

Późne powikłania koarktacji aorty

Shi-Min Yuan i Ehud Raanani

Department of Cardiac and Thoracic Surgery, The Chaim Sheba Medical Center, Tel Hashomer, Izrael

Przedrukowano za zgodą z: *Cardiology Journal* 2008; 15, 6: 517–524

Streszczenie

Wstęp: Mechanizm powstawania późnych powikłań po operacji koarktacji aorty jest nadal niejasny, zapobieganie im oraz ich leczenie nie tylko stanowi problem dla pacjentów, ale także dla lekarzy.

Metody: W latach 2004–2008 13 pacjentów (1 nastolatek i 12 dorosłych) zarówno po operacji koarktacji aorty, jak i niepoddanych zabiegowi naprawczemu koarktacji aorty było operowanych w klinice autorów z powodu wady zastawki lub tętniaka aorty.

Wyniki: Wśród późnych powikłań wystąpiły: niedomykalność zastawki dwudzielnej i trójdzielnej z zastoinową niewydolnością serca — u 1 pacjenta; wada zastawki aortalnej — u 4; tętniak aorty wstępującej — u 3; tętniak workowaty łuku aorty — u 1; tętniak rzekomy aorty wstępującej — u 1; tętniak rzekomy cieśni aorty — u 1; tętniak rzekomy aorty zstępującej (zespół Ortnera) — u 1 pacjenta. Rekoarktacja wystąpiła u 3 osób (25%), w okresie 23, 29 i 36 lat po operacji koarktacji aorty. U 1 chorego doszło do utrwalonego nadciśnienia tętniczego.

Wnioski: Zarówno u nastoletnich, jak i dorosłych pacjentów po operacji koarktacji aorty mogą wystąpić późne powikłania, takie jak wada zastawki, tętniak aorty lub tętniak rzekomy, zwłaszcza wśród chorych z dwupłatkową zastawką aortalną lub z mnogimi wadami wrodzonymi serca. U osób, które nie zostały poddane operacji koarktacji aorty i osiągnęły dorosły wiek bez komplikacji związanych z chorobą podstawową, nie wykazano dodatkowych anomalii. Wskazana jest regularna obserwacja pacjentów z koarktacją aorty, aby w razie potrzeby wdrożyć odpowiednie leczenie. (*Folia Cardiologica Excerpta* 2009; 4, 6: 345–352)

Słowa kluczowe: koarktacja aorty, powikłania, mechanizm

Artykuł redakcyjny — str. 301

Wstęp

Obserwacje kliniczne ujawniły charakterystyczny wzrost częstości późnych powikłań po ope-

racji koarktacji aorty przy współistnieniu dwupłatkowej zastawki aortalnej [1]. Dotychczas nie poznano dostatecznie etiologii tych powikłań [2]. Późne powikłania w zakresie układu sercowo-naczyniowego, takie jak wada zastawek, tętniak aorty lub tętniak rzekomy oraz nadciśnienie tętnicze, zawsze stanowią niebezpieczeństwo dla tych pacjentów —

Adres do korespondencji: Shi-Min Yuan, MD, Department of Cardiac and Thoracic Surgery, The Chaim Sheba Medical Center, Tel Hashomer 52621, Israel, tel. 972 3 5302710; faks 972 3 5302410; e-mail: shi_min_yuan@yahoo.com

Tłumaczenie: lek. Monika Uszyńska

zarówno nastolatków, jak i dorosłych — oraz są wyzwaniami dla lekarzy w zakresie skutecznego zapobiegania i leczenia. W niniejszej pracy przedstawiono 13 pacjentów i omówiono mechanizm występujących u nich późnych powikłań.

Metody

Od stycznia 2004 roku do lipca 2008 roku 13 pacjentów (1 nastolatek i 12 dorosłych) zarówno poddanych, jak i niepoddanych zabiegowi naprawczemu koarktacji aorty, operowano na oddziale autorów niniejszej pracy z powodu wady zastawki lub tętniaka aorty. Wśród nich było 8 osób płci męskiej i 5 osób płci żeńskiej. Wszyscy z nich, poza 1 pacjentem, przeszli operację koarktacji aorty we wczesnym okresie życia. Ich wiek wynosił $8,06 \pm 9,57$ roku (zakres: 7 dni – 30 lat) w okresie operacji koarktacji aorty oraz $33,25 \pm 10,70$ (17–48) roku podczas obecnej operacji, z odstępem czasu między tymi dwiema operacjami $25,15 \pm 9,05$ (1,75–47) roku. Ich cechy kliniczne przedstawiono w tabeli 1.

Badanie zatwierdziła lokalna komisja bioetyczna; wszyscy pacjenci wyrazili zgodę na udział.

Wyniki

Dwupłatkowa zastawka aortalna występowała u 10 (76,9%) spośród 13 pacjentów (u 1 współwystępowało wrodzone zwężenie zastawki aorty), zespół Turnera u 1 (7,7%) chorego (nie znaleziono u niego aortalnej zastawki natywnej), a mnogie wrodzone wady serca (zwężenie ujścia tętnicy płucnej, ubytek przegrody komorowej i przedsionkowej oraz serce trójprzedsionkowe) — u 1 osoby (7,7%). U 7 spośród 9 chorych (77,8%) z dwupłatkową zastawką aortalną wykazano wadę zastawki aorty (zwężenie zastawki aorty u 2, niedomykalność zastawki aorty u 3 oraz współistnienie zwężenia i niedomykalności zastawki aorty u 2 pacjentów), u 1 z nich występowała ciężka niedomykalność zastawki aorty z powodu infekcyjnego zapalenia wsierdzia w przeszłości. Po operacji u chorych z izolowanym zwężeniem zastawki aorty lub ze złożoną wadą zastawki aortalnej doszło do obniżenia wartości gradientu ciśnienia oraz prędkości przepływu przez zastawkę aortalną (ryc. 1). U pacjenta, u którego nie zoperowano wcześniej koarktacji, nie stwierdzono obecności dodatkowych wad wrodzonych.

Późne powikłania obserwowano w postaci: niedomykalności zastawki mitralnej i trójdzielnej z zastoinową niewydolnością serca (1 pacjent); wada zastawki aortalnej (4 chorych); tętniak workowaty łuku aorty (1 pacjent); tętniak rzekomy

aorty wstępującej (1 chory); tętniak rzekomy cieśni aorty (1 pacjent); tętniak rzekomy aorty zstępującej (objaw Ortnera) (1 chory). Nawrót koarktacji aorty wystąpił u 3 (25%) pacjentów, w okresie 23, 29 i 36 lat po naprawczej operacji koarktacji aorty. Ciężkie nadciśnienie płucne wystąpiło u 1 pacjenta, a łagodne nadciśnienie płucne również u 1 chorego. U 1 osoby, pomimo operacji naprawczej koarktacji aorty, obserwowano utrwalone nadciśnienie tętnicze. U wszystkich pacjentów występowały prawidłowe wartości ciśnienia tętniczego (ryc. 2), 7 otrzymywało stale leki przeciwnadciśnieniowe.

W badaniu rentgenowskim klatki piersiowej w projekcji tylnoprzodniej u 13 pacjentów nie obserwowano „uzur” na krawędziach żeber, włącznie z chorym nr 9, u którego nie przeprowadzono naprawczej operacji koarktacji aorty. Dodatkowy przedsiónek u chorej z sercem trójprzedsionkowym (pacjentka nr 1) został uwidoczniiony w osiowej tomografii komputerowej (ryc. 3). U pacjentów nr 5, 7 i 12 rekoarktację przedstawiono w osiowej tomografii komputerowej oraz w rekonstrukcji 3D (ryc. 4). Tętniaka rzekomego u pacjentów nr 10, 11 i 12 wykazano w badaniu rentgenowskim klatki piersiowej oraz w badaniu tomografii komputerowej (ryc. 5). Tętniak typu workowatego łuku aorty u chorego nr 9 uwidoczniiono w rekonstrukcji 3D w badaniu angiografii rezonansu magnetycznego z użyciem gadolinu (ryc. 6).

Operację przeżyło 12 pacjentów (92,3%). U chorej nr 1 z sercem trójprzedsionkowym, z towarzyszącym nadciśnieniem płucnym, po zabiegu doszło do zaostrzenia niewydolności serca. Mimo włączenia leków inotropowych oraz membranowego natleniania pozaustrojowego (EMCO, *extracorporeal membrane oxygenation*) stan chorej się nie poprawił. Pacjentka zmarła 11 dni po operacji.

Dyskusja

Mimo skutecznej operacji koarktacji aorty wydolność fizyczna dorosłych się zmniejszyła. Mogło dochodzić u nich również do powstania nadciśnienia tętniczego oraz choroby wieńcowej [3]. Inne powikłania, takie jak poszerzenie aorty, występowały u 7–26,1% pacjentów [4, 5]. Mechanizm powstania tętniaka aorty, rozwarstwienia lub pęknięcia po operacji koarktacji aorty nadal pozostaje niejasny [2]. Do ich powstania mogą się przyczyniać obecność dwupłatkowej zastawki aortalnej, poszerzenie aorty i nadciśnienie tętnicze [2, 6, 7]. Dwupłatkową zastawkę aortalną stwierdzono u 63–85% pacjentów z koarktacją aorty [5, 8]. Natomiast w niniejszym badaniu u 76,9% chorych występowała dwupłatkowa

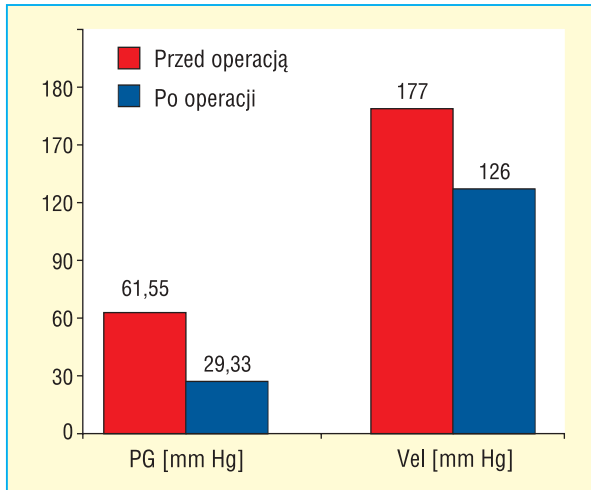
Tabela 1. Cechy kliniczne

Lp.	Płeć	Wiek	Wiek w okresie operacji koarktacji aorty	Odstęp czasu między operacją koarktacji aorty a obecnym zabiegiem (lata)	Towarzyszące wady wrodzone	Objawy	Choroby nabyte	Inne operacje poza operacją koarktacji aorty	Wskazania do obecnej operacji	Zabieg	Wynik			
1	K	25	7 dni	25		Zwężenie ujścia tętnicy płucnej, ubytek przegrody przedsionkowej, ubytek przegrody komorowej, nieobturacyjne serce trójprzedsionkowe	Zastoinowa niewydolność serca	MR	„Banding” i „debanding” tętnicy płucnej, zamknięcie ubytku przegrody przedsionkowej, zamknięcie ubytku przegrody komorowej	MR, niedomykalność zastawki trójdzielnej	Wymiana zastawki mitralnej, annuloplastyka zastawki trójdzielnej metodą De Vega	Narastająca niewydolność serca mimo włączenia leków inotropowych, ECMO, zgon 11 dni po operacji		
2	K	31	29 lat	1,75	BAV					AR	Wymiana zastawki aortalnej	Chora przeżyła		
3	M	17	3 dni	17	BAV, AR	Omdlenia		Przerost lewej komory, migotanie komór ze skuteczną resuscytacją	Balonowa plastyka zastawki aortalnej	AR + AS	Procedura Rossa	Chory przeżył		
4	M	28	6 lat	22	BAV					Tętniak aorty wstępującej	Wymiana zastawki aortalnej + wymiana aorty wstępującej + zszycie połączenia opuszkowo-aortalnego	Chory przeżył		
5	K	23	8 dni	23	BAV			Łagodna rekoarktacja, ciężka AS, umiarkowana AR	Operacja rekoarktacji aorty, balonowa plastyka zastawki aorty	AR + AS	Wymiana zastawki aortalnej + operacja poszerzenia pierścienia zastawki mitralnej metodą Manugian + pień aorty z osierdziową łatą bydłęcą	Chora przeżyła		
6	M	34	8 miesięcy	33	BAV					AS	Plastyka zastawki aortalnej	AS	Wymiana zastawki aortalnej	Chory przeżył

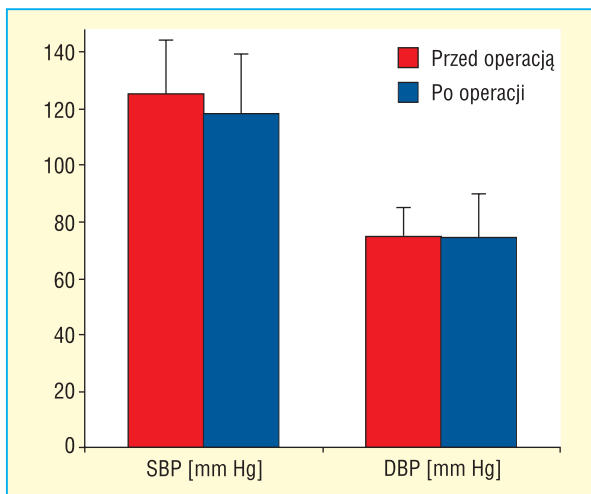
Tabela 1. cd. Cechy kliniczne

Lp.	Płeć	Wiek	Wiek w okresie operacji koarktacji aorty	Odstęp czasu między operacją koarktacji aorty a obecnym zabiegiem (lata)	Towarzyszące wady wrodzone	Objawy	Choroby nabyte	Inne operacje poza operacją koarktacji aorty	Wskazania do obecnej operacji	Zabieg	Wynik
7	M	49	20 lat	29	BAV	Gorączka i kaszel	AS, tętniak aorty wstępującej, rekoarktacja		AS, tętniak aorty wstępującej	Wymiana zastawki aortalnej + wymiana aorty wstępującej	Chory przeżył
8	K	41	9 lat	32	Zespół Turnera		Niedoczynność tarczycy, napadowe migotanie przedsionków, przeciek około-zastawkowy sztucznej zastawki	Wymiana zastawki aortalnej	Tętniak aorty wstępującej, przeciek około-zastawkowy sztucznej zastawki	Wymiana pnia aorty i aorty wstępującej z 30 mm grafem Valsalva Dacron i plastyka pierścienia zastawki trójdzielnej	Chory przeżył, częstoskurcz z szerokimi zespołami w okresie pooperacyjnym
9	M	28					Tętniak łuku aorty — typ workowaty		Tętniak łuku aorty — typ workowaty	Wymiana łuku aorty	Chory przeżył
10	M	33	3 lata	30	BAV	Chrypka	Tętniak rzekomy aorty zstępującej	Plastyka zastawki aortalnej	Tętniak rzekomy aorty zstępującej (zespół Ortnera)	Wycięcie tętniaka rzekomego aorty zstępującej	Chory przeżył
11	M	32	7 lat	25	BAV	Duszność	Ciężka AR, zapalenie śródpiersia, całkowity blok przed-sionkowo-komorowy	Wymiana aorty wstępującej, wymiana aortalnej zastawki natywnej, wymiana zainfekowanego grafu aortalnego na homograft, implantacja stimulatora serca	Tętniak rzekomy aorty wstępującej	Operacja Bentalla	Chory przeżył
12	K	55	19 lat	36	BAV	Zmęczenie, duszność	Tętniak rzekomy cieśni aorty	Zabieg stentowania rekoarktacji	Tętniak rzekomy cieśni aorty	Wymiana zastawki aortalnej + wymiana aorty wstępującej	Chora przeżyła
13	M	31	3 lata	28	BAV		Tętniak aorty wstępującej, łagodna AR		Tętniak aorty wstępującej, łagodna AR	Wymiana aorty wstępującej + ponowne podwieszenie zastawki aortalnej	Chory przeżył

K — kobieta, M — mężczyzna, AR (*aortic regurgitation*) — niedomykalność zastawki aortalnej, AS (*aortic stenosis*) — zwężenie zastawki aortalnej, BAV (*bicuspid aortic valve*) — dwupłatkowa zastawka aortalna, ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*) — membranowe natlenianie pozaustrojowe, MR (*mitral regurgitation*) — niedomykalność zastawki mitralnej



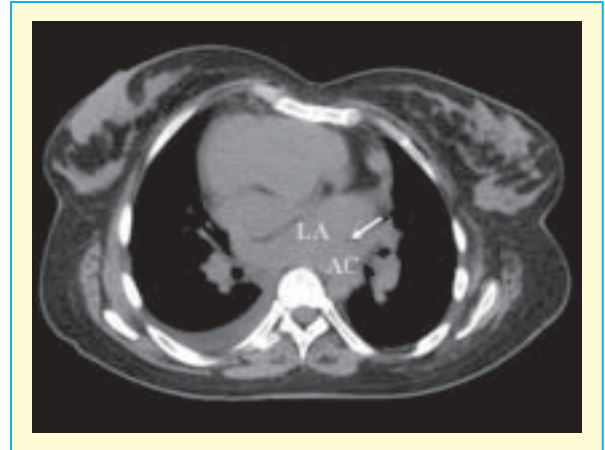
Rycina 1. Znaczne zmniejszenie pooperacyjnej wartości gradientu ciśnienia (PG, *pressure gradient*) oraz prędkości przepływu (Vel, *velocity*) przez zastawkę aortalną u chorych z izolowaną lub złożoną wadą zastawki aortalnej



Rycina 2. Skurczowe (SBP, *systolic blood pressure*) i rozkurczowe (DBP, *diastolic blood pressure*) ciśnienie tętnicze u pacjentów z koarktacją aorty przy przyjęciu i przy wypisie ze szpitala

zastawka aortalna. Autorzy przypuszczają, że pacjent, u którego wymieniono zastawkę aortalną także miał dwupłatkową zastawkę aortalną. W badaniu Ciotti i wsp. [1] u pacjentów z dwupłatkową zastawką aortalną i koarktacją aorty w mniejszym stopniu występowała wada zastawki, jednak u 77,8% pacjentów z dwupłatkową zastawką aortalną doszło do jej uszkodzenia.

Współistnienie innych zaburzeń może się przyczyniać do powstawania późnych powikłań po ope-

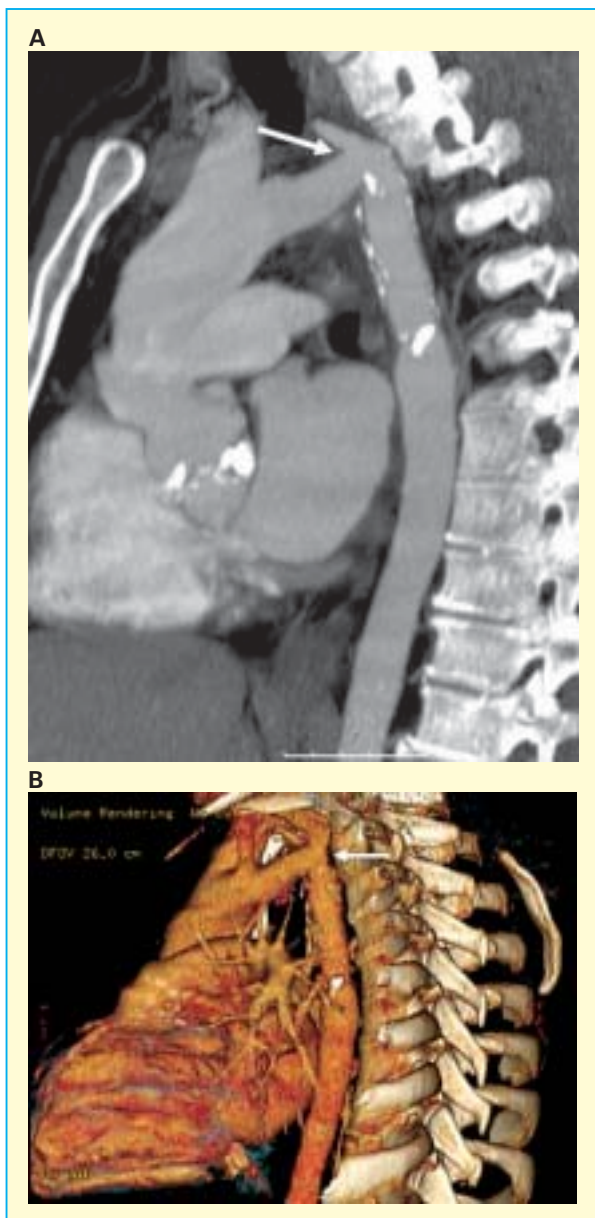


Rycina 3. Uwidoczniony w badaniu tomografii komputerowej dodatkowy przedsionek u chorego z sercem trójprzedsionkowym. Poszerzone ujście (strzałka) jest widoczne między lewym przedsionkiem (LA, *left atrium*) a dodatkową jamą (AC, *accessory chamber*)

racji koarktacji aorty. Ciotti i wsp. [1] donoszą, że określone zespoły, włącznie z zespołem Turnera, wiążą się z występowaniem dwupłatkowej zastawki aortalnej u 4,2% pacjentów. Mazzanti i Cacciari [9] wykazali, że częstość koarktacji aorty wynosiła 6,9% u 594 osób z zespołem Turnera.

Częstość późnych powikłań koarktacji aorty związanych z zaburzeniami w układzie sercowo-naczyniowym jest różnorodna [2]. Późne powikłania ze strony aorty były rzadkie: tętniak aorty lub rozwarstwienie — 1%, rezydualna koarktacja lub jej nawrót — 6–10% wśród operowanych pacjentów [2]. Częstość rekoarktacji wynosiła 9,5%, 15%, 16,3% i 41% w 30-osobowej grupie pacjentów, mimo że częstość operacji z powodu koarktacji była niska (5,8%) [4, 5, 10, 11].

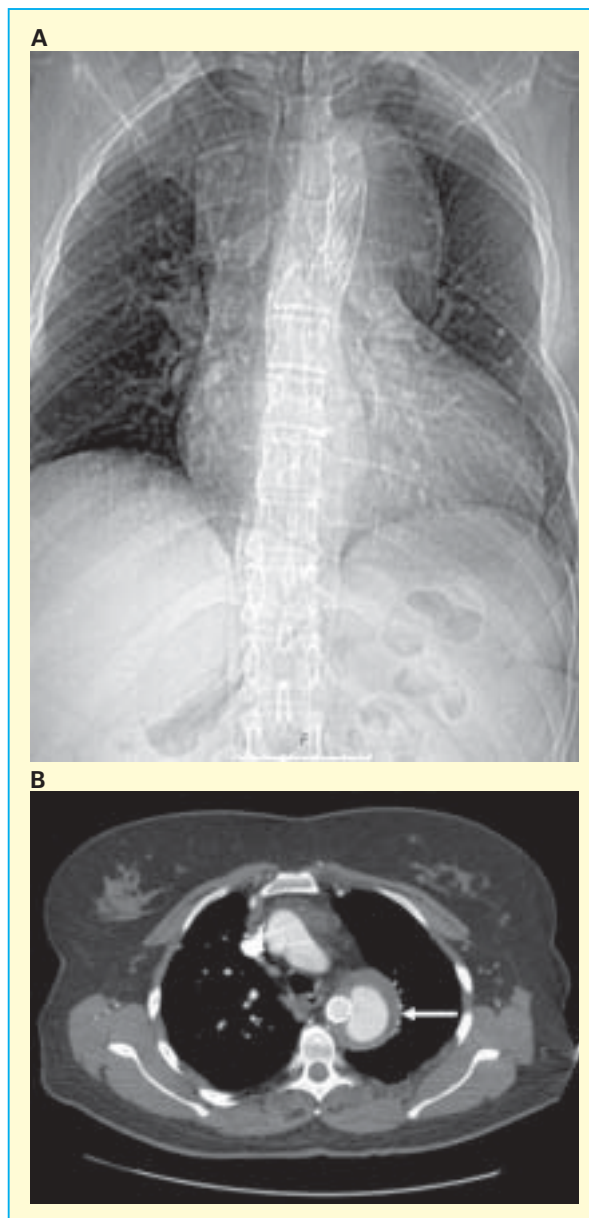
Mechanizmy odpowiedzialne za rozwój tętniaka rzekomego aorty obejmują: infekcje, złą technikę tworzenia anastomoz, faktyczną chorobę aorty [12]. Analiza wielu zmiennych pokazuje, że dwupłatkowa zastawka aorty, użycie łąty i zaawansowany wiek w okresie operacji koarktacji aorty są niezależnymi czynnikami powstania tętniaka rzekomego [6]. Santini i wsp. [12] stwierdzili torbielowate zmiany w obrębie włókien elastycznych warstwy środkowej w wycinku aorty od pacjenta z tętniakiem rzekomym aorty wstępującym po wymianie dwupłatkowej zastawki aorty. Carr i wsp. [13] łączą powstawanie tętniaka rzekomego po operacjach koarktacji aorty z powszechnym używaniem jedwabnych nici chirurgicznych w przeszłości, podczas gdy obecnie stosowane nici monofilamentowe



Rycina 4. Badanie metodą tomografii komputerowej w przekroju strzałkowym (A) i w rekonstrukcji 3D (B) ilustruje rekoarktację (strzałka)

i polipropylenowe powodują spadek częstości występowania tętniaków rzekomych.

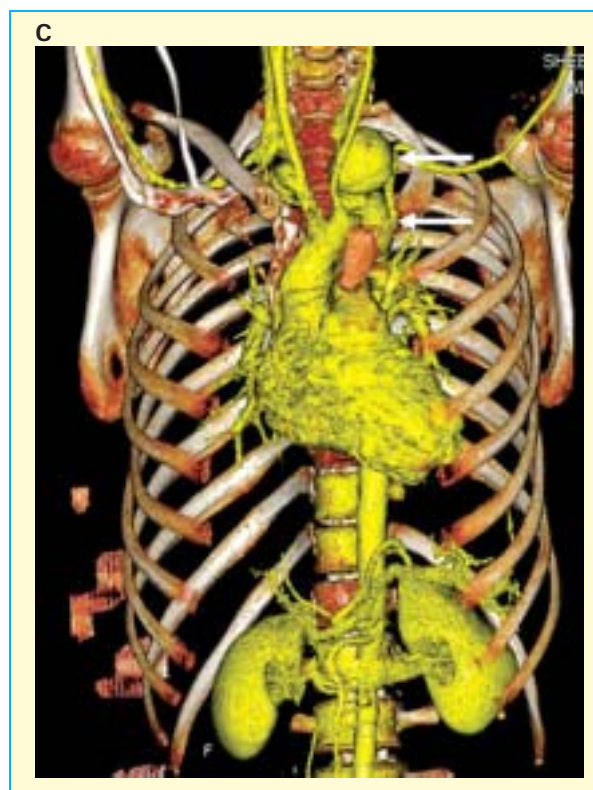
Wada zastawki mitralnej rzadko towarzyszy koarktacji aorty. Toro-Salazar i wsp. [5] oraz Ciotti i wsp. [1] wykazali odpowiednio częstość występowania 2,2% i 12,9% dla wady zastawki mitralnej u chorych z koarktacją aorty. Oba te schorzenia były typowymi wadami wrodzonymi. Dla porównania, wada zastawki mitralnej u chorej nr 1 w badaniu omawianym przez autorów niniejszej pracy była z większym prawdopodobieństwem rezultatem mnogich wad



Rycina 5. Badanie rentgenowskie klatki piersiowej (A) i badanie osiowej tomografii komputerowej (B) przedstawiające tętniaka rzekomego cieśni aorty

wrodzonych serca i ciężkiego nadciśnienia płucnego, niż wywołana bezpośrednio przez koarktację aorty.

Niektórzy autorzy [4, 5, 10] informują, że u 34,8–46% pacjentów z koarktacją aorty po chirurgicznym leczeniu rozwinęło się nadciśnienie tętnicze, mimo że kilku z nich przyjmowało leki hipotensyjne. Utrzymujące się nadciśnienie tętnicze u kilku osób mogło być spowodowane rezydualną koarktacją, jednak u pozostałych chorych nie znaleziono anatomicznej przyczyny, jak opisują Clark i wsp. [2]. Łuk aorty może mieć 3 typy budowy:



Rycina 6. Tętniak łuku aorty, typ workowaty (górna strzałka) i niepoddana operacji naprawczej koarktacja aorty (dolna strzałka) są dobrze widoczne w przekroju strzałkowym w tomografii komputerowej (A) oraz w rekonstrukcji 3D angiografii rezonansu magnetycznego z użyciem gadolinu (B, C)

gotycki, z wypustkami oraz typowy. U pacjentów po operacji koarktacji aorty gotycki typ budowy łuku aorty współlistnieje z utrwalonym nadciśnieniem tętniczym [14].

Kontrolne badania lekarskie w regularnych odstępach czasu są niezbędne, aby rozpoznać powikłania po operacji koarktacji aorty. W tym celu stosuje się wysokoczułe procedury, na przykład echokardiografię, tomografię komputerową, rezonans magnetyczny oraz cewnikowanie serca [15]. Angiografia rezonansu magnetycznego z użyciem gadolinu jest najlepszą metodą zobrazowania aorty piersiowej [16]. Stosując rezonans magnetyczny, można dobrze uwidocznic naczynia oboczne, natomiast do wizualizacji anatomii serca oraz funkcji komór bardziej przydatna jest echokardiografia [17]. W diagnostyce koarktacji i rekoarktacji do zobrazowania miejsca koarktacji wykorzystuje się obrazy w projekcji skośnej i strzałkowej.

Leczenie wewnątrznaczyniowe koarktacji aorty może prowadzić do restenozy w 6–40% przypadków. Dla porównania, po leczeniu operacyjnym występuje 9–18% restenoz [13]. Leczenie wewnątrznaczyniowe jest zalecane w przypadku rekoarktacji, ze względu na pozytywne wyniki w krótkoterminowych obserwacjach. Nie ustalono dotychczas, jak przedstawia się to w obserwacji odległej [18, 19].

Zachorowalność na koarktację aorty jest wysoka. W obserwacji odległej tylko w 31% przypad-

ków nie odnotowuje się zachorowalności w zakresie układu sercowo-naczyniowego [10]. Odsetki przeżycia pacjentów wynosiły: 95%, 89%, 82% i 79% odpowiednio po 10-, 20-, 30- i 40-latach obserwacji [5].

Wnioski

Późne powikłania, włącznie z wadą zastawki, tętniakiem aorty lub tętniakiem rzekomym, mogą się rozwinąć po operacji koarktacji aorty u pacjentów nastoletnich lub dorosłych, zwłaszcza w populacji chorych z dwupłatkową zastawką aortalną lub mnogimi wadami wrodzonymi serca. U pacjentów, którzy nie zostali poddani operacji koarktacji aorty i osiągnęli dorosły wiek bez komplikacji związanych z chorobą podstawową, nie wykazano dodatkowych anomalii. Chorym po operacji koarktacji aorty zaleca się regularną kontrolę, aby w razie potrzeby wdrożyć leczenie.

Oświadczenie

Autorzy artykułu oświadczają, że nie istnieje żaden konflikt interesów dotyczący niniejszej pracy.

Piśmiennictwo

1. Ciotti G.R., Vlahos A.P., Silverman N.H. Morphology and function of the bicuspid aortic valve with and without coarctation of the aorta in the young. *Am. J. Cardiol.* 2006; 98: 1096–1102.
2. Clark R.A., Colley D.P., Siedlecki E. Late complications at repair site of operated coarctation of aorta. *Am. J. Roentgenol.* 1979; 133: 1071–1075.
3. Trojnarowska O., Gwizdała A., Katarzyńska A. i wsp. Cardiopulmonary exercise test in the evaluation of exercise capacity, arterial hypertension, and degree of descending aorta stenosis in adults after repair of coarctation of the aorta. *Cardiol. J.* 2007; 14: 76–82.
4. de Bono J., Freeman L.J. Aortic coarctation repair — lost and found: the role of local long term specialised care. *Int. J. Cardiol.* 2005; 104: 176–183.
5. Toro-Salazar O.H., Steinberger J., Thomas W., Rocchini A.P., Carpenter B., Moller J.H. Long-term follow-up of patients after coarctation of the aorta repair. *Am. J. Cardiol.* 2002; 89: 541–547.
6. von Kodolitsch Y., Aydin M.A., Koschyk D.H. i wsp. Predictors of aneurysmal formation after surgical correction of aortic coarctation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 39: 617–624.
7. Frydrychowicz A., Arnold R., Hirtler D. i wsp. Multidirectional flow analysis by cardiovascular magnetic resonance in aneurysm development following repair of aortic coarctation. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2008; 10: 30.
8. Edwards J.E. The congenital bicuspid aortic valve. *Circulation* 1961; 23: 485–488.
9. Mazzanti L., Cacciari E. Congenital heart disease in patients with Turner's syndrome. Italian Study Group for Turner Syndrome (ISGTS). *J. Pediatr.* 1998; 133: 688–692.
10. Stewart A.B., Ahmed R., Travill C.M., Newman C.G. Coarctation of the aorta life and health 20–44 years after surgical repair. *Br. Heart J.* 1993; 69: 65–70.
11. Kappetein A.P., Zwinderman A.H., Bogers A.J., Rohmer J., Huysmans H.A. More than thirty-five years of coarctation repair. An unexpected high relapse rate. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 107: 87–95.
12. Santini F., Telesca M., Bertolini P. i wsp. Precocious giant pseudoaneurysm of an “innocent” ascending aorta after bicuspid aortic valve replacement redo. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 86: e1.
13. Carr J.A., Amato J.J., Higgins R.S. Long-term results of surgical coarctectomy in the adolescent and young adult with 18-year follow-up. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 79: 1950–1956.
14. Ou P., Bonnet D., Auriacombe L. i wsp. Late systemic hypertension and aortic arch geometry after successful repair of coarctation of the aorta. *Eur. Heart J.* 2004; 25: 1853–1859.
15. De Mey S., Segers P., Coomans I., Verhaaren H., Verdonck P. Limitations of Doppler echocardiography for the post-operative evaluation of aortic coarctation. *J. Biomech.* 2001; 34: 951–960.
16. Didier D., Saint-Martin C., Lapiere C. i wsp. Coarctation of the aorta: pre- and postoperative evaluation with MRI and MR angiography; correlation with echocardiography and surgery. *Int. J. Cardiovasc. Imag.* 2006; 22: 457–475.
17. McCrindle B.W. Coarctation of the aorta. *Curr. Opin. Cardiol.* 1999; 14: 448–452.
18. Kusa J., Szkutnik M., Białkowski J. Percutaneous reconstruction of the continuity of a functionally interrupted aortic arch using a stent. *Cardiol. J.* 2008; 15: 80–84.
19. Vriend J.W., Mulder B.J. Late complications in patients after repair of aortic coarctation: implications for management. *Int. J. Cardiol.* 2005; 101: 399–406.