

Implantacja stent-graftu w pourazowych uszkodzeniach aorty piersiowej

Stent-graft implantation in thoracic aortic injury

Justyna Kruś-Hadała, Mirosław Stelągowski, Piotr Kaźmierski, Michał Pająk

Oddział Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Onkologicznej, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. M. Kopernika, Łódź (Department of Vascular, General, and Oncologic Surgery, Copernicus Memorial Hospital, Lodz, Poland)

Streszczenie

Pourazowe uszkodzenie aorty piersiowej (TAI) jest stanem charakteryzującym się bardzo wysoką śmiertelnością. Choć towarzyszy mniej niż 0,5% wszystkich wypadków komunikacyjnych, to stanowi drugą po urazach głowy przyczynę zgonów wśród ich uczestników. Do niedawna standardowym leczeniem pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej była operacja otwarta, polegająca na wykonaniu lewostronnej torakotomii i wszczępieniu protezy aortalnej. Śmiertelność związana z tym zabiegiem wynosi od 15% do 30%. Wysoka śmiertelność i chorobowość po operacjach otwartych sprawiły, że w ciągu ostatnich lat preferowaną metodą zaopatrywania pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej stała się implantacja stent-graftu (TEVAR). Liczne publikacje wskazują na znaczące zmniejszenie śmiertelności oraz częstości występowania poważnych powikłań u pacjentów leczonych wewnątrznaczyniowo.

Celem pracy była analiza zagadnień związanych z wewnątrznaczyniowym zaopatrzeniem pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej na przykładzie czterech pacjentów hospitalizowanych w Oddziale Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Onkologicznej WSS im. M. Kopernika w Łodzi, u których zastosowano leczenie wewnątrznaczyniowe. Na podstawie przedstawionego piśmiennictwa i doświadczeń własnych wydaje się, że TEVAR jest optymalnym sposobem leczenia pacjentów z TAI i współistniejącymi licznymi obrażeniami ciała.

Słowa kluczowe: pourazowe uszkodzenie aorty piersiowej, stent-graft, operacja otwarta

Chirurgia Polska 2013, 15, 1, 46–57

Abstract

Thoracic aortic injury (TAI) is associated with very high mortality rates. Although it occurs in less than 0.5% of all road traffic accidents, TAI is the second most common cause of death in this patient group. Until recently, the standard procedure in such cases was an open repair requiring left thoracotomy approach and the implantation of an aortic prosthesis. The mortality rate in such cases reached up to 15% to 30%. Due to the high mortality and morbidity rates following the surgical repair, endovascular stent-grafting (thoracic endovascular aortic repair, TEVAR) has recently become primary treatment modality in TAI patients. Numerous reports in the literature indicate a significant reduction both regarding the rates of mortality rate and severe complications occurring in patients undergoing endovascular treatment. The aim of this paper was to analyse important issues associated with TEVAR basing on a series of four patients undergoing TEVAR for TAI in the Department of Vascular, General, and Oncologic Surgery, Copernicus Memorial Hospital, Lodz, Poland. The analysis of available literature and our own experience reveals that TEVAR seems to be the optimal treatment modality for TAI patients with concomitant severe injuries of other organs and systems.

Key words: thoracic aortic injury, stent-graft, open repair

Polish Surgery 2013, 15, 1, 46–57

Wstęp

Pourazowe uszkodzenie aorty piersiowej (TAI, *thoracic aortic injury*) jest stanem charakteryzującym się bardzo wysoką śmiertelnością. Chociaż towarzyszy mniej niż 0,5% wszystkich wypadków komunikacyjnych, to stanowi drugą po urazach głowy przyczynę zgonów wśród ich uczestników [1]. Różne źródła podają, że 75–90% chorych z TAI umiera na miejscu wypadku lub w drodze do szpitala, a połowa z tych, którzy dotrą do szpitala umiera w ciągu 24 godzin [2]. U większości z tych chorych współistnieją inne ciężkie obrażenia ciała, takie jak urazy głowy (31%), narządów jamy brzusznej (29%), miednicy (15%), złamania kości długich [3].

Do tępego urazu aorty dochodzi najczęściej na skutek gwałtownego hamowania w trakcie wypadku komunikacyjnego lub upadku z wysokości (uraz deceleracyjny). Gwałtowne hamowanie powoduje rozdarcie, najczęściej w okolicy cieśni aorty. Jest to miejsce, gdzie łączy się ruchomy łuk aorty z nieruchomą aortą zstępującą i gdzie dochodzi więzadło tętnicze [4]. Inną hipotezą tłumaczącą powstanie TAI jest mechanizm młota wodnego, polegający na zamknięciu światła aorty na poziomie przepony (również na skutek hamowania), co prowadzi do gwałtownego wzrostu ciśnienia krwi w aorcie i w efekcie jej rozerwanie [4]. Do uszkodzenia aorty może również dojść w wyniku jej bezpośredniego zgniecenia pomiędzy strukturami kostnymi klatki piersiowej [4]. Według Schumachera 70–90% uszkodzeń powstaje na wysokości cieśni aorty, 10–20% na poziomie aorty wstępującej i łuku, 5–10% dotyczy aorty zstępującej poniżej cieśni [5].

Uszkodzenie aorty piersiowej należy podejrzewać u chorych po wypadku komunikacyjnym, połączonym z gwałtownym hamowaniem, upadku z wysokości powyżej 3 metrów lub po urazie kompresyjnym klatki piersiowej. Pacjenci przytomni mogą się skarżyć na duszność, ból w klatce piersiowej, zwłaszcza promieniujący do pleców [3, 6]. Rozdarcie aorty sugerują współistniejące obrażenia. Należą do nich: złamanie mostka, łopatki, licznych żeber, pierwszego żebra, krwiak opłucnej, różne wartości ciśnienia na kończynach, czy porażenie kończyn dolnych.

Widoczny na zdjęciu radiologicznym klatki piersiowej obraz może wskazywać na obecność TAI. Charakterystyczne dla TAI zmiany to: poszerzenie cienia śródpiersia, przesunięcie tchawicy i przełyku w prawo, zatarcie łuku aorty lub niewidoczny łuk aorty, naddatek cienia w okolicy lewego osklepka, zacienienie okienka aortalno-płucnego, złamanie pierwszego żebra lub wielu żeber, złamanie obojczyka, złamanie kręgosłupa piersiowego, stłuczenie płuc, rozerwanie przepony [3, 6].

Spiralna angiografia tomografii komputerowej jest metodą diagnostyczną z wyboru stosowaną w rozpoznawaniu TAI. Charakteryzuje się wysoką czułością i swoistością, jest powszechnie dostępna oraz pozwala na ujawnienie współistniejących obrażeń. Innymi badaniami pozwalającymi na rozpoznanie TAI są przezprzełykowe badanie echokardiograficzne (TEE, *transthoracic echocardiography*), aortografia czy tomografia rezonansu magnetycznego.

Introduction

Post-traumatic thoracic aortic injury (TAI) is a condition characterised by extremely high mortality rates. Although it occurs during less than 0.5% of all traffic accidents, it is the second most common cause of death among those injured, after head traumas [1]. According to different sources, between 75% and 90% patients with TAI die at the site of an accident or on the route to hospital, while half of these who reach hospital die within 24 hours [2]. In the majority of these patients there are other serious coexisting body injuries such as head traumas (31%), traumas to the abdominal cavity organs (29%), the pelvis (15%) or long bone fractures [3].

Blunt aortic injury is the most frequently a result of sudden braking during a traffic accident or a fall from heights (a deceleration trauma). Sudden braking results in a tear, most frequently in the area of the aortic isthmus. This is a place where the mobile aortic arch joins the immobile descending aorta and to which the arterial ligament is attached [4]. Another hypothesis explaining the formation of TAI is a mechanism of a water hammer consisting of closing the aortic lumen at the level of the diaphragm (also as a result of braking) leading to a sudden increase in the blood pressure in the aorta, and its tear as a result [4]. Aortic injury can also develop as a result of its direct compression between bone structures in the chest [4]. According to Schumacher between 70% and 90% of injuries are at the level of the aortic isthmus, 10–20% at the level of the ascending aorta and arch, and 5–10% in the descending aorta below the isthmus [5].

Thoracic aortic injury should be suspected in patients who have experienced a traffic accident combined with sudden braking, a fall from a height above 3 m or in those who have experienced a compressive trauma to the chest. Conscious patients may complain of dyspnoea and/or chest pain, particularly radiating to the back [3, 6]. Coexisting injuries suggesting an aortic tear include: a fracture of the sternum, scapula, several ribs, first rib, pleural haematoma and difference in the pressure values on the extremities or paresis of the lower extremities.

The presence of TAI can be indicated by a specific manifestation in a chest X-ray. Changes typical of TAI include: an enlarged mediastinal shadow, dislocation of the trachea and oesophagus towards the right, a blurred aortic arch or invisible aortic arch, a niche in the area of the left cupula, shadowing of the aortopulmonary window, a fracture to the first rib or several ribs, clavicle fracture, thoracic spine fracture, pulmonary contusion and diaphragm rupture [3, 6].

Spiral computed tomography angiography is the diagnostic method of choice in order to diagnose TAI. It is characterised by high sensitivity and specificity, is commonly available and makes it possible to reveal coexisting injuries. Other tests making it possible to diagnose TAI include transoesophageal echocardiography (TEE), aortography or magnetic resonance tomography.

Post-traumatic thoracic aortic injury can be divided into 4 grades: grade I is an intimal tear, grade II is an intramural haematoma, grade III is the formation of a pseudoaneurysm, grade IV is a rupture to the aortic wall [10].

Pourazowe uszkodzenia aorty piersiowej są wyrażone w czterech stopniach: stopień pierwszy to naddarcie błony wewnętrznej aorty; stopień drugi to krwiak śródścienny; stopień trzeci to powstanie tętniaka rzekomego; stopień czwarty to rozerwanie ściany aorty [10].

Najważniejszym etapem w opiece nad pacjentem z pourazowym uszkodzeniem aorty piersiowej i współistniejącymi licznymi obrażeniami ciała jest ustalenie kolejności podejmowanych czynności leczniczych. Często konieczne jest odroczenie leczenia operacyjnego TAI, jeśli inne obrażenia stanowią bezpośrednie zagrożenie życia. Pierwszym elementem postępowania jest rozpoznanie i opanowanie utrzymującego się aktywnego krwawienia. Konieczne może się okazać wykonanie laparotomii lub torakotomii, drenażu klatki piersiowej, stabilizacja złamań kości łędżuch i miednicy, powodujących utratę krwi, embolizacja krwawiących naczyń, na przykład miednicy. W dalszej kolejności należy odbarczyć krwiaki wewnątrzczaszkowe powodujące objawy uciskowe. Dopiero w kolejnym etapie wykonuje się operację naprawczą aorty [4].

U pacjentów, u których leczenie TAI jest opóźnione z uwagi na konieczność zaopatrzenia innych obrażeń, wskazane jest unikanie nadmiernej podaży płynów oraz stosowanie leczenia przeciwbódcowego, polegającego na stosowaniu krótko działających beta-adrenolityków. Obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, zwolnienie czynności serca, zmniejszenie siły skurczu mięśnia sercowego i zmniejszenie napięcia ścian naczyń działa protekcyjnie w stosunku do uszkodzonej aorty i znacząco zmniejsza ryzyko jej pęknięcia. Zaleca się, aby ciśnienie skurczowe nie przekraczało wartości 120 mm Hg, a średnie ciśnienie tętnicze utrzymywało się na poziomie poniżej 80 mm Hg [3, 6, 9].

Do niedawna standardowym leczeniem pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej była operacja otwarta, wymagająca wykonania lewostronnej torakotomii, a więc wentylacji tylko jednego płuca, zaklemania aorty, ogólnoustrojowej heparynizacji, co u pacjenta z wielonarządowymi obrażeniami znacząco zwiększało ryzyko powikłań krwotocznych. Śmiertelność związana z otwartą operacją wynosi 15–30% [2], częstość występowania porażenia kończyn dolnych (paraplegii) związanego z niedokrwieniem rdzenia kręgowego wynosi 5–20% [2], porażenie strun głosowych 10–15%, a powikłania płucne występują u 10–25% chorych operowanych poprzez lewostronną torakotomię. Innym istotnym powikłaniem jest niedokrwienie i niewydolność nerek oraz niedokrwienie trzewi. Wysoka śmiertelność i chorobowość po operacjach otwartych sprawiły, że w ciągu ostatnich lat preferowaną metodą zaopatrywania pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej stała się implantacja stent-graftu (TEVAR, *thoracic endovascular aortic repair*). Liczne publikacje wskazują na znaczące zmniejszenie śmiertelności oraz częstości występowania poważnych powikłań, zwłaszcza paraplegii, u pacjentów leczonych wewnątrznaczyniowo [7–19]. Zaletami tej metody są przede wszystkim jej niska urazowość, możliwość wykonania zabiegu w znieczuleniu miejscowym i sedacji, brak konieczności ogólnoustrojowej heparynizacji i możliwość zastosowania mniejszych dawek heparyny, mniejsza utrata krwi i krótszy czas operacji [8].

The most important stage in the management of a patient with a post-traumatic thoracic aortic injury and many coexisting body injuries is to establish an order of therapeutic activities to be performed. Surgical treatment for TAI has to be often delayed if other injuries constitute a direct threat to the patient's life. The first stage of the management strategy is a diagnosis and control of persistent active bleeding. It may be necessary to perform laparotomy or thoracotomy, chest drainage, stabilisation of long bone fractures or fractures in the pelvis resulting in blood loss and the embolisation of bleeding vessels e.g. in the pelvis. During the next stage it is necessary to decompress intracranial haematomas causing compression. Moreover, during a further stage repair surgery of the aorta is performed [4].

In patients in whom TAI treatment is delayed due to the need to manage other injuries it is recommended to avoid excessive fluid intake, and to use anti-stimulant treatment including short-acting B-adrenolytics. Reducing arterial blood pressure, slowing down the heart rate, reducing myocardial contraction strength and reducing the tension of vascular walls have protective effects with regard to the damaged aorta and significantly reduce the risk of it tearing. It is recommended for the systolic pressure not to exceed 120 mm Hg, and to maintain the mean arterial pressure at a level below 80 mm Hg [3, 6, 9].

Until recently the standard treatment for post-traumatic thoracic aortic injury included an open surgery requiring a left-sided thoracotomy namely, ventilation of only one lung, aorta clamping, general heparinisation. Consequently, in a patient with multiorgan injuries, the risk of haemorrhagic complications is significantly increased. The mortality rate associated with open surgery ranges from 15% to 30% [2] while the incidence of lower extremity paresis (paraplegia) associated with spinal cord ischaemia ranges from 5% to 20% (2), vocal cord paresis — from 10% to 15%, and pulmonary complications are present in 10% to 25% of patients operated on using a left-sided thoracotomy. Other significant complications include ischaemia and renal failure, as well as visceral ischaemia. Due to the high mortality and morbidity rates associated with open surgery, within recent years stent-graft implantation (Thoracic Endovascular Aortic Repair — TEVAR) has become the preferred method to repair post-traumatic thoracic aortic injuries. Many publications indicate both significantly reduced rates regarding mortality and the incidence of serious complications, especially paraplegia in patients receiving endovascular treatment [7–19]. The advantages of this method include, first of all, its low traumaticity, the possibility to perform a procedure only under local anaesthesia and sedation, no need of generalised heparinisation and a possibility to apply lower doses of heparin, lower blood loss and shorter duration of surgery [8].

The aim of this paper was to analyse important issues associated with TEVAR basing on a series of four patients undergoing TEVAR for TAI in the Department of Vascular, General, and Oncologic Surgery, Copernicus Memorial Hospital, Lodz, Poland.

Celem pracy była analiza zagadnień związanych z wewnątrznaczyniowym zaopatrzeniem pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej na przykładzie czterech pacjentów hospitalizowanych w Oddziale Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Onkologicznej WSS im. M. Kopernika w Łodzi, u których zastosowano leczenie wewnątrznaczyniowe.

Material i metody

Do Oddziału Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Onkologicznej WSS im. M. Kopernika w Łodzi w okresie od kwietnia 2011 r. do kwietnia 2013 r. trafiło pięciu chorych z pourazowym uszkodzeniem aorty piersiowej i innymi obrażeniami ciała, u których wykonano implantację stent-graftu do aorty piersiowej.

Pierwszy przypadek to 37-letni pacjent przyjęty do Oddziału Chirurgii Naczyniowej z innego ośrodka, z powodu urazu wielonarządowego, w tym urazu aorty piersiowej po upadku z wysokości czwartego piętra. U chorego zdiagnozowano rozdarcie aorty piersiowej tuż poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, masywne stłuczenie obu płuc, złamanie kręgow Th3, 4, 10, miernego stopnia odemę prawostronną oraz uraz jamy brzusznej z pęknięciem śledziony. Po wykonanej w innym ośrodku splenektomii pacjent został przesłany do WSS im. M. Kopernika. Chory został zakwalifikowany do leczenia wewnątrznaczyniowego. W angiografii uwidoczniło się wyciek kontrastu tuż poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej. Wykonano zabieg implantacji stent-graftu Valiant Thoracic VAMF2626C150TE z częściowym pokryciem lewej tętnicy podobojczykowej. Operację wykonano w znieczuleniu ogólnym dotchawiczym z dostępu przez tętnicę udową. Chory zmarł po siedmiu dniach leczenia w OIT z powodu zespołu niewydolności wielonarządowej.

Kolejny przypadek to 35-letnia kobieta z urazem wielonarządowym, którego doznała w wypadku komunikacyjnym. Na podstawie wykonanej spiralnej wielorzędowej tomografii rozpoznano uraz głowy z pourazowym obrzękiem mózgu, uraz klatki piersiowej z poprzecznym przerwaniem ciągłości ściany aorty na granicy tułu i aorty zstępującej z krwiakiem śródpiersia i lewej jamy opłucnej (ryc. 1), stłuczenie lewego płuca, złamanie żeber VII–X po stronie prawej, uraz jamy brzusznej i miednicy małej — stłuczenie wątroby segmentów V–VII, pęknięcie prawej nerki w połowie jej długości z krwiakiem, niewielką ilość płynu w okolicy podwątrobowej, wzdłuż prawej flanki, okołopęcherzowo i w zatoce Douglasa oraz podejrzenie pęknięcia pęcherza moczowego. W pierwszej kolejności w znieczuleniu miejscowym i sedacji wykonano zabieg implantacji stent-graftu Valiant Thoracic VAMF2424C150T z dostępu przez tętnicę udową. Stent-graft zakotwiczone na granicy tętnicy szyjnej wspólnej lewej, zamykając światło lewej tętnicy podobojczykowej (ryc. 2, 3). Następnie wykonano u pacjentki laparotomię, usunięto prawą nerkę, zaopatrzone ranę wątroby i zrewidowano pęcherz moczowy. Po 30 dniach pobytu w OIT pacjentka została przeniesiona do Oddziału Chirurgii Naczyniowej, gdzie wykonano badanie echokardiograficzne przezprzełykowe, w którym potwierdzono niewielki przeciek w górnym bie-

Material and methods

In the period between April 2011 and April 2013, 5 patients with post-traumatic thoracic aortic injury and other body injuries were admitted to the Department of Vascular, General, and Oncologic Surgery, Copernicus Memorial Hospital in Łódź, and had stent-graft implantation placed into the thoracic aorta.

The first case was a 37-year-old male patient admitted to the Department of Vascular Surgery from another centre due to a multi-organ trauma, including thoracic aortic injury, having fallen from the height of four storeys. The patient was diagnosed with the following: a tear to the thoracic aorta just below the ostium of the left subclavian artery, massive contusion to both lungs, vertebral fractures at the level of Th3, 4, 10 vertebral bodies, moderate right-sided emphysema and a trauma to the abdominal cavity with rupture of the spleen. After the patient had undergone a splenectomy in another centre he was transported to the Copernicus Memorial Hospital where the patient was considered eligible for endovascular treatment. An angiography revealed a leak of the contrast agent just below the ostium of the left subclavian artery. A stent-graft (Valiant Thoracic VAMF2626C150TE) implantation was performed, with partial coverage of the left subclavian artery. The surgery was performed under general endotracheal anaesthesia through a femoral approach. The patient died after seven-days of treatment at the ICU due to a multi-organ failure.

Another patient was a 35-year-old female patient with a multi-organ trauma sustained during a traffic accident. Based on a spiral multi-row tomography the following were diagnosed: a head trauma with post-traumatic brain oedema, chest trauma with a transverse tear to the aortic



Rycina 1. Obraz CT — widoczne rozerwanie aorty piersiowej, krwiak śródpiersia i lewej jamy opłucnej
Figure 1. CT scan — thoracic aorta rupture, mediastinal haematoma, left pleural cavity haematoma



Rycina 2. Arteriografia — w trakcie zabiegu implantacji stent-graftu

Figure 2. Arteriogram — placement of thoracic aortic stent-graft

gunie stent-graftu. Pacjentka została zakwalifikowana do interwencji wewnątrznaczyniowej. Ponowna aortografia nie uwidoczniła przecieku widocznego w TEE. Stent-graft doprężono do ściany aorty na całej długości za pomocą balonu. W kontrolnym TEE przecieku nie uwidoczniiono. Pomimo pokrycia odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, nie obserwowano cech niedokrwienia lewej kończyny górnej. Pacjentka została wypisana do domu w stanie ogólnym dobrym.

Kolejny przypadek to 20-letni pacjent po wypadku komunikacyjnym, przywieziony do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego (SOR) WSS im. M. Kopernika w Łodzi. W wykonanej tomografii komputerowej stwierdzono brak zmian pourazowych w ośrodkowym układzie nerwowym, tętniaka rzekomego aorty zstępującej 2,5 cm poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej z niewielkim krwiakiem śródpiersia, niezbyt nasilone stłuczenie obydwu płuc, podtorebkowy krwiak wątroby wielkości 50 × 37 mm w VI segmencie, złamanie kości przedramienia lewego w 1/3 dalszej. Pacjent został zakwalifikowany do leczenia wewnątrznaczyniowego. W znieczuleniu miejscowym z dostępu przez tętnice udowe wykonano zabieg implantacji stent-graftu Valiant Thoracic Captivia VAMF 2626100TE tuż poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej. Na kolejnej angiografii nie uwidoczniiono przecieku (ryc. 4). W siódmej dobie po urazie pacjent przeszedł zabieg ortopedyczny zespolenia kości przedramienia lewego. W dziesiątej dobie został wypisany do domu w stanie ogólnym dobrym (ryc. 5).



Rycina 3. Stan po implantacji stent-graftu — pokryta lewa tętnica podobojczykowa

Figure 3. After stent-graft implantation — left subclavian artery coverage

wall at the border of the arch and descending aorta with a mediastinal haematoma and the left pleural cavity (Fig. 1), contusion to the left lung, fracture of the 7–10 ribs on the right-hand side, trauma to the abdominal cavity and small pelvis: contusion to the liver: segments V–VII, rupture of the right kidney in half way along its length, with a surrounding haematoma, a small amount of fluid in the subhepatic area, along the right edge, around the bladder and in the pouch of Douglas and suspected urinary bladder rupture. During the first stage, under local anaesthesia and sedation, a stent-graft (Valiant Thoracic VAMF2424C150T) was implanted through a femoral approach and was anchored at the border of the common carotid artery closing the lumen of the left subclavian artery (Fig. 2, 3). Then the patient underwent a laparotomy during which the following were performed: the right kidney was removed, the liver wound was managed and the urinary bladder was revised. After 30 days at the ICU, the patient was transferred to the Department of Vascular Surgery where a transoesophageal echocardiography was performed that confirmed a mild leak in the upper pole of the stent-graft. The patient was considered eligible for an endovascular intervention. Another aortography did not visualise a leak visible in the TEE. The stent-graft was pressurised against the aorta wall along its whole length with a balloon. A follow-up TEE did not visualise any leaks. Despite the fact that the ostium of the left subclavian artery was covered, no signs of ischaemia of the left upper extremity were observed. The patient was discharged home in a good general condition.



Rycina 4. Stan po implantacji stent-graftu — wypełnianie lewej tętnicy podobojczykowej
Figure 4. After stent-graft implantation — without left subclavian artery coverage

Kolejny chory to 32-letni pacjent rasy żółtej przywieziony do SOR WSS im. M. Kopernika w Łodzi z powodu urazu wielonarządowego, którego doznał w wypadku komunikacyjnym. Chory doznał urazu głowy, urazu klatki piersiowej z masywnym stłuczeniem obu płuc, pęknięciem aorty piersiowej 2 cm poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej i towarzyszącym krwiakiem śródpiersia i lewej jamy opłucnej. Rozpoznano również złamanie XII żebra, uraz jamy brzusznej z niewielkim krwiakiem w okolicy śledziony, złamanie kości biodrowej, krzyżowej i łonowej, złamania otwarte kości podudzia lewego. Pacjent został zakwalifikowany do zabiegu wewnątrznaczyniowego zaopatrzenia aorty. Mała średnica naczyń udowych i biodrowych skłoniła do wykonania laparotomii, kontroli narządów jamy brzusznej, a następnie implantacji stent-graftu poprzez aortę brzuszną. Śródoperacyjnie stwierdzono rozerwanie otrzewnej przeponowej w okolicy więzadła sierpowatego wątroby i uszkodzenie krezki jelita cienkiego bez martwicy jelita. Zaopatrzone uszkodzenia, a następnie wypreparowano aortę brzuszną, przez którą wprowadzono do aorty piersiowej stent-graft Valiant Thoracic VAMF 2626C150TE. Stent-graft zakotwiczono tuż powyżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, pokrywając jej odejście. Na kontrolnej angiografii nie uwidoczono cech przecieku. Pacjent w kolejnej dobie przeszedł zabieg ortopedyczny zespolenia złamania kości podudzia lewego. W trakcie pobytu w OIT, a następnie w Oddziale Chirurgii Naczyniowej cech niedokrwienia lewej kończyny górnej nie zaobserwowano.

Ostatnia chora to 45-letnia pacjentka po wypadku komunikacyjnym, u której rozpoznano rozerwanie aorty zstępującej około 19 mm poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, krwiak śródpiersia, stłuczenie płuc, stłuczenie wątroby i śledziony, złamanie kości miednicy, kości udowej prawej, kości ramiennej prawej, złamania wyrostków poprzecznych kręgow L2–L5. W pierwszej kolejności w znieczuleniu ogólnym wykonano implantację stent-graftu Valiant Thoracic VAMF2424C150TE z dostępu



Rycina 5. Obraz CT 3 miesiące po zabiegu implantacji stent-graftu
Figure 5. CT scan 3 months after stent-graft implantation

Another case was a 20-year-old male patient who had had a traffic accident and was transferred to the Emergency Ward of the Copernicus Memorial Hospital in Łódź. A computed tomography performed there revealed the following: CNS without post-traumatic lesions, a pseudoaneurysm of the descending aorta 2.5 cm below the ostium of the left subclavian artery with a small mediastinal haematoma, moderately intense contusion to both lungs, subcapsular haematoma of the liver of 50 × 37 mm in segment VI, a fracture of the 1/3 distal part of left forearm bones. The patient was considered eligible for endovascular treatment. Under local anaesthesia and through a femoral approach a stent-graft (Valiant Thoracic Captivia VAMF 2626100TE) was implanted just below the ostium of the left subclavian artery. A subsequent angiography did not visualise the leak (Fig. 4). On day 7 after the trauma the patient had an orthopaedic procedure to fix the bones of the left forearm. On day 10 he was discharged home in a good general condition (Fig. 5).

The next patient was a 32-year-old male patient of Asian origin, transferred to the Emergency Ward of the Copernicus Memorial Hospital in Łódź due to a multi-organ trauma he had sustained during a traffic accident. The patient sustained a head trauma, chest trauma with massive contusion to both lungs, rupture of the thoracic aorta 2 cm below the ostium of the left subclavian artery and an accompanying haematoma of the mediastinum and the left pleural cavity. Moreover, the following were diagnosed: fracture to the 12th rib, trauma to the abdominal cavity with a small haematoma in the spleen area, fracture of the iliac bone, sacral bone and pubic bone and an open fracture of the bones of the left lower limb. The patient was considered eligible for endovascular management of the aorta. Due to the small diameter of the femoral and iliac arteries, a laparotomy, followed by an inspection of the abdominal cavity organs and, finally, a stent-graft implantation through the abdominal aorta were performed. During the operation a tear to the peritoneum was observed in the area of the falciform

przez tętnice udowe z częściowym przykryciem lewej tętnicy podobojczykowej. Następnie wykonano laparotomię zwiadowczą — nie stwierdzono zmian wymagających zaopatrzenia chirurgicznego. W kolejnym etapie pacjentka przeszła zabiegi ortopedyczne stabilizacji złamań kości miednicy i kości długich. Pacjentka jest nadal leczona w WSS im. M. Kopernika w Łodzi.

Wiek pacjentów leczonych w naszym Oddziale z powodu pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej wynosił od 20 do 45 lat (śr. 34 lata). Dominowali pacjenci płci męskiej (3:2). Średnica aorty ponad miejscem uszkodzenia wahała się od 19 mm do 23 mm. Śmiertelność u tych chorych zależała przede wszystkim od ciężkości współistniejących obrażeń ciała i w naszej grupie wynosiła 20% (1:5). Jedynym obserwowanym powikłaniem po zabiegu implantacji stent-graftu był przeciek typu I obserwowany u jednej chorej. Wymagała ona ponownego zabiegu wewnątrznaczyniowego w celu zaopatrzenia przecieku. Preferowanym rodzajem dostępu do zabiegu był dostęp przez tętnice udowe. Jedynie u jednego chorego rasy żółtej, ze względu na bardzo małą średnicę naczyń udowych i biodrowych, wykonano zabieg z dostępu bezpośrednio przez aortę brzuszną. Długość hospitalizacji wynosiła od 7 dni (1 pacjent zmarł w siódmej dobie) do 46 dni. Czas trwania leczenia szpitalnego zależał przede wszystkim od ciężkości współistniejących innych obrażeń ciała (stłuczenia płuc, uszkodzenie narządów mięszowych, złamania miednicy i kości długich).

Trudności i zagadnienia techniczne

Pacjenci z pourazowym uszkodzeniem aorty piersiowej są zazwyczaj młodszy niż chorzy z tętniakami aorty piersiowej czy jej rozwarstwieniem. Średnia wieku tych chorych wynosi około 31 lat [5]. Z faktem tym wiążą się pewne trudności w trakcie zabiegu i występowanie specyficznych powikłań po zabiegu implantacji stent-graftu. Po pierwsze średnica aorty u osób młodszych jest mniejsza i wymagane jest użycie stent-graftu o mniejszej średnicy niż standardowo. Ponadto średnica aorty zwiększa się wraz z wiekiem, co stwarza konieczność stosowania stent-graftu o średnicy odpowiednio przewymiarowanej (tzw. *oversizing*). W dłuższej perspektywie, wraz ze zwiększaniem się średnicy aorty istnieje bowiem możliwość migracji stent-graftu czy powstania przecieku. Sposób doboru właściwej średnicy protezy budzi także kontrowersje z powodu możliwego zmniejszenia średnicy aorty w obrazie TK u pacjentów niestabilnych hemodynamicznie, badanych w czasie wstrząsu hipowolemicznego. Istnieje w takich przypadkach możliwość niedoszacowania właściwego wymiaru protezy [20, 21].

Drugim utrudnieniem jest ostrzejszy łuk aorty u osób młodych. Stan taki utrudnia prawidłowe przyleganie stent-graftu do krzywizny łuku aorty, co wiąże się ze zwiększoną częstością występowania przecieku lub stwarza zagrożenie załamania się stent-graftu, jego migracji czy zakrzepu [9]. Ponadto ostry, tzw. gotycki łuk aorty, może uniemożliwić zabieg implantacji, jak również stwarza ryzyko jej śródoperacyjnego uszkodzenia i krwotoku. Wielopłaszczyznowa rekonstrukcja obrazów TK pozwala

ligament of the liver, as well as damage to the intestinal mesentery without intestinal necrosis. Once the visible injuries were managed, the abdominal aorta was dissected and used to introduce a stent-graft, Valiant Thoracic VAMF 2626C150TE, into the thoracic aorta. The stent-graft was anchored just above the ostium of the left subclavian artery covering its ostium. A follow-up angiography did not visualise signs of a leak. The next day the patient had an orthopaedic procedure to fix the bones of the left lower limb. During his stay at the ICU, and then at the Department of Vascular Surgery no signs of ischaemia of the left upper extremity were observed.

The last patient was a 45-year-old female patient after a traffic accident who was diagnosed with the following: a tear to the descending aorta approx. 19 mm below the ostium of the left subclavian artery, mediastinal haematoma, contusion to the lungs, contusion to the liver and spleen, fracture of the pelvic bones, the right femoral bone, the right humeral bone, as well as fracture of the transverse processes of the L2-L5 vertebrae. During the first stage of the procedure under general anaesthesia, a stent-graft, Valiant Thoracic (VAMF2424C150TE), was implanted using a femoral approach with partial coverage of the left subclavian artery. Then an exploratory laparotomy was performed and no lesions that needed to be surgically managed were observed. During the next stage the patient had orthopaedic procedures to stabilise fractures of the pelvis and long bones. The patient is still under the care of the Copernicus Memorial Hospital in Łódź.

The age of patients treated at our Ward due to a post-traumatic thoracic aortic injury ranged from 20 to 45 years (a mean of 34 years). Male patients were predominant (3:2). The aorta diameter above the injury site ranged from 19 mm to 23 mm. The mortality of these patients depended first of all on the severity of coexisting body injuries, and was 20% (1 of 5 patients) in our group. The only observed complication associated with stent-graft implantation was a type I leak observed in one patient who required another endovascular procedure to manage the leak. The femoral approach was preferred during the procedure. Only in one patient, of Asian origin, was the procedure performed using a direct approach through the abdominal aorta due to the small diameter of the femoral and iliac arteries. Hospitalisation ranged from 7 days (the patient who died did so on day 7) to 46 days. Duration of hospitalisation depended, first of all, on the severity of coexisting body injuries (lung contusion, damage to parenchymal organs, fractures to the pelvis and long bones).

Difficulties and technical issues

Patients with a post-traumatic thoracic aortic injury are usually younger than those with thoracic aortic aneurysms or aortic tears. The mean age of such patients is about in our group 31 years [5]. This fact is associated with some difficulties during the procedure, as well as the development of specific complications after implantation. First of all, the aortic diameter in younger patients

ocenić anatomię łuku aorty i tętnic od niej odchodzących oraz ułatwia dobór właściwego rodzaju i wielkości stent-graftu. W trakcie analizy obrazów tomograficznych należy ocenić położenie i jakość proksymalnego i dystalnego punktu zakotwiczenia stent-graftu, odległość pomiędzy tymi punktami, kąt zagięcia łuku aorty, jak również średnicę i stan naczyń udowych i biodrowych, przez które system będzie wprowadzany [7, 9]. Piśmiennictwo podaje, że długość strefy zakotwiczenia stent-graftu powinna wynosić 1–2 cm. Długość ta wydaje się zależeć również od jakości ściany aorty. U osób młodszych, z elastyczną ścianą, nawet krótszy odcinek wydaje się być wystarczający, aby zachować szczelność. Natomiast u osób starszych, ze zmianami miażdżycowymi i zwągnięciami ściany aorty, strefa ta powinna być dłuższa [9, 11]. Istotna jest również długość aorty pokryta przez stent-graft, a tym samym liczba zamkniętych tętnic zaopatrujących rdzeń kręgowy. Im większa jest ich liczba, tym większe ryzyko niedokrwienia rdzenia kręgowego.

Do urazu aorty dochodzi najczęściej w okolicy jej cieśni, co wiąże się z koniecznością przykrycia odejścia lewej tętnicy podobojczykowej. Dotychczasowe obserwacje pokazują, że u większości chorych zamknięcie tej tętnicy pozostaje bezobjawowe. Dochodzi bowiem do odwrócenia przepływu w tętnicy kręgowej, poprzez co krew dopływa do lewej kończyny górnej [8, 11]. Natomiast w przypadku odmienności anatomicznej, polegającej na bezpośrednim odejściu lewej tętnicy kręgowej od łuku aorty, ryzyko ostrego niedokrwienia lewej kończyny górnej jest wysokie. Istnieje wówczas konieczność wykonania pomostowania szyjno-podobojczykowego lub transpozycji tętnicy podobojczykowej do tętnicy szyjnej wspólnej. Konieczność pokrycia odejścia lewej tętnicy podobojczykowej stwarza również zagrożenie powstania przecieku typu II.

Kolejnym elementem istotnym przy planowaniu zabiegu implantacji stent-graftu jest ocena średnicy tętnic udowych i biodrowych, przez które system będzie wprowadzany. Optymalna średnica tych naczyń wynosi około 7–8 mm. W przypadku występowania istotnych zwężeń istnieje konieczność wykonania zabiegu angioplastyki czy implantacji stentu w celu poszerzenia średnicy naczyń. Stent-graft można również wprowadzić przez mankiety z protezy naszytej na tętnicę biodrową. W przypadku pacjenta nr 4 zarówno tętnice udowe, jak i biodrowe były tak wąskie, że zabieg implantacji został wykonany z bezpośredniego dostępu przez aortę brzuszną.

W trakcie samego zabiegu implantacji stent-graftu ważna jest właściwa kontrola ciśnienia tętniczego. Wysokie ciśnienie krwi powoduje zsuwanie się stent-graftu i uniemożliwia umieszczenie go we właściwej pozycji. Na czas otwierania stent-graftu w łuku aorty zaleca się obniżenie ciśnienia do wartości 50–70 mm Hg. Stosowane są krótko działające leki hipotensyjne, takie jak nitrogliceryna i nitroprusydek sodu, jak również adenozyzna, która wywołuje krótkotrwałą odwracalną asystolię [7]. Nowa generacja stent-graftów z kontrolowanym systemem uwalniania pozwala na precyzyjne umiejscowienie stent-graftu w łuku aorty.

is smaller, and it is necessary to use a stent-graft with the diameter that is smaller than usual. Moreover, as the aortic diameter increases with age, it is therefore necessary to use a stent-graft with an appropriately oversized diameter (so called oversizing). In the long term, when the diameter of the aorta increases it is possible that a stent-graft migrates or a leak is formed. The selection of an appropriate graft diameter is also controversial due to the fact that the diameter of the aorta in a CT can be reduced in patients who are haemodynamically unstable and being examined during hypovolaemic shock. In such cases there is a possibility that the appropriate graft size has been underestimated [20, 21].

The second obstacle is the fact that in younger patients the aortic arch is more acute. As a result, the stent-graft may adhere to the aortic arch curvature inappropriately, an aspect which is associated with a higher incidence of leaks or poses a risk that the stent-graft might bend, migrate or clot [9]. Moreover, an acute, so-called gothic aortic arch, may make it impossible for one to perform implantation, as well as posing a risk of intraoperative damage to the aorta and haemorrhage.

Thanks to multiplanar reconstruction of CT images it is possible to evaluate the anatomy of the aortic arch and branching-off arteries, and to facilitate the selection of the appropriate type and size of stent-grafts. During an analysis of tomographic images the following have to be evaluated: the location and quality of proximal and distal anchor points for the stent-graft, the distance between these points, the angle of the aortic arch curvature, as well as the diameter and condition of the femoral and iliac vessels used to introduce the system [7, 9].

According to the literature the length of the anchor zone of the stent-graft should be 1–2 cm. Moreover, this distance also appears to depend on aorta wall quality. In younger patients with elastic walls, even a shorter segment seems to be sufficient to maintain watertightness. On the other hand, in elderly patients with atherosclerotic lesions and aortic wall calcifications, this segment should be longer [9, 11].

The length of the aorta covered by the stent-graft and, consequently, the number of closed arteries supplying the spinal cord, is also significant. Thus, the higher the number, the higher the risk of ischaemia of the spinal cord.

Aortic injury is most frequently reported in the isthmus area, an aspect which is associated with the need to cover the ostium of the left subclavian artery. Observations performed so far indicate that in the majority of patients the closure of this artery is asymptomatic. In this case the flow in the vertebral artery becomes reversed, and consequently, blood flows to the left upper extremity [8, 11]. However, in the event of an anatomic variant consisting of a direct ostium of the left vertebral artery from the aortic arch, the risk of acute ischaemia of the left upper extremity is high. In such cases it is necessary to perform a carotid-subclavian bypass or transposition of the subclavian artery to the common carotid artery. The need to cover the left subclavian artery also poses a risk of a type II leak.

Karmy-Jones i wsp. dokonali szczegółowej analizy piśmiennictwa dotyczącego TAI (62 analizy grup przypadków i 6 metaanaliz), skupiając się na powikłaniach leczenia wewnątrznacyniowego [11]. Najczęstszym opisywanym powikłaniem był przeciek typu I, który wystąpił w 5,2% przypadków. Możliwości leczenia tej patologii polegają na doprężeniu stent-graftu do ścian aorty balonem, implantacji kolejnego stent-graftu lub stentu. Do zapadnięcia się stent-graftu doszło w 2,5% przypadków. Powikłanie to może być zdarzeniem potencjalnie śmiertelnym, jeśli dojdzie do całkowitego zamknięcia światła aorty, dlatego pacjenci ci zwykle wymagają pilnego leczenia operacyjnego. U 1% chorych dochodzi do migracji stent-graftu. U chorych tych wykonywano zarówno naprawcze zabiegi wewnątrznacyniowe, jak i operacje otwarte. Powikłania związane z dostępem nacyniowym obserwowano u 2% chorych. Wymagali oni zarówno stentowania naczyń, jak i endarterektomii, trombektomii, czy też operacji naprawczych tętnic biodrowych, udowych czy ramiennych. Częstość występowania udaru mózgu u pacjentów z pokrytą lewą tętnicą podobojczykową wyniosła 1,9%, a z nie pokrytą 0,6%. Natomiast jedynie 5 chorych w grupie 259 pacjentów z pokrytą lewą tętnicą podobojczykową wymagało zabiegu pomostowania szyjno-podobojczykowego z powodu niedokrwienia kończyny górnej. Podsumowując, badanie to pokazało, że po zabiegach wewnątrznacyniowych 9% chorych wymagało wykonania dodatkowych zabiegów, z których 4% wykonano metodą wewnątrznacyniową, a 5% metodą otwartą.

Dyskusja

Pomimo znacznego postępu w zakresie technik chirurgicznych oraz opieki okołoperacyjnej, odsetek zgonów i powikłań po klasycznym leczeniu operacyjnym TAI nadal pozostaje wysoki. Publikowane w piśmiennictwie zachęcające wyniki stosowania procedur wewnątrznacyniowych oraz coraz większe doświadczenie własne chirurgów i radiologów w tym zakresie spowodowało, że TEVAR stała się podstawową metodą leczenia pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej. Mimo to, zastosowanie stent-graftu w przypadku TAI jest nadal zabiegiem z użyciem sprzętu poza rejestracją (*off-label*).

Rahimi i wsp. [13] przedstawiają grupę 18 pacjentów z pourazowym uszkodzeniem aorty piersiowej leczonych wewnątrznacyniowo. Średnia wieku chorych wyniosła 44 lata. Żaden chory nie wymagał konwersji do operacji otwartej. Średnia utrata krwi wyniosła 222 ml. Śmiertelność w trakcie hospitalizacji wyniosła 11%. U żadnego chorego nie doszło do porażenia kończyn dolnych. U 9 z 18 pacjentów pokryto lewą tętnicę podobojczykową, ale tylko dwóch (11%) spośród nich wymagało wykonania dodatkowego zabiegu przywracającego w niej przepływ. Udar mózgu wystąpił u jednego chorego (5%). Buz i wsp. [12] przedstawiają retrospektywną analizę 74 przypadków chorych z TAI. Leczenie operacyjne zastosowano u 35 chorych, natomiast u 39 pacjentów wykonano zabieg wewnątrznacyniowy. Śmiertelność 30-dniowa w pierwszej grupie wyniosła 20%, zaś w grupie TEVAR

Another issue that is vital when planning stent-graft implantation is to evaluate the diameter of the femoral and iliac arteries used to introduce the system. The optimum diameter of these vessels is approx. 7–8 mm. If significant stenoses are present it is necessary to perform an angioplasty or stent implantation in order to dilate the vascular lumens. A stent-graft might also be introduced through a cuff made of a graft sewn onto the iliac artery. In the case of the patient 4, as the femoral and iliac arteries were too narrow, the implantation was performed using a direct approach through the abdominal aorta.

During the stent-graft implantation procedure itself, it is important to monitor arterial blood pressure appropriately. Due to high blood pressure a stent-graft might slide making it impossible to place it in the correct position. In the period when a stent-graft is opened, blood pressure should be reduced to 50–70 mm Hg in the aortic arch. Short-acting antihypertensive agents such as nitroglycerine and sodium nitroprusside, as well as adenosine, which causes short-lasting reversible asystole, are used [7]. In the case of a new generation of stent-grafts with a controlled delivery system it is possible to position a stent-graft precisely in the aortic arch.

Karmy-Jones *et al.* performed a detailed analysis of the literature on TAI (62 analyses of case groups and 6 meta-analyses) focusing in particular on complications of endovascular treatment [11].

A type I endoleak was the most commonly reported complication and developed in 5.2% of cases. The possibilities of treatment for this pathology include: pressurising a stent-graft against the aortic walls with a balloon and implantation of another stent-graft or stent.

A stent-graft collapse occurred in 2.5% of cases. This complication can be a potentially fatal if the aortic lumen becomes completely closed, therefore the patients with this type require immediate surgical treatment.

In 1% of patients stent-grafts migrate. In these patients secondary of complication endovascular procedures, as well as open surgical operations, were performed.

Complications associated with the vascular access were observed in 2% of patients who had to have the following procedures performed: angioplasty and/or stenting, endarterectomy, thrombectomy or surgical repair on the iliac, femoral or brachial.

The incidence of cerebral stroke in patients in whom the left subclavian artery was covered was 1.9%, and 0.6% in those without coverage. Thus, only 5 patients out of a group of 259 who had had the left subclavian artery covered had to have a carotid-subclavian bypass procedure performed due to upper extremity.

To summarize, this study has demonstrated that after endovascular procedures 9% of patients required additional procedures. Thus, 4% of patients underwent procedures using endovascular methods, and 5% using open methods.

Discussion

Despite significant progress with regard to surgical techniques and post-operative management, the rate of

7,7%. Powikłania pooperacyjne, takie jak niewydolność oddechowa, zapalenie płuc, porażenie nerwu krtańowego, krwawienie i konieczność kolejnej torakotomii, wystąpiły w 28,5% przypadków chorych leczonych operacyjnie. Nie stwierdzono żadnego przypadku porażenia kończyn dolnych. Po leczeniu wewnątrznaczyniowym u dwóch chorych zaobserwowano powikłania neurologiczne związane z pokryciem tętnicy podobojczykowej. Ponadto jeden z pacjentów zmarł 8 miesięcy po zabiegu na skutek zakażenia stent-graftu przez metycylinooporny szczep *Staphylococcus aureus*.

Dane przedstawione przez Riesenmana i wsp. [8] obrazują grupę 100 pacjentów z pourazowym uszkodzeniem aorty piersiowej, w której u 60 pacjentów zastosowano leczenie operacyjne, u 26 TEVAR, natomiast u 14 chorych leczenie zachowawcze. Analizowane grupy nie różniły się statystycznie wiekiem, płcią, rasą, lokalizacją uszkodzenia, etiologią wypadku oraz punktacją w pourazowej skali ISS (*injury severity score*). Śmiertelność w trakcie hospitalizacji w pierwszej grupie wyniosła 37%, zaś w drugiej 12%, natomiast śmiertelność śródoperacyjna 18% v. 0%. Częstość innych poważnych powikłań wyniosła: paraplegia 6% w grupie pierwszej v. 0% w grupie drugiej; niewydolność nerek 31% v. 4%; zapalenie płuc 63% v. 46%; udar mózgu 6% v. 8%. Również dane związane z samym zabiegiem operacyjnym przemawiają na korzyść leczenia wewnątrznaczyniowego. Średni czas operacji wynosił w pierwszej grupie 216 minut, zaś w grupie drugiej 105 minut; średnia utrata krwi 2833 ml v. 76 ml; liczba przetoczonych jednostek krwi 6 v. 1,3 jednostki. W grupie TEVAR w 19% przypadków występowała konieczność ponownych interwencji wewnątrznaczyniowych związanych z niewłaściwym położeniem stent-graftu w łuku aorty.

Demetriades i wsp. [22] poddali analizie 200 chorych z TAI, z których 65% poddano TEVAR, natomiast 35% operacji otwartej. Śmiertelność wyniosła w grupach odpowiednio 7,2% oraz 23,5%, a częstość porażenia kończyn dolnych 0,8% v. 2,9%. Natomiast 20% chorych wymagało dodatkowych zabiegów związanych z wystąpieniem powikłań po zabiegu implantacji, zwłaszcza przecieków. Kolejne dane wskazujące na liczne korzyści płynące z zastosowania TEVAR przedstawiają w swojej metaanalizie Murad i wsp. [7]. Przeanalizowali oni 139 prac i 7768 pacjentów, których podzielili na grupy leczonych operacyjnie, wewnątrznaczyniowo oraz zachowawczo. Śmiertelność wynosiła w poszczególnych grupach 19%, 9% i 46%. Paraplegia wystąpiła w odpowiednio 9%, 3% i 3% przypadków, zaś schyłkowa niewydolność nerek w 8%, 5% i 3%. Badanie to nie wykazało istotnych statystycznie różnic w częstości występowania udarów mózgu w poszczególnych grupach. Leczenie operacyjne związane było również z większą częstością występowania poważnych zakażeń, zwłaszcza zapalenia płuc. Natomiast w podgrupie chorych leczonych wewnątrznaczyniowo występowała zwiększona konieczność ponownych interwencji na skutek powikłań związanych z implantacją stent-graftu (5,4%). Najczęściej występowały przecieki (60%), zapadnięcie się stent-graftu (11%), bądź uszkodzenie tętnicy biodrowej 1%. W publikacji tej porównano

mortality and complications following standard surgical treatment for TAI is still high. The encouraging outcomes of endovascular procedures published in the literature, along with the more and more comprehensive experience of surgeons and radiologists in this field, have resulted in TEVAR becoming the standard method to treat post-traumatic thoracic aortic injuries. However, the use of stent-grafts for TAI is still an off-label use of this device.

Rahimi *et al.* [13] presented a group of 18 patients with a post-traumatic thoracic aortic injury treated endovascularly. The mean age of patients was 44 years. In none of the patients was conversion to open surgery necessary. The mean blood loss was 222 ml. The mortality during hospitalisation was 11%. In none of the patients was lower extremity paresis observed. Although in 9 out of 18 patients the left subclavian artery was covered, in only 2 of them (11%) was an additional procedure to restore flow necessary. Cerebral stroke developed in 1 patient (5%).

Buz *et al.* [12] presented a retrospective analysis of 74 cases of patients with TAI. Surgical treatment was applied in 35 patients, whereas an endovascular procedure was performed in 39 patients. The 30-day mortality rate in the first group was 20%, and 7.7% in the TEVAR group. Post-operative complications such as respiratory failure, pneumonia, laryngeal nerve paresis, haemorrhage and the need for a rethoracotomy were present in 28.5% of patients treated surgically. No case of lower extremity paresis was observed. After endovascular treatment, there were neurological complications associated with covering the subclavian artery in 2 patients. Moreover, one patient died 8 months after the procedure due to stent-graft infection by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*.

Data presented by Riesenman *et al.* [8] concerned a group of 100 patients with a post-traumatic thoracic aortic injury — 60 patients received surgical treatment, 26 — TEVAR, and conservative treatment was applied in 14 patients. There were no statistically significant differences between analysed groups with regard to age, sex, race, injury location, accident aetiology and ISS (Injury Severity Score) score. The mortality during hospitalisation was 37% in group I, and 12% in group II; whereas intraoperative mortality was 18% and 0%, respectively. The incidence of other serious complications was: paraplegia 6% in group I vs. 0% in group II, renal failure 31% vs. 4%, pneumonia 63% vs. 46%, cerebral stroke 6% vs. 8%. Furthermore, data regarding the surgical procedure itself favour the use of endovascular treatment. The mean duration of surgery was 216 min. in group I, and 105 min. in group II, while the mean blood loss was 2833 ml vs. 76 ml and the amount of blood units transfused: 6 units vs. 1.3 units. However, in the TEVAR group it was necessary to perform further endovascular interventions associated with the inappropriate positioning of a stent-graft in the aortic arch in 19% of cases.

Demetriades *et al.* [22] analysed 200 patients with TAI: 65% underwent TEVAR, whereas 35% underwent open surgery. The mortality rates were 7.2% and 23.5%, respectively, while the incidence of lower extremity paresis was

również wyniki leczenia natychmiastowego z odroczonej i stwierdzono, że u pacjentów leczonych w trybie pilnym liczba powikłań jest mniejsza, a czas hospitalizacji krótszy.

W 2011 r. na łamach *Journal of Vascular Surgery* ukały się praktyczne zalecenia *The Society for Vascular Surgery* (SVS) dotyczące leczenia pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej, opracowane na podstawie metaanalizy Murada i wsp. [10]. Autorzy podkreślają, że dowody, na których podstawie opierali swoje rekomendacje, są niskiej jakości (2C), ze względu na brak prospektywnych randomizowanych badań klinicznych. SVS zaleca wykonanie zabiegu wewnątrznaczyniowego, mimo że jest to nadal użycie stent-graftu poza rejestracją. TEVAR może być zastosowany niezależnie od wieku, jeśli tylko jest to możliwe pod względem anatomicznym. Autorzy rekomendacji sugerują pilny zabieg, tj. w ciągu 24 godzin od przyjęcia chorego do szpitala. Leczenie zachowawcze i obserwacja są zalecane jedynie u chorych z pierwszym stopniem uszkodzenia aorty (rozdarcie błony wewnętrznej). Nie zaleca się natomiast rutynowej rewaskularyzacji lewej tętnicy podobojczykowej, jeśli konieczne było jej pokrycie. Zabieg taki powinien być rozważony u chorych zagrożonych wystąpieniem udaru mózgu, na podstawie kontrolnej angiografii. Stosowanie heparyny ogólnoustrojowo jest zalecane, ale w mniejszych dawkach niż standardowo w trakcie TEVAR. Preferowanym rodzajem znieczulenia do zabiegu jest znieczulenie ogólne. Nie zaleca się rutynowego drenażu płynu mózgowo-rdzeniowego. SVS wypowiada się również na temat dostępu naczyniowego — zalecany jest otwarty dostęp poprzez tętnicę udową.

Wnioski

Zastosowanie leczenia wewnątrznaczyniowego u chorych, którzy doznali pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej pozwoliło znacząco zmniejszyć wskaźniki śmiertelności związane z tym schorzeniem oraz ograniczyć liczbę powikłań, zwłaszcza paraplegii i niewydolności nerek. Na podstawie przedstawionego piśmiennictwa wydaje się, że TEVAR jest optymalnym sposobem leczenia pacjentów z TAI i współistniejącymi licznymi obrażeniami ciała. Konieczne zatem wydaje się istnienie w centrach urazowych operacyjnych sal hybrydowych wyposażonych w angiograf. Możliwe jest wówczas jednoczesne wykonanie zabiegów wewnątrznaczyniowych, ogólnochirurgicznych, ortopedycznych czy neurochirurgicznych. Wnioski dotyczące przewagi leczenia wewnątrznaczyniowego nad zabiegami otwartymi oparte są przede wszystkim na wynikach krótko- i średnioterminowych obserwacji. Konieczne wydaje się być przeprowadzenie długoterminowych badań prospektywnych, nie wiadomo bowiem, jak po wielu latach będą zachowywały się implanty wszczepione młodym pacjentom.

Piśmiennictwo (References)

1. Clancy TV, Gary Maxwell J, Covington DL, Brinker CC, Blackman D. A statewide analysis of level I and II trauma centers for patients with major injuries. *J Trauma* 2001; 51: 346–351.

0.8% vs. 2.9%. On the other hand, 20% of patients required additional procedures associated with complications after implantation procedures, in particular with leaks.

Further data indicating the numerous benefits associated with TEVAR are presented by Murad *et al.* [7] in their meta-analysis. They analysed 139 articles and 7,768 patients who were divided as follows: surgical, endovascular and conservative treatment. The mortality rates in these groups were 19%, 9% and 46%, respectively. Moreover, the respective rates of paraplegia were 9%, 3% and 3% and terminal renal failure, 8%, 5% and 3%. This examination did not reveal statistically significant differences with regard to the incidence of cerebral stroke in individual groups. Surgical treatment was also associated with a higher incidence of serious infections, especially pneumonia. On the other hand, in the group of patients receiving endovascular treatment there was a greater need of re-interventions due to complications associated with stent-graft implantation (5.4%). Leaks (60%), stent-graft collapse (11%), or damage to the iliac artery (1%) were the most common causes. As this paper also compares the outcomes of early and late treatment, it was concluded that in patients receiving early treatment the number of complications is lower, and hospitalisation duration is shorter.

In 2011 in "The Journal of Vascular Surgery" published the practical recommendations of The Society for Vascular Surgery (SVS) on the treatment of post-traumatic thoracic aortic injuries based on the meta-analysis by Murad *et al.* [10]. The authors emphasise, however, that the evidence on which they based their recommendations are of low quality (2C), in view of the lack of prospective randomised studies.

The SVS recommends the performance such endovascular procedures despite the fact that the use of a stent-graft is off-label. Moreover, if it is feasible anatomically, TEVAR can be used regardless of age. The authors of these recommendations suggest an early procedure i.e. within 24 hours of hospital admission. Conservative treatment and observation are recommended only for patients with a grade I aortic injury (a tear to the internal membrane). However, routine revascularisation of the left subclavian artery is not recommended if there is a need of coverage. This procedure should be considered in patients at the risk of cerebral stroke based on a follow-up angiography. The systemic use of heparin is recommended, but at lower doses than those which are standard during TEVAR. General anaesthesia is the preferred type of anaesthesia before the procedure. Routine drainage of the cerebrospinal fluid is not recommended. The SVS also presents its opinion regarding vascular access, recommending an open approach through the femoral artery.

Conclusions

The use of endovascular treatment in patients who have experienced post-traumatic thoracic aortic injuries has made it possible to reduce mortality rates associated

2. Clouse WD. Endovascular repair of thoracic aortic injury: current thoughts and technical considerations. *Semin Intervent Radiol.* 2010; 27: 55–67.
3. Kwolek CJ, Blazick E. Current management of traumatic thoracic aortic injury. *Semin Vasc Surg.* 2010; 23: 215–220.
4. Cook CC, Gleason TG. Obrażenia serca i dużych naczyń. *Chirurgia po dyplomie 2010*; 5.
5. Schumacher H, Böckler D, von Tengge-Kobligk H, Allenberg JR. Acute traumatic aortic tear: open versus stent-graft repair. *Semin Vasc Surg.* 2006; 19: 48–59.
6. Neschis DG, Scalea TM, Flinn WR, Griffith BP. Tępe urazy aorty. *Chirurgia po dyplomie 2009*; 4.
7. Murad MH, Rizvi AZ, Malgor R *et al.* Comparative effectiveness of the treatments for thoracic aortic transection. *J Vasc Surg.* 2011; 53: 193–199.
8. Riesenman PJ, Brooks JD, Farber MA. Acute blunt traumatic injury to the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2012; 56: 1274–1280.
9. Kolbeck KJ, Kaufman JA. Endovascular stent grafts in urgent blunt and penetrating thoracic aortic trauma. *Semin Intervent Radiol.* 2011; 28: 98–106.
10. Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS *et al.* Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg.* 2011; 53: 187–192.
11. Karmy-Jones R, Ferrigno L, Teso D, Long WB 3rd, Shackford S. Endovascular repair compared with operative repair of traumatic rupture of the thoracic aorta: a nonsystematic review and a plea for trauma-specific reporting guidelines. *J Trauma* 2011; 71: 1059–1072.
12. Buz S, Zipfel B, Mulahasanovic S, Pasic M, Weng Y, Hetzer R. Conventional surgical repair and endovascular treatment of acute traumatic aortic rupture. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008; 33: 143–149.
13. Rahimi SA, Darling RC 3rd, Mehta M, Roddy SP, Taggart JB, Sternbach Y. Endovascular repair of thoracic aortic traumatic transections is a safe method in patients with complicated injuries. *J Vasc Surg.* 2010; 52: 891–896.
14. Canaud L, Joyeux F, Berthet JP, Hireche K, Marty-Ané C, Alric P. Impact of stent-graft development on outcome of endovascular repair of acute traumatic transection of the thoracic aorta. *J Endovasc Ther.* 2011; 18: 485–490.
15. Canaud L, Alric P, Branchereau P *et al.* Open versus endovascular repair for patients with acute traumatic rupture of the thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011; 142: 1032–1037.
16. Oberhuber A, Erhard L, Orend KH, Sunder-Plassmann L. Ten years of endovascular treatment of traumatic aortic transection

with this condition significantly and to limit the number of complications, especially paraplegia and renal failure. Based on the literature presented above, it appears that TEVAR is the optimum treatment method in patients with TAI and numerous coexisting body injuries. Therefore, it seems that hybrid operating rooms equipped with angiographs should be established in trauma centres. In such cases it is possible to perform endovascular, general surgical, orthopaedic or neurosurgical procedures simultaneously.

Conclusions presenting the benefits of endovascular treatment with regard to open surgery are, first of all, based on the outcomes of short and medium-term observations. It seems necessary to perform long-term prospective studies as the long-term effects of grafts implanted to young patients are not yet known.

— a single centre experience. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2010; 58: 143–147.

17. Ehrlich MP, Rousseau H, Heijman R *et al.* Early outcome of endovascular treatment of acute traumatic aortic injuries: the talent thoracic retrospective registry. *Ann Thorac Surg.* 2009; 88: 1258–1263.
18. Urganli F, Lerut P, Da Rocha M, Adriani D, Leon F, Rimbau V. Endovascular treatment of acute traumatic thoracic aortic injuries: a retrospective analysis of 20 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009; 138: 1129–1138.
19. Xenos ES, Abedi NN, Davenport DL *et al.* Meta-analysis of endovascular v. open repair for traumatic descending thoracic aortic rupture. *J Vasc Surg.* 2008; 48: 1343–1351.
20. Jonker FH *et al.* Aortic endograft sizing in trauma patients with hemodynamic instability. *J Vasc Surg.* 2010; 52: 39–44.
21. van Prehn J, van Herwaarden JA, Muhs BE, Arnofsky A, Moll FL, Verhagen HJ. Difficulties with endograft sizing in a patient with traumatic rupture of the thoracic aorta: the possible influence of hypovolemic shock. *J Vasc Surg.* 2008; 47: 1333–1336.
22. Demetriades D, Velmahos GC, Scalea TM *et al.* American Association for the Surgery of Trauma Thoracic Aortic Injury Study Group Operative repair or endovascular stent graft in blunt traumatic thoracic aortic injuries: results of an American Association for the Surgery of Trauma Multicenter Study. *J Trauma* 2008; 64: 561–570.

Adres do korespondencji (Address for correspondence):

Lek. Justyna Kruś-Hadala
Kaletnik, ul. Główna 51b, 95–040 Kolutzki
tel. 691 386 415
e-mail: justyna.hadala1981@wp.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 21.04.2013 r.