziale łóżkowym u 11 pacjentów (20%) wystąpiło migotanie przedsionków, u 5 plyn w jamie opłucnej (9,61%), zapalenie dróg moczowych u 3 (5,77%) oraz rzadsze powikłania: zapalenie pęcherzyka żółciowego (n=1), zapalenie krtani (n=1), psychoza (n=1), zespół tachy-brady (n=1),

Abstract

Background: Aneurysm of the ascending aorta is often a concomitant disease. It is commonly believed that replacement of the aorta is a high-risk procedure. Therefore it is often avoided during complex procedures.

Aim: To assess the early results of the elective operation for aneurysm of the ascending aorta and aortic arch as a concomitant procedure.

Material and Methods: This retrospective study included 52 patients (40 men, 12 women), mean age 62.5±10.45 years, undergoing elective ascending and aortic arch aneurysm operations (50 ascending aorta aneurysms, 1 ascending and arch aneurysm, 1 arch aneurysm). Mean Euro score log. was 12.8±8.17% and EF 53.3±9.62%. Mean diameter of the ascending aorta was 53.1±8.66 mm. Mean cross-clamp time and CPB time were 87.0±30.03 and 120.6±32.20 min. respectively.

Results: There was no hospital mortality. 48 patients (86.28%) received anti-fibrinolytic therapy; mean chest tube drainage was 847.6±410.73 ml. 1 patient required re-exploration for bleeding. Mean need of blood and plasma transfusion was 2.9±1.40 and 2.4±0.77 units respectively.

Mean ICU and hospital length of stay were 2.8 (±2.40) and 7.9 (±3.12) days respectively. The following complications were observed in the ICU: atrial fibrillation – 14 patients (26.92%); low output syndrome – 2 (3.85%), one of whom required IABP; pneumonia – 2 (3.85%); VF – 1 (1.92%). We did not observe neurological events except for 2 postoperative confusions (3.85%). There was 1 episode of acute transient renal failure requiring haemofiltration (1.92%).

The following complications were recorded in the ward: atrial fibrillation – 11 patients (20%); hydrothorax – 5 patients (9.61%); infection of urinary system – 3 patients (5.77%). Other less common complications were: cholecystitis (n=1), laryngitis (n=1), confusion (n=1), tachybrady syndrome (n=1), sternal

Adres do korespondencji: dr n. med. Kazimierz Widenka, Oddział Kardiologii, Szpital Wojewódzki nr 2, ul. Lwowska 60, 35-301 Rzeszów, tel. +48 17 866 48 25, e-mail: kardiologia@szpital2.rzeszow.pl

zakażenie tkanki podskórnej w ranie po sternotomii (n=1), przejściowy wzrost kreatyniny powyżej 1,7 mg% (n=2).

Wnioski: W grupie analizowanych przez nas pacjentów nie wystąpił żaden przypadek śmiertelny i obserwowaliśmy niską chorobowość. Wyniki te uzasadniają wymianę aorty wstępującej przekraczającej 45 mm u pacjentów poddawanych innym procedurom kardiologicznym.

Słowa kluczowe: aorta, tętniak, chirurgia.

Wstęp

W 2008 r. przypada 40. rocznica pierwszej publikacji artykułu o wymianie aorty wstępującej, wykonanej techniką opisaną przez Bentalla i De Bono [1].

Początkowo operacje te obciążone były bardzo dużym ryzykiem zgonu i powikłań pooperacyjnych. Jednak rozwój medycyny i samej metody sprawił, że operacje te obciążone są obecnie stosunkowo małym ryzykiem operacyjnym. Przyczyniły się do tego osiągnięcia ostatnich dziesięcioleci [2]:

- 1) wprowadzenie do produkcji impregnowanych aortalnych protez dakronowych,
- 2) dokładna kontrola odwracalności działania heparyny dzięki pomiarowi ACT,

wound infection (n=1), and transient increase of creatinine level up to 1.7 mg/dl (n=1).

Conclusions: In view of the low mortality and morbidity, ascending aortic replacement in addition to other cardiac procedures should be recommended if the ascending aortic diameter exceeds 45 mm.

Key words: aorta, aneurysm, surgery.

- 3) wprowadzenie techniki przeszczepiania ujść naczyń wieńcowych,
- 4) udoskonalenie techniki krążenia pozaustrojowego z zatrzymaniem krążenia w głębokiej hipotermii,
- 5) udoskonalenie techniki operacyjnej,
- 6) wprowadzenie leków antyfibrynolitycznych.

Wprowadzenie tych technik obniżyło śmiertelność w operacjach wymiany aorty wstępującej z 13–17,5% w latach 80. do 2–5% obecnie [2].

Poszerzenie lub tętniak aorty wstępującej jest najczęściej znaleziskiem przypadkowym, wykrywanym podczas diagnozowania innych chorób układu sercowo-naczyniowego. Pęknięcie tętniaka lub rozwarstwienie aorty to katastrofalne powikłania, których można uniknąć dzięki planowym operacjom. Z tego też powodu należy rozważyć równoczesne chirurgiczne leczenie choroby podstawowej i tętniaka aorty nawet w przypadku niespełnienia typowych kryteriów średnicy tętniaka.

Najbardziej powszechnym kryterium kwalifikującym do wymiany jednego z odcinków aorty jest jej średnica, co wynika z prawa Laplace'a: napięcie ściany (naczynia – przyp. autora) = ciśnienie (w nim panujące – przyp. autora) × promień. Dlatego przyjęto się uważać, że im większa średnica tętniaka, tym większe ryzyko jego pęknięcia [3].

Roczne ryzyko pęknięcia, rozwarstwienia lub zgonu u pacjentów ze średnicą aorty większą niż 4, 5 i 6 cm wynosi odpowiednio 5,3; 6,5 i 14,1% [2]. Obecnie klasycznym wskazaniem do planowej operacji wymiany aorty wstępującej jest tętniak tego odcinka przekraczający średnicę 5,0–5,5 cm, przy czym w zespole Marfana przyjęto granicę 4,5 cm. Natomiast tętniaki łuku aorty i aorty zstępującej wymagają operacji przy średnicy 6 cm.

Wg Stephena Westaby, *optymalny czas operacji to balans pomiędzy prawdopodobieństwem ostrego zespołu aortalnego versus ryzyko zgonu operacyjnego* [4].

Cel pracy

Celem pracy była ocena wczesnych wyników operacji tętniaków aorty wstępującej i/lub łuku aorty wykonywanych w trybie planowym.

Materiał i metody

Badanie miało charakter obserwacyjny. W okresie pomiędzy listopadem 2006 a marcem 2007 r. operacjom w trybie planowym na Oddziale Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego nr 2 w Rzeszowie poddano 52 pacjentów (40 mężczyzn

Tab. I. Charakterystyka grupy badanej

Średnia wieku		62,5±10,45 roku
Funkcja lewej komory (EF)		53,3±9,62%
Euroscore logistic		12,8±8,17%
Grupa pacjentów		n=52
	kobiety	n=12 (23,10%)
	mężczyźni	n=40 (72,90%)
NYHA	I	n=9 (17,30%)
	II	n=23 (44,23%)
	III	n=17 (32,70%)
	IV	n=3 (5,77%)
Nadciśnienie tętnicze (HA)		n=39 (75,0%)
Cukrzyca (DM)	IDDM	n=1 (1,92%)
	NIDDM	n=6 (11,54%)
Niewydolność nerek	przejściowa	n=2 (3,85%)
	przewlekła	n=2 (3,85%)
Incydenty neurologiczne	TIA	n=4 (7,70%)
	udar mózgu	n=2 (3,85%)
Choroby przewodu pokarmowego	wrzody	n=8 (15,38%)
	żołądka/dwunastnicy	
	zapalenie przetyku	n=1 (1,92%)
	Colitis ulcerosa	n=1 (1,92%)
Choroby tętnic obwodowych	A.O.	n=6 (11,54%)
	krytyczne zwęż. tętnic szyjnych	n=1 (1,92%)
Nikotynizm	aktywni palacze	n=5 (9,61%)
	byli palacze	n=20 (38,46%)

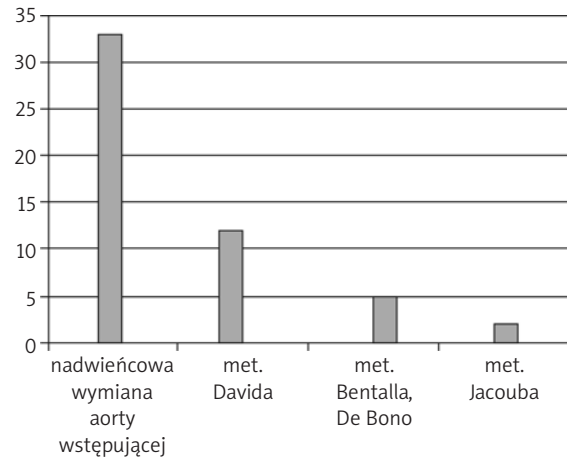
Tab. II. Dane operacyjne

Rodzaj operacji + procedury współistniejące	n (%)
Operacja metodą Davida	7 (13,46)
Operacja metodą Davida + CABG	3 (5,77)
Operacja metodą Davida+ plastyka płatka Ao + MVpl	1 (1,92)
Operacja metodą Davida + plastyka płatka Ao	1 (1,92)
Operacja metodą Jacouba	2 (3,85)
Operacja metodą Bentalla	2 (3,85)
Operacja metodą Bentalla + MVpl	3 (5,77)
nadwieńcowa wymiana aorty	5 (9,61)
nadwieńcowa wymiana aorty + hemiarch	2 (3,85)
nadwieńcowa wymiana aorty + AVR	10 (19,23)
nadwieńcowa wymiana aorty + CABG	2 (3,85)
nadwieńcowa wymiana aorty + AVR + CABG	4 (7,69)
nadwieńcowa wymiana aorty + MVpl + CABG	1 (1,92)
nadwieńcowa wymiana aorty + AVR + MVpl	4 (7,69)
nadwieńcowa wymiana aorty + AVR + MVpl + TVpl	1 (1,92)
nadwieńcowa wymiana aorty + plast. dwupłatkowej zast. Ao	1 (1,92)
nadwieńcowa wymiana aorty + plast. płatka zast. Ao	1 (1,92)
nadwieńcowa wymiana aorty + AVR + MVR	1 (1,92)
nadwieńcowa wymiana aorty + reimplantacja pnia ram.-gł.	1 (1,92)

– 76,92% i 12 kobiet – 23,11%) z rozpoznaniem tętniaka aorty wstępującej i/lub łuku aorty, których włączono do badanej grupy. Rozpoznanie ustalono na podstawie echokardiografii przezklatkowej, w wybranych przypadkach uzupełnionej echokardiografią przezprzełykową (przed- lub śródoperacyjną) oraz tomografią komputerową. Średnia wartość średnicy aorty wstępującej w badanym materiale wyniosła 53,1±8,66 mm. Pozostały opis grupy badanej zawarty jest w tabeli I.

Stosowano klasyczny dostęp chirurgiczny przez sternotomię pośrodkową z typową kaniulacją do CPB: linia tętnicza do aorty wstępującej, linia żylna wspólna do przedsionka prawego lub w zależności od procedury dodatkowej kaniulacja obu żył głównych. Wszystkie operacje wykonano w umiarkowanej hipotermii: 28,9±4,14°C, z wyjątkiem 4, u których zastosowano głęboką hipotermię z zatrzymaniem krążenia. Zdecydowana większość pacjentów otrzymała leczenie antyfibrynolityczne (aprotynina/kwas traneksamowy) (n=48; 87,28%).

Operacja wymiany aorty wstępującej była procedurą izolowaną u 5 pacjentów, a złożoną u 47 pacjentów (tab. II). Najczęściej dodatkową było: AVR (n=20), CABG



Ryc. 1. Techniki operacyjne

Tab. III. Zużycie krwi i preparatów krwio pochodnych

Średni drenaż pooperacyjny	847,6±410,73 (ml)
Średnie zużycie KKCz	2,9±1,40 j.
Średnie zużycie osocza	2,4±0,77 j.
Średnie zużycie KKP	0 j.

(n=10) oraz MVpl (n=9). Zastosowano cztery główne techniki wymiany aorty wstępującej, co zilustrowano na rycinie 1.

Wyniki

Uzyskano następujące wyniki: średni czas zaklepowania – 87,0±30,03 min i krążenia pozaustrojowego – 120,6±32,20 min. Natomiast średni czas zatrzymania krążenia w głębokiej hipotermii to 15,0±3,74 min. Śmiertelność wewnątrzszpitalna w badanej grupie wyniosła 0.

Nie odnotowano również istotnie zwiększonych drenaży pooperacyjnych z wyjątkiem 1 przypadku (1,92%), który wymagał resternotomii. Przeżyło się to na niewielkie zużycie krwi i preparatów krwio pochodnych, co ilustruje tabela III.

Średni czas pobytu na oddziale intensywnej terapii wyniósł 2,8±2,40 dni. W jego trakcie wystąpiły następujące powikłania: napadowe migotanie przedsionków, zapalenie płuc, ostra przejściowa niewydolność nerek (wymagająca zastosowania ciągłej żylna-żylna hemodiafiltracji, która doprowadziła do powrotu wartości kreatyniny i diurezy do normy), zespół małego rzutu (co wymagało w 1 przypadku zastosowania kontrapulsacji wewnątrzaoortalnej). U 1 pacjenta po operacji wykonanej sposobem Jacouba w bezpośrednim okresie pooperacyjnym wystąpiło kilkakrotne migotanie komór leczone defibrylacją. Częstość występowania powyższych powikłań podano w tabeli IV.

Średni czas pobytu pooperacyjnego na oddziale łóżkowym wyniósł 7,9±3,12 doby. Wszyscy pacjenci przed wypisem z oddziału mieli wykonane przezklatkowe badanie echokar-

Tab. IV. Rodzaj i częstość powikłań obserwowanych na oddziale intensywnej terapii

Napadowe migotanie przedsionków	n=14 (26,92%)
Zespół małego rzutu	n=2 (3,85%)
Zapalenie płuc	n=2 (3,85%)
Psychoza pooperacyjna	n=2 (3,85%)
Ostra przejściowa niewydolność nerek	n=1 (1,92%)
Migotanie komór	n=1 (1,92%)

diograficzne, które wykazało u 2 chorych śladowe fale zwrotne przez zastawkę aortalną: u 1 pacjenta po operacji metodą Davida i u 1 pacjenta po operacji metodą Jacouba.

W trakcie pobytu pacjentów na oddziale łóżkowym najczęstszymi powikłaniami były: napadowe migotanie przedsionków, płyn w jamie opłucnej, zapalenie dróg moczowych, przejściowy wzrost poziomu kreatyniny powyżej 1,7 mg/dl, zakażenie tkanki podskórnej w ranie po sternotomii, zespół tachy-brady, psychoza pooperacyjna, zapalenie krtani. Częstość ich występowania przedstawiono w tabeli V.

Dyskusja

Lepsze zrozumienie historii naturalnej tętniaków aorty piersiowej poprawia naszą zdolność do określenia, w których przypadkach leczenie chirurgiczne jest usprawiedliwione [5]. Z pracy Koulliasa i wsp. wynika, że podatność aorty wstępującej o prawidłowej średnicy i bardzo małych tętniaków (<4 cm) tegoż odcinka aorty jest podobna. Natomiast wraz ze wzrostem średnicy tętniaka aorty wstępującej podatność stopniowo spada. Natomiast po przekroczeniu średnicy 6 cm aorta staje się prawie całkowicie nieelastyczna i niepodatna [6].

Z kolei dane z tej samej pracy w odniesieniu do napięcia ściany aorty wskazują, że rośnie ono wraz ze wzrostem średnicy tętniaka i przy średnicy 5 cm jest ono znacząco wyższe niż w przypadku aorty o prawidłowych wymiarach lub z bardzo małym tętniakiem (<4 cm). Dla przykładu, napięcie ściany aorty o prawidłowych wymiarach wynosi $92,51 \pm 6,35$ kPa vs $376 \pm 146,6$ kPa, przy średnicy tętniaka >6cm i ciśnieniu krwi 100 mmHg [6]. Wzrost napięcia ściany bezpośrednio przekłada się na wzrost ryzyka jej pęknięcia lub rozwarstwienia.

Obecnie coraz częściej w celu oceny ryzyka wystąpienia ostrego zespołu aortalnego zamiast bezwzględnej wartości średnicy tętniaka używa się względnej wielkości aorty wyrażonej za pomocą tzw. wskaźnika wielkości aorty – ASI (ang. *aortic size index*; $ASI = \text{średnica aorty [cm]} / BSA [m^2]$) [7]. Postępując tym wskaźnikiem, można podzielić pacjentów na 3 grupy ryzyka:

- ASI <2,75 cm/m² – małe ryzyko (4%/rok),
- ASI 2,75–4,24 cm/m² – średnie ryzyko (8%/rok),
- ASI >4,25cm/m² – duże ryzyko (ok. 20%/rok) [7].

Michel i wsp. donoszą, że 25% pacjentów, u których wcześniej wykonano tylko operacje z powodu niedomykalności za-

Tab. V. Rodzaj i częstość powikłań obserwowanych u pacjentów przebywających na oddziale łóżkowym

Napadowe migotanie przedsionków	n=11 (20%)
Płyn w jamie opłucnej	n=5 (9,61%)
Zapalenie dróg moczowych	n=3 (5,77%)
Zakażenie rany pooperacyjnej	n=1 (1,92%)
Zespół tachy-brady	n=1 (1,92%)
Psychoza pooperacyjna	n=1 (1,92%)
Zapalenie krtani	n=1 (1,92%)
Zapalenie pęcherzyka żółciowego	n= 1 (1,92%)

stawki aortalnej, pozostawiając aortę wstępującą o średnicy 4 cm, wymagało w późniejszym czasie wymiany aorty wstępującej [8].

Z kolei Prenger i wsp. wykazali, że aż u 27% pacjentów wystąpiło rozwarstwienie aorty wstępującej, jeżeli przeszli operację wymiany zastawki aortalnej, a pozostawiono im aortę wstępującą o średnicy 5 cm [9].

Tak więc zalecenie operowania przy średnicy aorty wstępującej wynoszącej 6 cm było odpowiednie w czasach, gdy śmiertelność operacji wykonywanych w trybie planowym z powodu tętniaka była stosunkowo duża. Obecnie, w świetle znacznie zredukowanej śmiertelności w przypadku operacji elektrycznych, rekomendacje te wydają się wyjątkowo konserwatywne [10]. Uzyskane przez nas wyniki uzasadniają wykonywanie wymiany aorty wstępującej i/lub łuku podczas planowych operacji skojarzonych w celu zmniejszenia ryzyka późniejszego pęknięcia lub rozwarstwienia aorty bądź uniknięcia ponownej operacji z powodu występowania tętniaka aorty o dużej średnicy.

Ważnym czynnikiem przy podejmowaniu decyzji o wymianie aorty wstępującej jest szybkość poszerzania się aorty wstępującej. Średnia wartość przyrostu średnicy tętniaka aorty wynosi 0,10 do 0,42 cm/rok [11–13]. Przyrost większy niż 1 cm/rok jest akceptowanym wskazaniem do leczenia chirurgicznego [5]. Częściej jednak szybkość poszerzania aorty jest informacją wspomagającą podjęcie decyzji co do czasu interwencji chirurgicznej.

W badanej przez nas grupie nie występowali pacjenci z zespołem Marfana. Obecnie za wskazanie do wymiany aorty wstępującej w tych przypadkach uważa się średnicę aorty powyżej 4,5 cm. Wcześniejsze doniesienia sugerowały bardziej konserwatywne wskazania: Gott i wsp. [14, 15] 5,0–6,0 cm, a Coady i wsp. 5,0 cm [16].

W przypadku występowania dwupłatkowej zastawki aortalnej Ergin i wsp. zalecają wykonanie wymiany aorty wstępującej przy wskaźniku (zmierzona/oczekiwana średnica aorty) 1,4 [10]. Rozwarstwienie aorty u pacjentów z zastawką aortalną dwupłatkową jest 10 razy częstsze niż w typowej populacji [17]. Potwierdzać to może teorię występowania genetycznie uwarunkowanego defektu w bu-

downie ściany aorty u tych pacjentów. Wyniki wykonanych przez nas planowych operacji wymiany aorty wstępującej i/lub łuku aorty uzasadniają ich wykonywanie przy niskich wartościach średnicy aorty (4,5 cm), szczególnie jeżeli jest to procedura skojarzona. Obecne i przyszłe osiągnięcia technologiczne oraz już zdobyte doświadczenie w wewnątrznaczyniowym leczeniu tętniaków aorty zstępującej pozwalają z optymizmem patrzeć w przyszłość, jeśli chodzi o leczenie tętniaków aorty w jej początkowym odcinku i łuku. Można się było o tym przekonać w trakcie kongresu EACTS w Genewie w 2007 r. podczas sesji poświęconej technikom leczenia wewnątrznaczyniowego.

Cytując słowa Dottera (pierwsza interwencja wewnątrznaczyniowa – 1964 r.): *cewnik angiograficzny może być czymś więcej niż tylko narzędziem diagnostyki obrazowej; użyty z wyobraźnią może być istotnym instrumentem chirurgicznym* [4]. Zaprezentowane dane są wynikami wczesnymi i dotyczą okresu wewnątrzszpitalnego. Niezbędna jest więc jeszcze analiza wyników odległych.

Obecnie przyjętymi przez nas wskazaniami do wymiany aorty wstępującej są:

- 1) pęknięcie aorty;
- 2) ostre rozwarstwienie aorty wstępującej i krwiak śródścienny;
- 3) tętniak objawowy:
 - a) ból: współistniejący z pękaniem lub niewytlumaczalny innymi obiektywnymi przyczynami;
 - b) ucisk na sąsiednie struktury (zwłaszcza na tchawicę, przetyk i lewe oskrzele główne);
 - c) ciężka lub umiarkowana niedomykalność zastawki aortalnej;
- 4) tętniak bezobjawowy:
 - a) aorty wstępującej:
 - bez zespołu Marfana – 3 cm/m²;
 - z zespołem Marfana – 2,5 cm/m²;
 - b) aorty zstępującej:
 - bez zespołu Marfana – 3,25 cm/m²;
 - z zespołem Marfana – 2,75 cm/m²;
- 5) udokumentowane powiększanie się tętniaka: 1 cm/rok lub szybkie zbliżanie się do kryteriów wymienionych w pkt 3.

Wnioski

W grupie analizowanych przez nas pacjentów nie wystąpił żaden przypadek śmiertelny i obserwowaliśmy niską

chorobowość. Wyniki te uzasadniają wymianę aorty wstępującej przekraczającej 45 mm u pacjentów poddawanych innym procedurom kardiochirurgicznym.

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

Piśmiennictwo

1. Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 1968; 23: 338-339.
2. Achneck HE, Rizzo JA, Tranquilli M, Elefteriades JA. Safety of thoracic aortic surgery in the present era. *Ann Thorac Surg* 2007; 84: 1180-1185.
3. Ascending Aortic Aneurysm. W: Cohn L, Edmunds L. *Cardiac Surgery in Adults*. McGraw Hill 2003.
4. Westaby S, Bertoni GB. Fifty years of thoracic aortic surgery: lessons learned and future directions. *Ann Thorac Surg* 2007; 83: S832-S834.
5. Dapunt OE, Galla JD, Sadeghi AM, Lansman SL, Mezrow CK, De Asla RA, Quintana C, Wallenstein S, Ergin AM, Griep RB. The natural history of thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 1323-1333.
6. Koullias G, Modak R, Tranquilli M, Korkolis DP, Barash P, Elefteriades JA. Mechanical deterioration underlies malignant behavior of aneurysmal human ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 130: 677-683.
7. Davies RR, Gallo A, Coady MA, Tellides G, Botta DM, Burke B, Coe MP, Kopf GS, Elefteriades JA. Novel measurement of relative aortic size predicts rupture of thoracic aortic aneurysm. *Ann Thorac Surg* 2006; 81: 169-177.
8. Michel PL, Acar J, Chomette G, lung B. Degenerative aortic regurgitation. *Eur Heart J* 1991; 12: 875-882.
9. Prenger K, Pieters F, Cheriex E. Aortic dissection after aortic valve replacement: incidence and consequences for strategy. *J Card Surg* 1994; 9: 495-498.
10. Ergin MA, Spielvogel D, Apaydin A, Lansman SL, McCullough JN, Galla JD, Griep RB. Surgical treatment of the dilated ascending aorta: when and how? *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1834-1839.
11. Davies RR, Goldstein LJ, Coady MA, Tittle SL, Rizzo JA, Kopf GS, Elefteriades JA. Yearly rupture or dissection rates for thoracic aortic aneurysms: simple prediction based on size. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 17-27.
12. Hirose Y, Hamada S, Takamiya M. Predicting the growth of aortic aneurysms: a comparison of linear vs. exponential models. *Angiology* 1995; 46: 413-419.
13. Masuda Y, Takanashi K, Takasu J, Morooka N, Inagaki Y. Expansion rate of thoracic aortic aneurysms and influencing factors. *Chest* 1992; 102: 461-466.
14. Gott VL, Greene PS, Alejo DE, Cameron DE, Naftel DC, Miller DC, Gillinov AM, Laschinger JC, Pyeritz RE. Replacement of the aortic root in patients with Marfan's syndrome. *N Engl J Med* 1999; 340: 1307-1313.
15. Baumgartner WA, Cameron DE, Redmond JM, Greene PS, Gott VL. Operative management of Marfan syndrome. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1859-1860.
16. Coady MA, Rizzo JA, Hammond GL, Kopf GS, Elefteriades JA. Surgical intervention criteria for thoracic aortic aneurysms: a study of growth rates and complications. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1922-1926.
17. Larson EW, Edwards WD. Risk factors for aortic dissection: a necropsy study of 161 cases. *Am J Cardiol* 1984; 53: 849-855.
18. Coady MA, Rizzo JA, Hammond GL, Mandapati D, Darr U, Kopf GS, Elefteriades JA. What is appropriate size criterion for resection of thoracic aortic aneurysms? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 113: 476-491.