

Zabiegi hybrydowe w leczeniu schorzeń obejmujących łuk aorty

Hybrid procedures for aortic arch repair

Mateusz Puślecki¹, Piotr Buczkowski¹, Bartłomiej Perek¹, Wojciech Stachowiak¹, Marcin Mistowski¹, Robert Juszkat², Jerzy Kulesza², Bartosz Żabicki², Michał Goran Stanisic³, Ryszard Staniszewski³, Marcin Ligowski¹, Estilita Camacho¹, Jadwiga Tomczyk¹, Marek Jemielity¹

¹Klinika Kardiologii, Katedra Kardio- i Torakochirurgii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

²Zakład Radiologii Instytutu Radiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

³Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyń Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Kardiologia i Torakochirurgia Polska 2011; 4: 438–444

Streszczenie

Wewnątrznacyniowe (endowaskularne) techniki wszczepiania stentgraftów piersiowych (ang. *thoracic endovascular aortic repair* – TEVAR) stały się leczeniem z wyboru schorzeń obejmujących aortę zstępującą – szczególnie u chorych w ciężkim stanie klinicznym i z chorobami współistniejącymi. Patologie obejmujące łuk i gałęzie łuku aorty wymagają zabiegów hybrydowych ze wsparciem chirurgii nacyniowej (*debranching* gałęzi łuku) pozwalających na bezpieczną implantację stentgraftu. W pracy przedstawiono doświadczenia własne zastosowania technik hybrydowych w leczeniu patologii aorty obejmujących jej łuk w trudnych klinicznie przypadkach, z podziałem na strefy umiejscowienia bliższego końca stentgraftu [tzw. strefy lądowania (ang. *landing zone* – LZ)].

Choroby aorty stały się problemem interdyscyplinarnym, wymagającym zaangażowanie wysoko wykwalifikowanej kadry lekarskiej w zakresie chirurgii, radiologii inwazyjnej, anestezjologii i kardiologii oraz zastosowanie specjalistycznego sprzętu niezbędnego do terapii.

Słowa kluczowe: aorta piersiowa, tętniak aorty, rozwarstwienie aorty, leczenie endowaskularne, *debranching*.

Wstęp

W ostatnim czasie w medycynie obserwuje się stały trend wprowadzania i ciągłego rozwoju różnych technik mało inwazyjnych. Proces ten nie ominął również chorych leczonych na oddziałach kardiologii. Przykładem może być wewnątrznacyniowe leczenie tętniaków i rozwarstwień aorty piersiowej, które stanowi jeden z większych przełomów w dziedzinie kardiologii ostatnich dziesięcioleci.

Wewnątrznacyniowe wszczepianie stentgraftów piersiowych (ang. *thoracic endovascular aortic repair* – TEVAR)

Abstract

Techniques of endovascular aortic repair (TEVAR) with stent grafts have become a method of choice in treatment of descending aortic diseases, particularly in patients in severe clinical status with concomitant disorders. Pathologies of the aortic arch as well as its branches require hybrid procedures. Open vascular operation (aortic arch debranching techniques) enable safe stent graft deployment.

In this article we present our experience in the use of hybrid techniques, considering Landing Zones, in treatment of complicated aortic arch pathologies.

Aortic diseases appear as an interdisciplinary problem that involve specialists in surgery, interventional radiology, anesthesiology and cardiology as well as employment of sophisticated medical equipment.

Key words: thoracic aorta, aortic aneurysm, aortic dissection, endovascular treatment, debranching.

stało się leczeniem z wyboru schorzeń obejmujących aortę zstępującą w postaci pęknięcia aorty, ostrego rozwarstwienia typu B lub objawowego tętniaka aorty [1]. Jakkolwiek metodę tę początkowo stosowano w leczeniu patologii aorty zstępującej, to wraz z nabywaniem doświadczenia i wzrostem bezpieczeństwa technik wewnątrznacyniowych wskazania rozszerzono o leczenie odcinka piersiowo-brzusznego oraz łuku aorty [2]. Nie byłoby to jednak możliwe bez dodatkowych zespołów nacyniowych wykonanych bądź przez chirurgów nacyniowych, bądź kardiologów.

Adres do korespondencji: lek. med. Mateusz Puślecki, Klinika Kardiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego, ul. Długa 1/2, 61-848 Poznań, tel. +48 61 854 92 10, faks +48 61 854 90 85, e-mail: mateuszpuslecki@o2.pl

Metoda zwana *debranchingiem* naczyniowym stała się składową coraz bardziej popularnych technik hybrydowych stosowanych w leczeniu tętniaków obejmujących łuk aorty [3].

Cel pracy

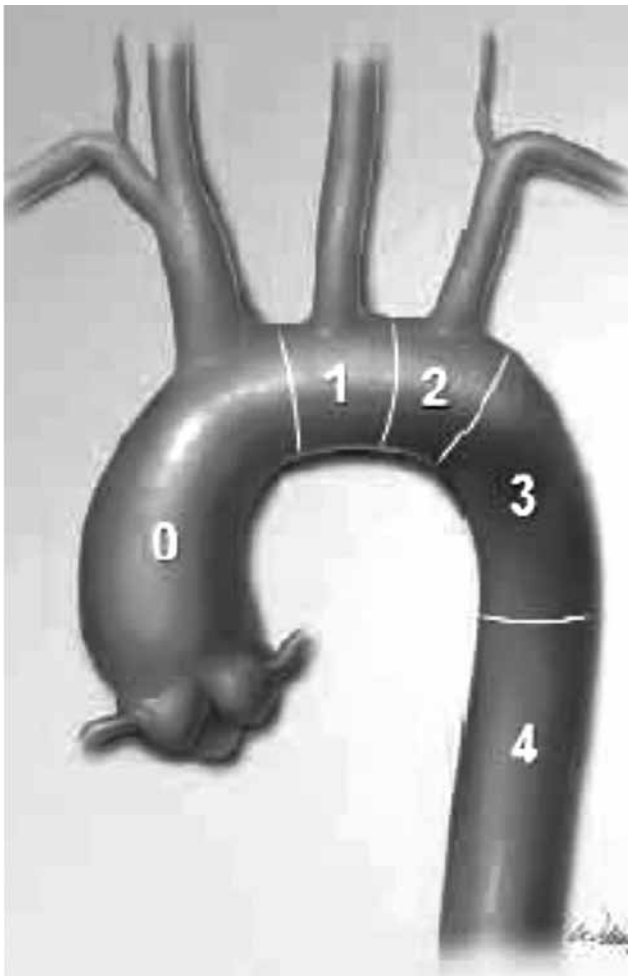
Celem pracy było przedstawienie przypadków endowaskularnego leczenia tętniaków aorty piersiowej z zajęciem łuku, wymagających wcześniejszego zastosowania techniki *debranchingu* naczyniowego, przeprowadzonych w Klinice Kardiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w latach 2009–2010.

Materiał i metody

Przedstawiono cztery przypadki zastosowania procedur hybrydowych u chorych w zależności od lokalizacji pozycjonowania proksymalnego końca stentgraftu piersiowego w łuku aorty zgodnie z klasycznym podziałem aorty na strefy umiejscowienia bliższego końca stentgraftu, tzw. strefy lądowania (ang. *landing zone* – LZ) [4–5] (ryc. 1).

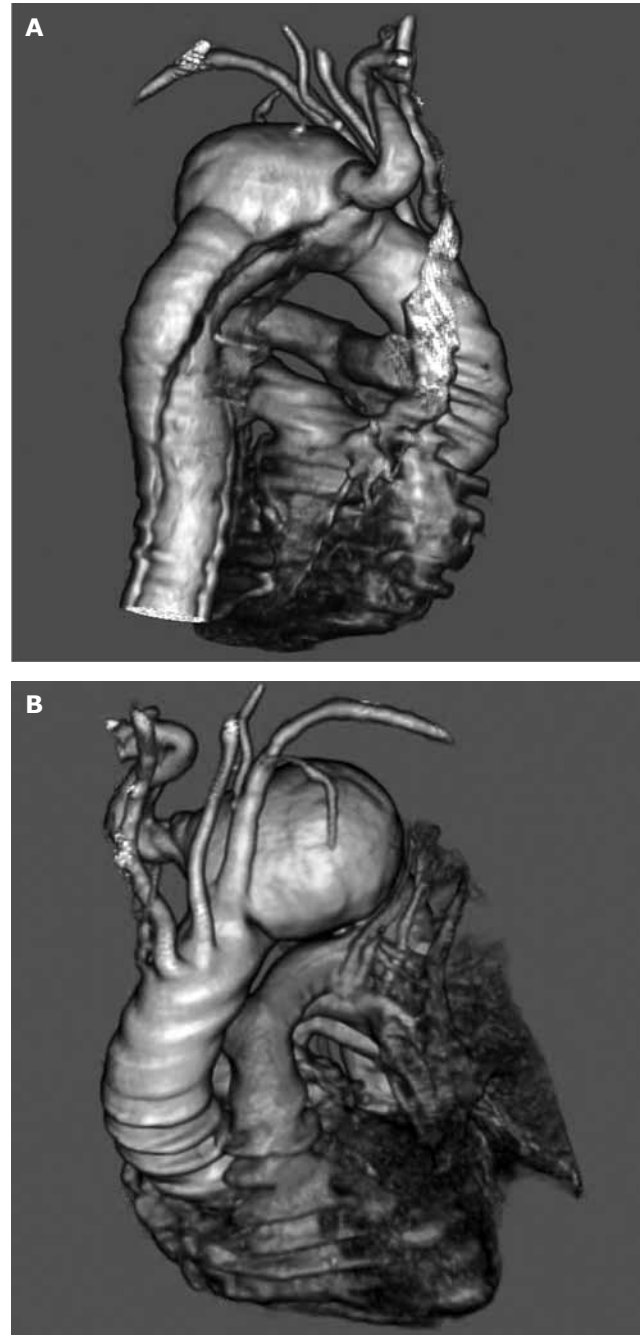
Przypadek 1. – *landing zone 2*

Kobieta w wieku 52 lat została przyjęta w trybie nagłym w stanie ogólnym średnim z objawami niedokrwiłości



Ryc. 1. Klasyczny podział aorty na *landing zone* 0–4

pokrwotocznej. W badaniu tomografii komputerowej połączonej z angiografią (angio-TK) klatki piersiowej rozpoznano rozwarstwienie aorty w części zstępującej w odcinku piersiowo-brzusznym oraz stwierdzono obecność krwiaka w lewej jamie opłucnej. Potwierdzono jednocześnie obecność rzadkiego wariantu anatomicznego polegającego na odejściu tętnicy podobojczykowej prawej od tylnego obwodu łuku aorty w bezpośrednim sąsiedztwie odejścia lewej tętnicy podobojczykowej z jednoczesnym rozwarstwieniem tej tętnicy (ryc. 2A–B).



Ryc. 2A–B. Rekonstrukcje przedstawiają rozwarstwienie tętniaka łuku aorty za tętnicą szyjną lewą (A), a także wariant anatomiczny odejścia tętnicy podobojczykowej prawej (B)

Zdecydowano o leczeniu operacyjnym w trybie natychmiastowym. Leczenie wykonano jednocześnie. Najpierw wykonano zespolenie od tętnicy szyjnej lewej do tętnicy podobojczykowej lewej, a następnie wszczepiono stentgraft z umocowaniem końca proksymalnego w strefie LZ 2, pokrywając ujścia obu tętnic podobojczykowych.

Przypadek 2. – landing zone 1

Kobieta w wieku 76 lat została przyjęta w trybie nagłym w stanie ogólnym ciężkim, z objawami niedokrwistości pokrwotocznej oraz krwiakiem w lewej opłucnej. W badaniu angio-TK klatki piersiowej stwierdzono workowaty tętniak aorty w części zstępującej o średnicy 50 mm, rozpoczynający się za odejściem tętnicy szyjnej wspólnej lewej, w bezpośrednim jej sąsiedztwie bez cech rozwarstwienia, z widocznym wypływem kontrastu do opłucnej lewej (ryc. 3A.).

W tym przypadku ze względu na stan kliniczny chorej oraz obecność krwiaka w opłucnej lewej, jak i widoczny w badaniu obrazowym zaciek kontrastu do jamy opłucnej zdecydowano o pilnym leczeniu – również jednocześnie. Po wykonaniu zespolenia szyjno-szyjnego wszczepiono stentgraft aortalny za odejściem pnia ramienno-głowego z pokryciem ujść tętnicy szyjnej wspólnej lewej i podobojczykowej lewej, w strefie LZ 1 (ryc. 3B.).

Przypadek 3. – landing zone 0

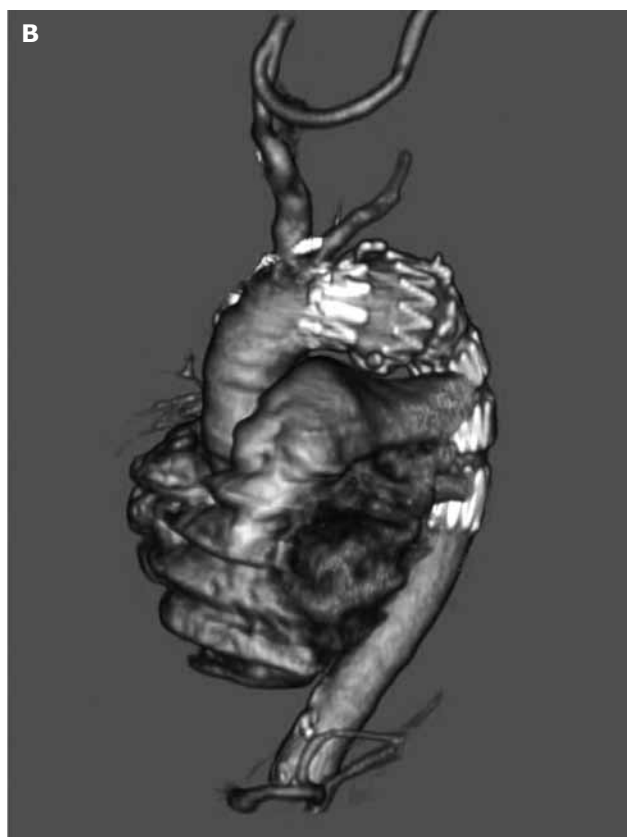
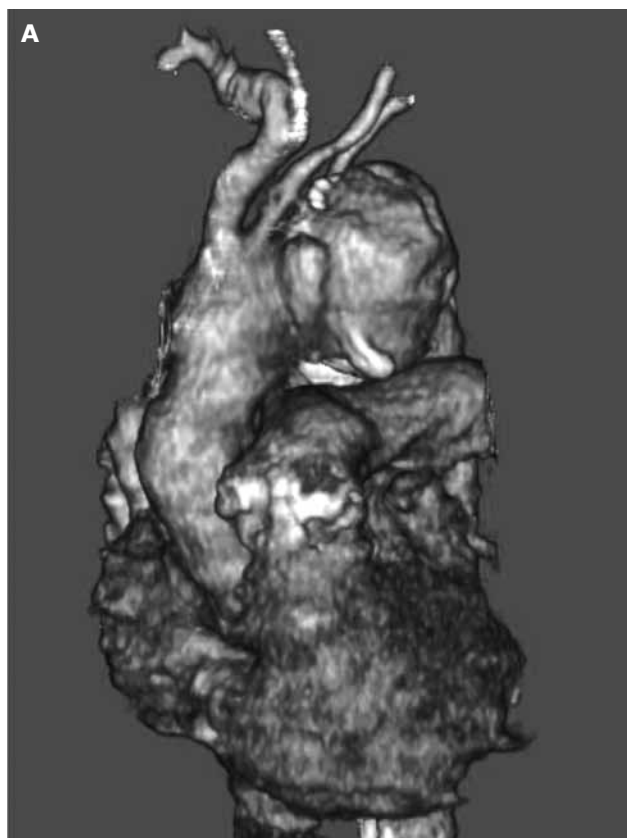
Kobieta w wieku 24 lat przyjęta w trybie planowym w stanie ogólnym dobrym bez większych dolegliwości. W wywiadzie zabieg kardiochirurgiczny przed 10 laty – operacja koarktacji aorty z jednoczesnym zamknięciem ubytku w przegrodzie międzykomorowej (ang. *ventricular septal defekt* – VSD). W kontrolnym badaniu angio-TK klatki piersiowej uwidoczniono tętniak obejmujący łuk aorty i część zstępującą aorty o maksymalnej średnicy do 70 mm, bez cech pęknięcia i rozwarstwienia (ryc. 4A.).

W trybie planowym chorą leczono dwuetapowo. Z dostępu przez sternotomię wszyto protezę naczyniową rozwidloną koniec do boku między aortą wstępującą a pniem ramienno-głowym i tętnicą szyjną wspólną lewą. Po 14 dniach wszczepiono stentgraft do aorty wstępującej, końcem proksymalnym obwodowo od wytworzonego wcześniej zespolenia, pokrywając wszystkie naturalne gałęzie odchodzące od łuku aorty (ryc. 4B.).

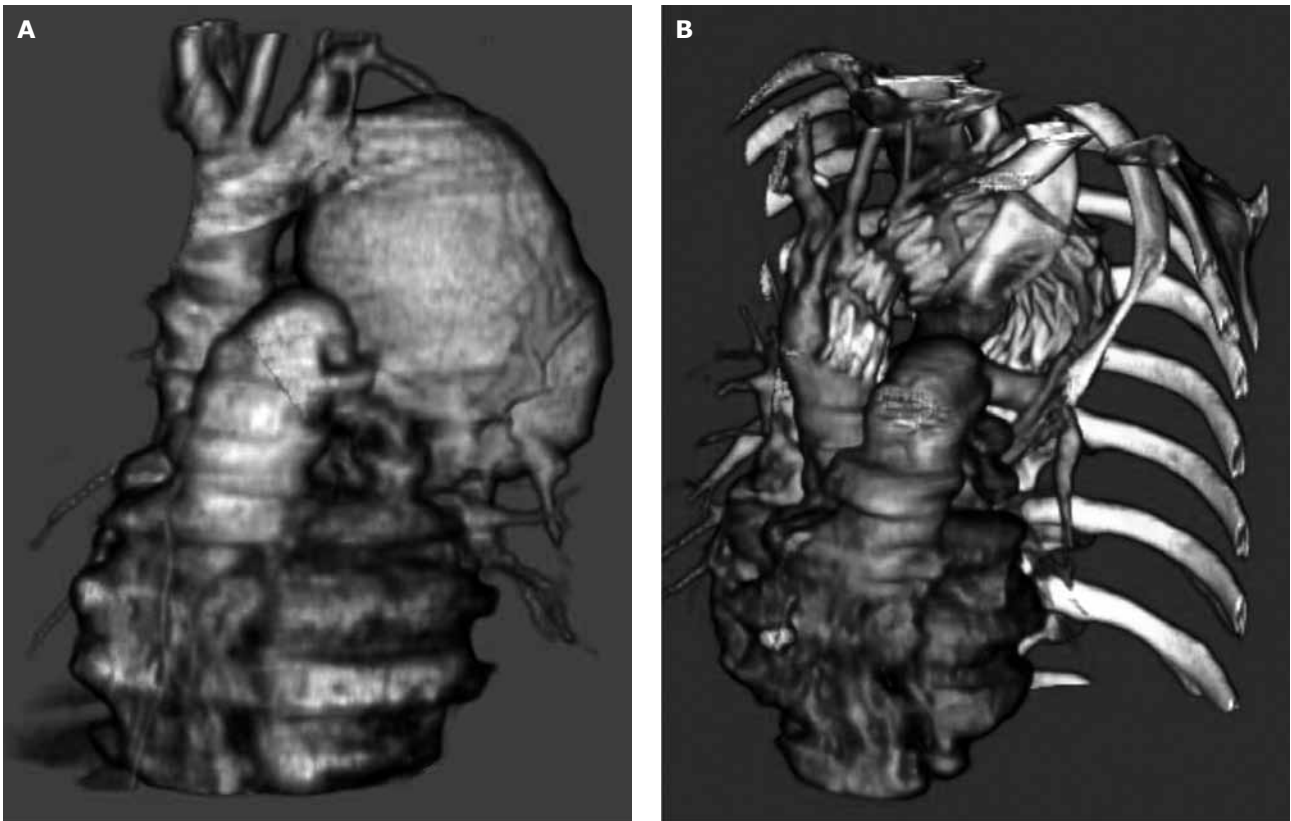
O wyborze tej procedury zdecydowano ze względu na warunki anatomiczne łuku aorty, głównie na mały promień krzywizny łuku i brak dostatecznie długiego odcinka aorty w LZ 1, uniemożliwiający bezpieczne i skuteczne zastosowanie stentgraftu. Ostateczny efekt leczenia był zadowalający.

Przypadek 4. – landing zone 0

Mężczyzna w wieku 35 lat, wielokrotnie hospitalizowany w Klinice Kardiologii został przyjęty w trybie planowym w stanie ogólnym dobrym. Przy przyjęciu zgłaszał uciążliwe dolegliwości bólowe w klatce piersiowej. W wy-



Ryc. 3A–B. Rekonstrukcja przedstawia workowaty tętniak sięgający odejścia tętnicy szyjnej wspólnej lewej i obejmujący tętnicę podobojczykową lewą (A) oraz ostateczny efekt leczenia (B)



Ryc. 4A–B. Rekonstrukcja uwidacznia workowaty tętniak aorty zstępującej oraz bardzo mały promień krzywizny łuku aorty (A) oraz ostateczny efekt leczenia (B)

wiadzie, chory był operowany w dzieciństwie z powodu koarktacji aorty, a po 20 latach od tamtego zabiegu, w 2007 r., leczony implantacją stentgraftu piersiowego w LZ 3. Po zabiegu utrzymywał się niewielki przeciek (ang. *endoleak*) typu I. W tym samym roku wykonano nieskuteczną próbę embolizacji worka tętniaka. Po ok. 10 miesiącach wszczepiono kolejny stentgraft piersiowy w LZ 2 z pokryciem tętnicy podobojczykowej lewej. Ze względu na utrzymujący się zaciek krwi do worka tętniaka po 6 miesiącach podjęto próbę (nieskuteczną w obserwacji odległej) zasycia miejsca przecieku do worka tętniaka z dostępu przez sternotomię z wykorzystaniem techniki krążenia pozaustrojowego (ang. *extracorporeal circulation* – ECC) w hipotermii głębokiej z czasowym całkowitym zatrzymaniem krążenia (ang. *deep hypothermic circulatory arrest* – DHCA).

W wykonanym przy przyjęciu badaniu angio-TK uwidoczono worek tętniaka o maksymalnej średnicy 75 mm oraz utrzymujący się przeciek typu I (ryc. 5A). Ze względu na przyrost średnicy worka tętniaka o 7 mm w ciągu 6 miesięcy obserwacji zdecydowano o wykonaniu transpozycji gałęzi łuku i implantacji stentgraftu w LZ 0. W trybie planowym u tego chorego wykonano leczenie dwuetapowe. Najpierw ze sternotomii pośrodkowej wszyto protezę naczyniową rozwidloną 12 mm między aortą wstępującą a pniem ramienno-głównym i tętnicą szyjną wspólną lewą. Po 14 dniach wszczepiono stentgraft do aorty wstępującej. Uzyskano zadowalający efekt, skutecznie likwidując zaciek do worka tętniaka (ryc. 5B).

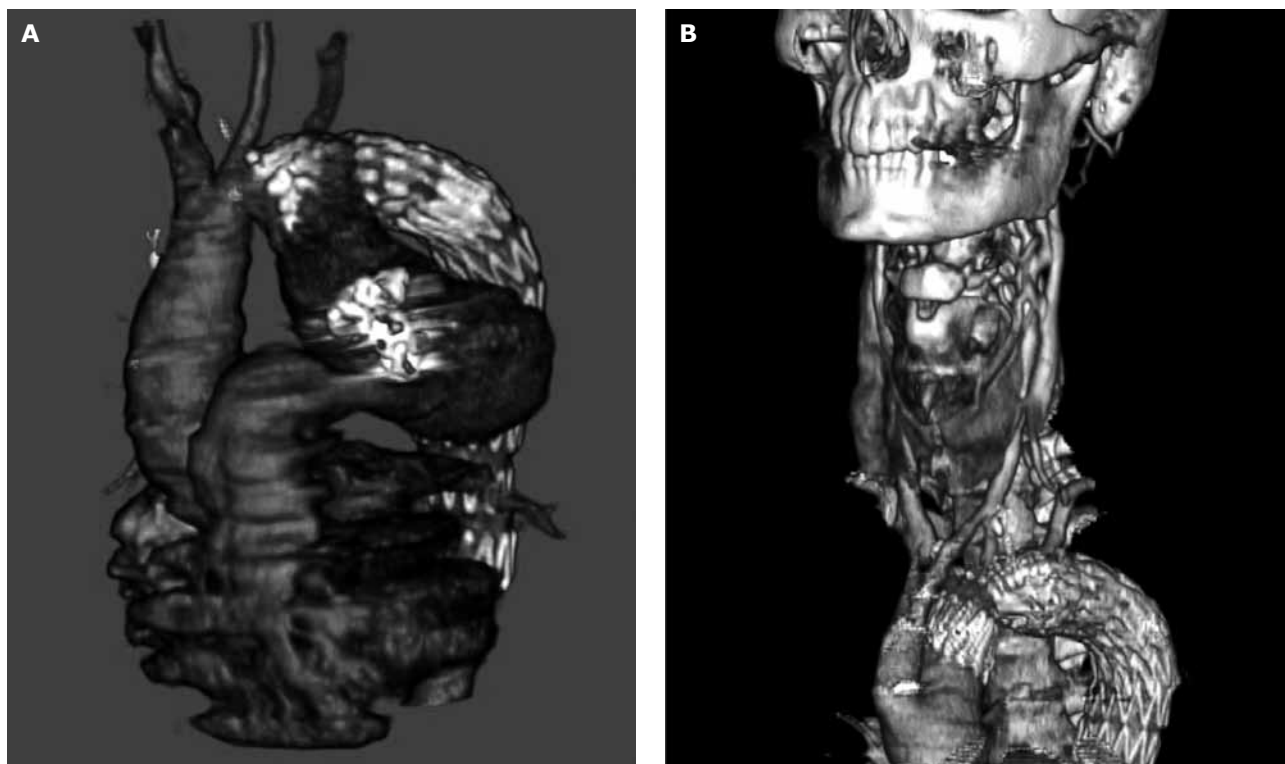
Dyskusja

W 2002 r. Mitchell i wsp. [4] oraz Criado i wsp. [5] wprowadzili podział aorty na 5 stref (LZ). Strefy te wskazują okolice osadzenia proksymalnego końca wszczepianego stentgraftu i umożliwiają właściwe zaplanowanie etapowego leczenia hybrydowego (ryc. 1.). Strefa 0 obejmuje aortę wstępującą wraz ze wszystkimi gałęziami odchodzącymi od łuku, strefa 1 – część łuku z wyłączeniem odejścia pnia ramienno-głównego, strefa 2 – część łuku jedynie z tętnicą podobojczykową lewą, a strefa 3 i 4 – pozostałą część aorty zstępującej.

W trakcie *Tokyo Consensus 2004* [6] sformułowane zostały wytyczne dotyczące LZ, zapewniające szczelne i stabilne ułożenie końca proksymalnego protezy:

- minimalna długość fiksacji wzdłuż krzywizny mniejszej łuku (odcinka aorty pozbawionej patologii) powinna wynosić > 20 mm;
- średnica aorty w LZ > 38/40 mm zwiększa drastycznie ryzyko przecieku (*endoleak* I);
- oszacowanie promienia krzywizny łuku i długości łuku aorty ma istotny wpływ na trwałość i stabilność fiksacji graftu, głównie w strefie 2 i 3;
- maksymalny *oversizing* protezy nie powinien przekraczać 10–15%.

Jedynie strefy 3 i 4 w odcinku piersiowym aorty nie wymagają żadnych dodatkowych procedur naczyniowych i w ciągu 20 lat ich stosowania stały się stosunkowo bez-



Ryc. 5A–B. Rekonstrukcja uwidacznia worek tętniaka z obecnym zaciekiem kontrastu (A) oraz ostateczny efekt leczenia (B)

piecznymi metodami terapii aorty zstępującej. Ich skuteczność przy uwzględnieniu bezpiecznego odcinka aorty nieobjętego patologią zależy głównie od doświadczenia i sprawności lekarza wykonującego zabieg [7].

W przypadkach, gdy umiejscowienie protezy za odejściem tętnicy podobojczykowej lewej nie jest możliwe, ze względu na brak odpowiedniej długości odcinka prawidłowej aorty, konieczne staje się pokrycie ujścia tej gałęzi łuku (LZ 2). Na podstawie wieloletnich już obserwacji klinicznych udowodniono, że jest to postępowanie stosunkowo bezpieczne [8]. Szczęśliwie zabiegi naczyniowe przywracające krążenie w tętnicy podobojczykowej lewej konieczne są jedynie w 10–15% przypadków, w których zamknięcie tętnicy podobojczykowej w istotny sposób zaburzałoby ukrwienie ośrodkowego układu nerwowego (OUN) pochodzącego od tętnicy kręgowej lewej. Obecnie przyjmuje się za wskazania do bezwzględnej rewaskularyzacji tętnicy podobojczykowej lewej [9–13]:

- wcześniejszą rewaskularyzację mięśnia sercowego z użyciem lewej tętnicy piersiowej wewnętrznej;
- dominację lewej tętnicy kręgowej [14];
- zwężenie prawej tętnicy kręgowej;
- aplazję tętnicy kręgowej prawej;
- rozpoznany lewy tylny zespół mózdkowy;
- anomalię rozwojową osobnego odejścia tętnicy podobojczykowej.

W przyszłości prawdopodobnie z powodzeniem można będzie w takich warunkach anatomicznych stosować stentgrafty rozgałęzione z pojedynczą gałęzią umieszczoną

w tętnicy podobojczykowej [15]. Wskazania bezwzględne do rewaskularyzacji tętnicy podobojczykowej lewej pozostają niezmiennie również w przypadku wszczepienia stentgraftu w LZ 0 i 1.

W pierwszym opisanym powyżej przypadku pozycjonowania graftu w LZ 2 zdecydowano o rewaskularyzacji tętnicy podobojczykowej lewej – ze względu na obecność rozwarstwienia prawej tętnicy podobojczykowej wraz z jej gałęzią, tętnicą kręgową prawą, jak i na konieczność przykrycia stentgraftem ujść obu tętnic podobojczykowych. W wyniku zabiegu ukrwienie OUN od strony naczyń kręgowych zostało zachowane dzięki rewaskularyzacji tętnicy podobojczykowej lewej.

Zgodnie z omówionym klasycznym podziałem aorty, w przypadkach kiedy patologia dotyczy łuku aorty, a pozycjonowanie protezy wymusza zajęcie LZ 0–1, jedynie wcześniejsze zastosowanie *debranchingu* częściowego lub całkowitego gałęzi łuku aorty umożliwia bezpieczną implantację proksymalnego końca stentgraftu naczyniowego w wyżej wymienionych strefach [16–18].

Kiedy proksymalny koniec protezy zostaje umieszczony w LZ 1, równoznaczne staje się pokrycie ujścia lewej tętnicy szyjnej wspólnej i lewej tętnicy podobojczykowej. W takich przypadkach dla zachowania właściwego ukrwienia OUN musi być wykonany *debranching* częściowy (ang. *hemi-arch debranching*), wymuszający rewaskularyzację co najmniej tętnicy szyjnej wspólnej lewej [16, 19]. Rutynowym zabiegiem naczyniowym w takim przypadku jest U-kształtne pomostowanie szyjno-szyjne z zastosowaniem protezy da-

kronowej o średnicy 6–8 mm. Zabieg wykonuje się z dwóch cięć skórnych nad tętnicami szyjnymi, pozostawiając protezę w tunelu wytworzonym w tkance podskórnej (zob. omówienie przypadku 2.). Jednoczasowa rewaskularyzacja tętnicy podobojczykowej lewej jest konieczna w przypadkach wymienionych wcześniej (zob. omówienie przypadku 2.).

Jeżeli implantacja stentgraftu wymaga pokrycia wszystkich gałęzi łuku aorty (LZ 0), to procedura będzie bezpieczna, kiedy poprzedzi ją *debranching* całkowity (ang. *total-arch debranching*). W pierwszym etapie poprzez dostęp ze sternotomii wykonuje się zespolenie aortalne (proteza rozwidlona od aorty wstępującej) do pnia ramiennie-głowowego, do tętnicy szyjnej wspólnej lewej i ewentualnie do tętnicy podobojczykowej lewej (zob. omówienie przypadków 3. i 4.). W ostatecznym etapie wykonywane jest endowaskularne wszczepienie stentgraftu piersiowego, z pokryciem ujęć wszystkich gałęzi łuku [20, 21]. Warto przy tej okazji wspomnieć, że dla uzyskania dobrego efektu odległego wykonania *debranchingu* częściowego lub całkowitego powinno się podwiązać proksymalne odcinki zespalanych naczyń, aby zapobiec zaciekanii krwi pomiędzy ścianą stentgraftu a ścianą natywnej aorty [22, 23]. Ten dwuetapowy zabieg niesie ze sobą większe ryzyko operacyjne ze względu na znacznie bardziej skomplikowany proces transpozycji gałęzi łuku aorty. Niezbędnym warunkiem umożliwiającym powyższą procedurę jest stosunkowo długi odcinek aorty wstępującej, wolny od rozległych zmian miażdżycowych i innych patologii.

Opisane powyżej przypadki przedstawiają trudne terapeutycznie patologie aorty, których leczenie zakończyło się pełnym sukcesem. Pacjenci są pod stałą opieką Poradni Chirurgii Serca i są objęci systematycznym monitoringiem klinicznym.

Dla bezpieczeństwa pacjentów istotne staje się skrupulatne zaplanowanie kompletnej procedury, w tym podjęcie decyzji o jedno- lub dwuetapowym leczeniu. Przypadek każdego chorego trzeba przeanalizować indywidualnie, często niezbędna jest wspólna dyskusja kardiochirurgów, chirurgów naczyniowych i radiologów inwazyjnych. W niektórych planowych przypadkach zabieg implantacji stentgraftu można wykonać w trybie odroczonym po zabiegu naczyniowym. Czas pozwala na wygojenie rany i rehabilitację pacjenta przed kolejnym etapem leczenia.

Dwudziestoletnie już stosowanie techniki endowaskularnej stało się skuteczną i bezpieczną metodą leczenia ostrych i przewlekłych schorzeń aorty, pozwalającą zredukować ryzyko operacyjne, szczególnie wśród pacjentów w ciężkim stanie klinicznym i chorobami współistniejącymi [24–26].

Wnioski

Wewnątrznaczyniowe procedury, ze względu na rozległość patologii aorty, niejednokrotnie wymagają uzupełnienia zabiegami z zakresu chirurgii naczyniowej pozwalającymi na bezpieczną implantację stentgraftu. *Debranching* naczyniowy rozszerzył możliwości terapeutyczne na łuk aorty, pozwalając leczyć skutecznie schorzenia, które leczone sposobem konwencjonalnym, nadal niosą ze sobą duże ryzyko operacyjne.

Choroby aorty stały się problemem interdyscyplinarnym, wymuszającym zaangażowanie wysoko wykwalifikowanej kadry lekarskiej w zakresie chirurgii, radiologii inwazyjnej, anestezjologii i kardiochirurgii oraz zastosowania specjalistycznego sprzętu niezbędnego do terapii.

Praca prezentowana na V Kongresie Polskiego Towarzystwa Kardio-Torakochirurgów, 20–22 maja 2010 r. w Poznaniu.

Piśmiennictwo

1. Chaikof EL, Blankensteijn JD, Harris PL, White GH, Zarins CK, Bernhard VM, Matsumura JS, May J, Veith FJ, Fillinger MF, Rutherford RB, Kent KC; Ad Hoc Committee for Standardized Reporting Practices in Vascular Surgery of The Society for Vascular Surgery/American Association for Vascular Surgery. Reporting standards for endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2002; 35: 1048-1060.
2. Brueck M, Heidt MC, Szente-Varga M, Bandorski D, Kramer W, Vogt PR. Hybrid treatment for complex aortic problems combining surgery and stenting in the integrated operating theater. *J Interv Cardiol* 2006; 19: 539-543.
3. Zhou W, Reardon M, Peden EK, Lin PH, Lumsden AB. Hybrid approach to complex thoracic aortic aneurysms in high-risk patients: surgical challenges and clinical outcomes. *J Vasc Surg* 2006; 44: 688-693.
4. Mitchell RS, Ishimaru S, Ehrlich MP, Iwase T, Lauterjung L, Shimono T, Fattori R, Yutani C. First International Summit on Thoracic Aortic Endografting: roundtable on thoracic aortic dissection as an indication for endografting. *J Endovasc Ther* 2002; 9 Suppl 2: II-98-II105.
5. Criado FJ, Clark NS, Barnatan MF. Stent graft repair in the aortic arch and descending thoracic aorta: a 4-year experience. *J Vasc Surg* 2002; 36: 1121-1128.
6. Mitchell RS, Ishimaru S, Criado FJ, Ehrlich MP, Ivancev K, Lachat M, Malina M, May J, Orend KH, Rousseau H, Williams DM. Third International Summit on Thoracic Aortic Endografting: lessons from long-term results of thoracic stent-graft repairs. *J Endovasc Ther* 2005; 12: 89-97.
7. Czerny M, Gottardi R, Zimpfer D, Schoder M, Grabenwoger M, Lammer J, Wolner E, Grimm M. Transposition of the supraaortic branches for extended endovascular arch repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 29: 709-713.
8. Tiesenhausen K, Hausegger KA, Oberwalder P, Mahla E, Tomka M, Allmayer T, Baumann A, Hessinger M. Left subclavian artery management in endovascular repair of thoracic aortic aneurysms and aortic dissections. *J Card Surg* 2003; 18: 429-435.
9. Chiesa R, Melissano G, Marrocco-Trischitta MM, Civilini E, Setacci F. Spinal cord ischemia after elective stent-graft repair of the thoracic aorta. *J Vasc Surg* 2005; 42: 11-17.
10. Gravereaux EC, Faries PL, Burks JA, Latessa V, Spielvogel D, Hollier LH, Marin ML. Risk of spinal cord ischemia after endograft repair of thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2001; 34: 997-1003.
11. Moore RD, Brandschwei F. Subclavian-to-carotid transposition and supra-carotid endovascular stent graft placement for traumatic aortic disruption. *Ann Vasc Surg* 2001; 15: 563-566.
12. Peterson BG, Eskandari MK, Gleason TG, Morasch MD. Utility of left subclavian artery revascularization in association with endoluminal repair of acute and chronic thoracic aortic pathology. *J Vasc Surg* 2006; 43: 433-439.
13. Riesenman PJ, Farber MA, Mendes RR, Marston WA, Fulton JJ, Keagy BA. Coverage of the left subclavian artery during thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg* 2007; 45: 90-94.
14. Woo EY, Bavaria JE, Pochettino A, Gleason TG, Woo YJ, Velazquez OC, Carpenter JP, Cheung AT, Fairman RM. Techniques for preserving vertebral artery perfusion during thoracic aortic stent grafting requiring aortic arch landing. *Vasc Endovascular Surg* 2006; 40: 367-373.
15. Wang ZG, Li C. Single-branch endograft for treating stanford type B aortic dissections with entry tears in proximity to the left subclavian artery. *J Endovasc Ther* 2005; 12: 588-593.
16. Schumacher H, Von Tengg-Kobligk H, Ostovic M, Henninger V, Ockert S, Böckler D, Allenberg JR. Hybrid aortic procedures for endoluminal arch replacement in thoracic aneurysms and type B dissections. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2006; 47: 509-517.
17. Bergeron P, Mangialardi N, Costa P, Coulon P, Douillez V, Serreo E, Tuccimei I, Cavazzini C, Mariotti F, Sun Y, Gay J. Great vessel management for endovascular exclusion of aortic arch aneurysms and dissections. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 32: 38-45.

18. Heijmen RH, Deblier IG, Moll FL, Dossche KM, van den Berg JC, Overtom TT, Ernst SM, Schepens MA. Endovascular stent-grafting for descending thoracic aortic aneurysms. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21: 5-9.
19. Zhou W, Reardon ME, Peden EK, Lin PH, Bush RL, Lumsden AB. Endovascular repair of a proximal aortic arch aneurysm: a novel approach of supra-aortic debranching with antegrade endograft deployment via an anterior thoracotomy approach. *J Vasc Surg* 2006; 43: 1045-1048.
20. Neale ML, Hemli JM, Jain M, Brady PW. Ct16 hybrid open and endovascular procedures for complex aortic pathology in the high-risk surgical patient. *ANZ J Surg* 2007; 77 Suppl 1: A11.
21. Melissano G, Civilini E, Marrocco-Trischitta MM, Chiesa R. Hybrid endovascular and off-pump open surgical treatment for synchronous aneurysms of the aortic arch, brachiocephalic trunk, and abdominal aorta. *Tex Heart Inst J* 2004; 31: 283-287.
22. Scharrer-Pamler R, Kotsis T, Kapfer X, Görlich J, Orend KH, Sunder-Plassmann L. Complications after endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms. *J Endovasc Ther* 2003; 10: 711-718.
23. Hansen CJ, Bui H, Donayre CE, Aziz I, Kim B, Kopchok G, Walot I, Lee J, Lippmann M, White RA. Complications of endovascular repair of high-risk and emergent descending thoracic aortic aneurysms and dissections. *J Vasc Surg* 2004; 40: 228-234.
24. Umana JP, Mitchell RS. Endovascular treatment of aortic dissections and thoracic aortic aneurysms. *Semin Vasc Surg* 2000; 13: 290-298.
25. Dake MD. Endovascular stent-graft management of thoracic aortic diseases. *Eur J Radiol* 2001; 39: 42-49.
26. Brandt M, Hüssel K, Walluscheck KP, Müller-Hülsbeck S, Jahnke T, Rahimi A, Cremer J. Stent Stent-graft repair versus open surgery for the descending aorta: a case-control study. *J Endovasc Ther* 2004; 11: 535-538.