

# Endovascular treatment of traumatic injuries of thoracic aorta

## Wewnątrznaczyniowe leczenie pourazowych uszkodzeń aorty piersiowej

Robert Juszkat<sup>1</sup>, Marek Jemielity<sup>2</sup>, Fryderyk Pukacki<sup>3</sup>, Grzegorz Oszkinis<sup>3</sup>, Ryszard Staniszewski<sup>3</sup>, Jerzy Kulesza<sup>1</sup>, Violetta Nowak<sup>1</sup>, Wacław Majewski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Karol Marcinkowski University of Medical Sciences, Poznań, Poland (Klinika Radiologii Akademii Medycznej w Poznaniu)

<sup>2</sup>Department of Cardiovascular Surgery, Karol Marcinkowski University of Medical Sciences, Poznań, Poland (Klinika Kardiochirurgii Naczyniowej Akademii Medycznej w Poznaniu)

<sup>3</sup>Department of General and Vascular Surgery, Karol Marcinkowski University of Medical Sciences, Poznań, Poland (Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyń Akademii Medycznej w Poznaniu)

### Abstract

**Background.** The aim of this paper is the evaluation of endovascular treatment of traumatic injuries of the thoracic aorta.

**Material and methods.** In the years 2003–2005, 13 patients were treated for traumatic injuries of the descending aorta related to traffic accidents. The types of traumatic lesions of the aorta were determined according to contrast-enhanced computed tomography (CT). This imaging also allowed the determination of the parameters necessary for stentgraft implantation, as well as possible injuries of other internal organs. In 12 patients, the procedure was performed through common femoral artery access; in one case, the stentgraft was introduced through a Dacron prosthesis sutured to the abdominal aorta. In nine cases, the stentgraft was implanted just below the origin of the left subclavian artery, and in four cases, below the origin of the left common carotid artery occluding the origin of the subclavian artery.

**Results.** In six patients, post-traumatic pseudoaneurysm of the thoracic aorta was diagnosed, aortic rupture with blood extravasation into mediastinum and pleural cavities in four others; whereas, in the three subsequent patients, type B aortic dissection was diagnosed. In all cases a good short-term treatment outcome was achieved along with the patient's stable condition.

**Conclusions.** Endovascular treatment involving stentgraft implantation is a safe and rapid method of treatment for traumatic injuries of the descending aorta. In the case of injury to the higher portion of the aorta, occlusion of the origin of the left subclavian artery is possible without secondary symptoms of ischaemia of CNS and/or left upper limb.

**Key words:** traumatic injuries, endovascular treatment, stentgraft

### Streszczenie

**Wstęp.** Celem pracy była ocena wewnątrznaczyniowego leczenia pourazowych obrażeń aorty zstępującej.

**Material i metody.** Od 2003 do 2005 roku leczono 13 chorych z powodu obrażeń aorty piersiowej, spowodowanych wypadkami komunikacyjnymi. Rodzaj zmian urazowych aorty ustalono na podstawie tomografii komputerowej (CT) ze wzmocnieniem kontrastowym. Badanie to pozwoliło jednocześnie określić parametry niezbędne do założenia stentgraftu, a także ocenić obrażenia innych narządów wewnętrznych. U 12 cho-

### Address for correspondence (Adres do korespondencji):

Dr med. Robert Juszkat, Klinika Radiologii AM  
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań, Poland  
Tel: (+48) 601 702 070  
e-mail: robertju@wp.pl

rych zabiegi wykonywano z dostępu przez tętnicę udową. W jednym przypadku stentgraft wprowadzono drogą doszytej do aorty brzusznej protezy dakronowej. Dziewięciokrotnie stentgraft wszczepiano tuż poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej. W 4 przypadkach umieszczono go poniżej tętnicy szyjnej wspólnej lewej, przykrywając tętnicę podobojczykową.

**Wyniki.** U 6 chorych rozpoznano pourazowy tętniak rzekomy aorty piersiowej, u 4 kolejnych pacjentów — pęknięcie aorty z wynaczynieniem krwi do śródpiersia i jam opłucnowych, natomiast u 3 innych badanych — rozwarstwienie aorty typu B. We wszystkich przypadkach uzyskano doraźnie dobry wynik leczenia, osiągając stabilny stan pacjentów.

**Wnioski.** Leczenie wewnątrznaczyniowe z założeniem stentgraftu jest bezpiecznym i szybkim zaopatrzeniem pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej. W przypadku wysokiego uszkodzenia aorty w celu uzyskania szczelności stentgraftu możliwe jest przykrycie lewej tętnicy podobojczykowej bez następowych objawów niedokrwienia osrodkowego układu nerwowego (OUN) i/lub kończyny górnej lewej.

**Słowa kluczowe:** pourazowe uszkodzenie aorty piersiowej, leczenie wewnątrznaczyniowe, stentgraft

## Introduction

The increasing number of traffic accidents inevitably leads to an increase in the number of multiple injuries. Among them, chest injuries associated with injury of the thoracic aorta are the most dangerous. In approximately 60% of cases, the aorta breaks near the isthmus, while ruptures of the ascending aorta and the aortic arch are less common [1]. Such aortic injuries may involve the whole wall or aortic intima and media, which influence the severity of clinical symptoms. Traumatic rupture of the thoracic aorta is associated with a high mortality rate, as approx. 80% of the patients die at the scene or during transport to hospital [2]. Moreover, approx. 30% of hospitalised patients die within the first six hours prior to any surgical intervention, and a further 50% of patients die within the first day of surgery [3].

Recently, significant modifications in the methods of traumatic aortic injury treatment have taken place. Surgical techniques, anaesthesia maintenance and intraoperative blood recovery methods have been improved. Such management has decreased morbidity and mortality rates; however, the post-operative mortality rate is still high, varying from 10 to 35% in open surgery [4, 5]. This could be explained by the poor general condition of patients, commonly involving hypovolaemic shock, which significantly increases operative risk [6]. Another dangerous complication of open surgery with aortic clamping is the development of paraplegia [5]. Consequently, new methods of patient rescue and management of severe complications of traumatic aortic injuries are still sought. An unquestionable success in recent years concerning the treatment of aortic injuries has been the introduction of endovascular proce-

## Wstęp

Wzrastająca liczba wypadków komunikacyjnych nieuchronnie prowadzi do zwiększania częstości mnogich obrażeń ciała. Spośród nich najbardziej niebezpieczne są urazy klatki piersiowej połączone z uszkodzeniem aorty piersiowej. W około 60% przypadków ściana aorty pęka w okolicy cieśni, w dalszej kolejności pęknięcia dotyczą aorty wstępującej oraz łuku [1]. Uszkodzenia aorty mogą obejmować całą grubość ściany lub jej błonę wewnętrzną i środkową, co wpływa na stopień ciężkości objawów klinicznych. Pourazowe pęknięcie aorty piersiowej obarczone jest wysoką śmiertelnością, gdyż około 80% chorych umiera na miejscu wypadku lub w drodze do szpitala [2]. Ponadto około 30% chorych hospitalizowanych umiera w ciągu pierwszych 6 godzin, przed wdrożeniem leczenia chirurgicznego, a kolejnych 50% chorych — w ciągu pierwszej doby pooperacyjnej [3].

W ostatnich latach znacznie zmieniły się sposoby zaopatrywania urazowych uszkodzeń aorty. Poprawie uległy techniki operacyjne, prowadzenie znieczulenia oraz sposoby odzysku śródoperacyjnego krwi. Postępowanie takie zmniejszyło chorobowość i śmiertelność u chorych z urazowym uszkodzeniem aorty piersiowej, jednak w dalszym ciągu odsetek zgonów okołoperacyjnych pozostaje wysoki i wynosi w operacjach otwartych 10–35% [4, 5]. Wiąże się to z ciężkim stanem ogólnym chorych, często będących we wstrząsie hipowolemicznym, co znacząco zwiększa ryzyko operacyjne [6]. Kolejnym groźnym powikłaniem otwartych zabiegów operacyjnych z zakleszczeniem aorty jest występowanie paraplegii [5]. Dlatego ustawicznie poszukuje się nowych sposobów ratowania chorych i zaopatrywania ciężkich powikłań pourazowych aorty. Niewąt-

dures. Despite the fact that there is no data on the long-term outcome of such treatment, the reported perioperative mortality rate is low and the number of neurological complications is insignificant [7].

The aim of this report is to assess the outcome of endovascular treatment of traumatic injuries of the thoracic aorta.

### Material and methods

From May 2003 to November 2005, 13 patients were treated for traumatic injury to the thoracic aorta in the departments of Cardiosurgery, General Surgery and Vascular Surgery, as well as in the Vascular Laboratory of the Radiology Department of the Medical University in Poznań. The group comprised nine males and four females aged from 21 to 56 years. Six patients with pseudoaneurysm of the thoracic aorta were admitted for elective specialized treatment following preliminary treatment in other hospitals or following outpatient observation lasting from 3 weeks to 22 months (Figures 1A, B). Seven other patients were admitted to the department directly from the accident scene.

Diagnosis was determined according to clinical examination and radiological imaging: transesophageal echocardiography (4 patients) and contrast-enhanced spiral CT with single-row scanner (GE) of the chest and the abdominal cavity (13 patients). Pseudoaneurysm was diagnosed in six patients, aortic rupture with blood extravasation

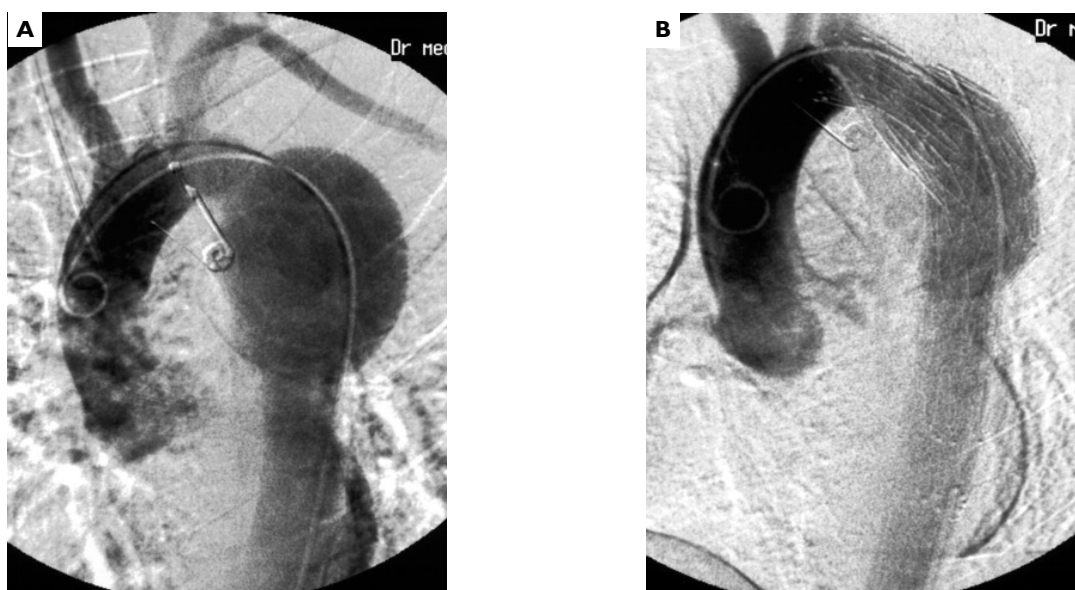
pliwym sukcesem ostatnich lat w leczeniu uszkodzeń aorty było wprowadzenie procedur wewnątrznaczyniowych. Mimo że nie ma danych dotyczących wyników długoterminowych takiego leczenia, jednak podawany odsetek zgonów okołoperacyjnych jest niewielki, a liczba powikłań neurologicznych zanika [7].

Celem doniesienia jest ocena wyników leczenia urazowych uszkodzeń aorty piersiowej z zastosowaniem metody wewnątrznaczyniowej.

### Material i metody

W okresie od maja 2003 r. do listopada 2005 r. w Klinikach Kardiologii, Chirurgii Ogólnej i Naczyń oraz w Pracowni Naczyniowej Zakładu Radiologii AM w Poznaniu leczono 13 chorych z powodu pourazowego uszkodzenia aorty piersiowej. W grupie tej było 9 mężczyzn i 4 kobiety w wieku 21–56 lat. Sześciu pacjentów z tętniakami rzekomymi aorty piersiowej przyjęto do planowego leczenia specjalistycznego, po wstępnym zaopatrzeniu w innych szpitalach lub po zakończeniu obserwacji ambulatoryjnych trwających od 3 tygodni do 22 miesięcy (ryc. 1AB). Siedmiu kolejnych chorych przyjęto do Kliniki bezpośrednio z miejsca wypadku.

Rozpoznanie ustalono na podstawie wyniku badania klinicznego i obrazowego badania radiologicznego: przezprzełykowej echokardiografii (4 chorych) oraz tomografii komputerowej (CT) klatki piersiowej i jamy brzusznej ze wzmocnieniem kontrastowym obrazem aparatem

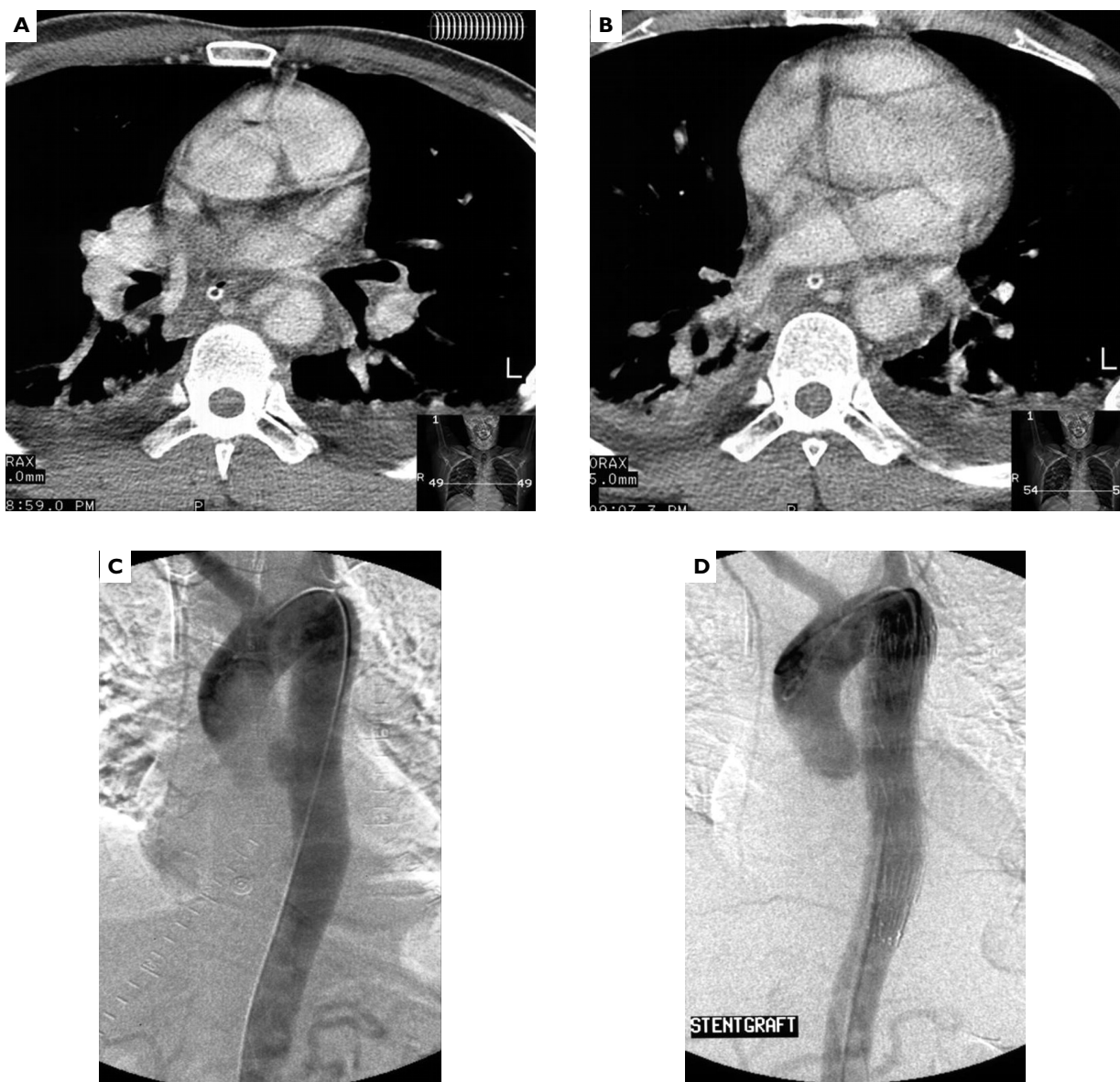


**Figure 1.** DSA examination. Pseudoaneurysm of the descending thoracic aorta; **A.** Before stentgraft implantation; **B.** After stentgraft implantation

**Rycina 1.** Badanie DSA. Tętniak rzekomy części zstępującej aorty; **A.** Przed wszczępieniem stentgraftu; **B.** Po wszczępieniu stentgraftu

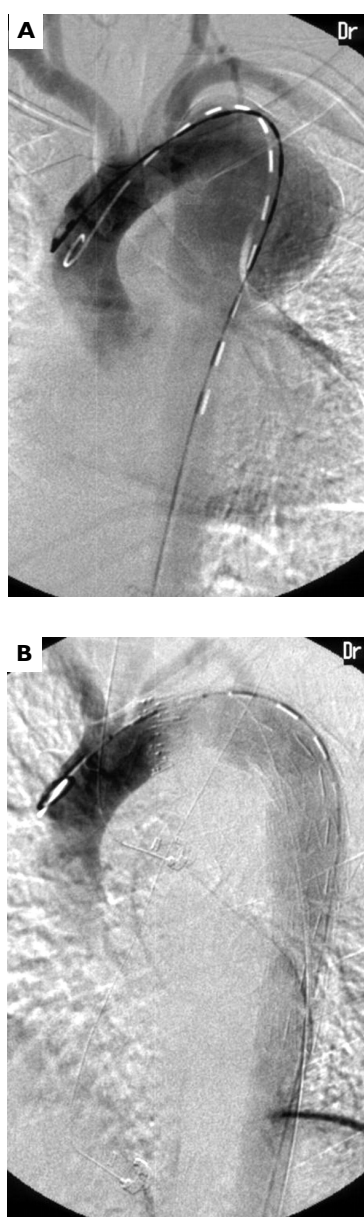
sation into mediastinum and pleural cavities in four others, and type B aortic dissection in the three subsequent patients. The pseudoaneurysms (6/13), aortic dissections (3/13) and three cases of aortic rupture were localized just below the origin of the left subclavian artery, while in one case, the aortic rupture was localized within the descending aorta, approx. 8–9 cm below the origin of the left subclavian artery (Figures 2A–D, 3A, B, 4A–C). In one patient, the aortic dissection was limited only to the thoracic aorta, and in two other patients, the lesions also involved the abdominal aorta and left common iliac arte-

spiralnym, jednorzędowym (GE) (13 chorych). U 6 chorych potwierdzono obecność tętniaka rzekomego, u 4 kolejnych rozpoznano pęknięcie aorty piersiowej z krwiakiem opłucnej i śródpiersia, u 3 innych pacjentów — rozwarstwienie aorty zstępującej (typ B). Tętniaki rzekome (6/13), rozwarstwienia aorty (3/13) oraz 3 przypadki pęknięcia aorty piersiowej zlokalizowane były tuż poniżej odejścia tętnicy podobojczykowej lewej, natomiast w jednym przypadku pęknięcie aorty umiejscowione było w części zstępującej aorty, około 8–9 cm poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczyko-



**Figure 2.** Rupture of the descending aorta. **A.B.** CT examination; **C.** DSA before stentgraft implantation; **D.** DSA after stentgraft implantation

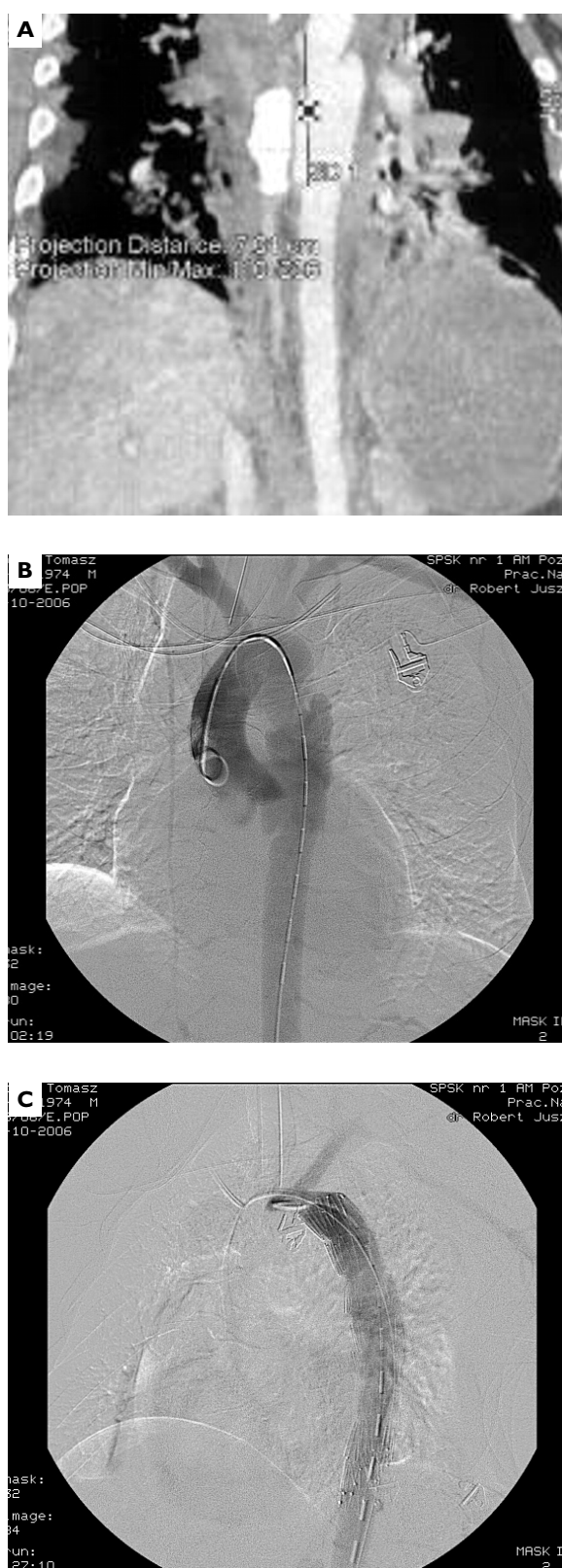
**Rycina 2.** Pęknięcie w części zstępującej aorty. **A.B.** Badanie CT; **C.** Badanie DSA przed wszczepieniem stentgraftu; **D.** Badanie DSA po wszczepieniu stentgraftu



**Figure 3.** DSA examination. Rupture of the descending thoracic aorta; **A.** Before stentgraft implantation; **B.** After stentgraft implantation

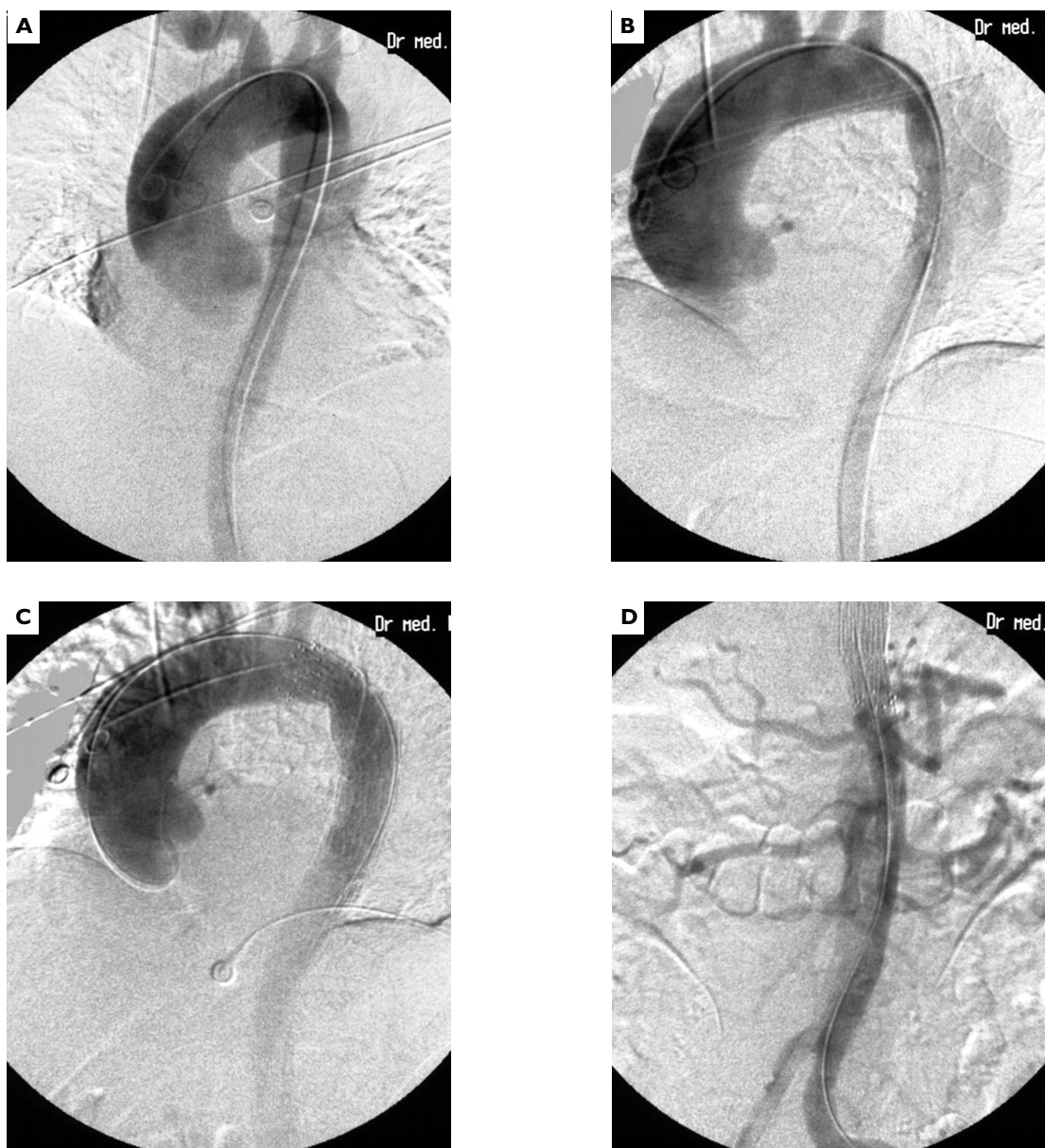
**Rycina 3.** Badanie DSA. Pęknięcie w części zstępującej aorty; **A.** Przed wszczepieniem stentgraftu; **B.** Po wszczepieniu stentgraftu

ry (Figures 5A–D). The visceral trunk, the superior mesenteric artery and the left renal artery were supplied from the true lumen and the right renal artery from the false one. In two other patients, aortic injury was associated with parenchymal bleeding from the liver as confirmed by angio-CT. The bleeding abated itself following conservative treatment. Additionally, six patients from the analysed group had long bone fractures and two had pelvic fractures and multiple rib fractures.



**Figure 4.** Rupture of the descending aorta. **A.** CT examination; **B.** DSA before stentgraft implantation; **C.** DSA after stentgraft implantation

**Rycina 4.** Pęknięcie w części zstępującej aorty. **A.** Badanie CT; **B.** Badanie DSA przed wszczepieniem stentgraftu; **C.** Badanie DSA po wszczepieniu stentgraftu



**Figure 5.** DSA examination. Patient with traumatic aorta dissection. **A.B.** Before stentgraft implantation; **C.D.** After stentgraft implantation

**Rycina 5.** Badanie DSA. Pacjent z pourazowym rozwarstwieniem aorty; **A.B.** Przed wszczepieniem stentgraftu; **C.D.** Po wszczepieniu stentgraftu

The imaging technique applied (angio-CT) allowed determination of the type of injury and scope of the lesions, as well as designing surgical technique. Qualification of the patient to endovascular treatment involved the determination of the size of stentgrafts required. A rule of 2–4 mm oversizing in the proximal site of implantation was applied.

In all cases, aortic injury was treated with a Cook stentgraft. In 12 patients, the procedure was performed through femoral artery access; the right com-

wej (ryc. 2A–D, ryc. 3AB, ryc. 4A–C) Rozwarstwienie ściany aorty u jednego pacjenta ograniczało się jedynie do aorty piersiowej, natomiast u dwóch pozostałych chorych zmiana obejmowała również aortę w części brzusznej oraz lewą tętnicę biodrową wspólną (ryc. 5A–D). Pień trzewny, tętnica kręzkowa górna oraz lewa tętnica nerkowa odchodziły z kanału prawdziwego. Prawa tętnica nerkowa zaopatrywana była z kanału rzekomego. U dwóch kolejnych chorych urazowi aorty towarzyszyło krwawienie miąższowe z wątroby, potwierdzone

mon femoral artery was exposed surgically, which significantly facilitated introduction of the stentgraft. Then the left common femoral artery was selectively catheterised (Seldinger's method). A 5F pigtail catheter was introduced into the ascending aorta through a 6F introducer. The stentgraft was introduced into the thoracic aorta on a guide wire, type Amplatz 0.35 (Cook). In one case, a 24-year-old patient with diagnosed Marfan syndrome, who had very narrow arteries, required separation of the aorta, to which an interim cuff of Dacron prosthesis was sutured. The other end of the prosthesis was exposed over the abdominal integument and used for the introduction of the stentgraft. In nine patients, the proximal end of stentgraft was placed just below the origin of the left subclavian artery, ensuring undisturbed blood supply to the left upper limb. In the remaining four patients, the prosthesis occluded the origin of the left subclavian artery because it began below the origin of the left common carotid artery.

Ten patients were followed-up after the stentgraft implantation, which involved clinical examination every 30 days for first 2 months and then every 3 months. Additionally, control echocardiography and angio-CT were performed. The patients are still under outpatient follow-up.

## Results

Seven patients with severe circulatory disorders underwent emergency surgery. In the others, the stentgraft implantation was performed on an elective basis, which resulted in stopping blood leakage into the pseudoaneurysm cavity and an improvement in haemodynamic parameters. All the stentgraft implantation procedures were performed without short-term complications. One patient with type B aortic dissection died on the second day after the procedure. In two other patients following the stentgraft implantation, without endoleak of the prosthesis, symptoms of mediastinal and pleural haematoma persisted with increased signs of circulatory and respiratory insufficiency, which provided an indication for vacuum pleural drainage. Six patients were cured with no need for additional vascular procedures.

No patients presented short-term symptoms of ischemia of CNS or left upper limb following occlusion of the origin of the left subclavian artery with the stentgraft. One of these patients suffered from strong pain within the occipital area, which abated after a few days of pharmacological treatment. Control angiography and Doppler sonography of the patients with iatrogenic occlusion of the origin of the left subclavian artery revealed, despite the lack of apparent clinical signs of ischa-

w angio-CT. Krwawienie ustąpiło samoistnie po zastosowaniu leczenia zachowawczego. U 6 chorych spośród analizowanej grupy dodatkowo stwierdzono złamania kości długich, u 2 pacjentów — złamania kości miednicy oraz wielomiejscowe złamania żeber.

Zastosowana technika obrazowania radiologicznego (angio-CT) pozwoliła określić rodzaj uszkodzenia, rozległość zmian, jak również zaplanować taktykę operacyjną. Kwalifikując chorego do leczenia wewnątrznaczyniowego, określano rozmiary wymaganych stentgraftów. Przyjęto zasadę 2–4-milimetrowego „oversizingu” w miejscu proksymalnego wszczepienia protezy.

We wszystkich 13 przypadkach uszkodzenie aorty zaopatrzone stentgraftem firmy Cook. U 12 chorych zabieg wykonano z dostępu udowego. Tętnicę udową wspólną prawą odsłonięto na drodze chirurgicznej, co znacznie ułatwiło wprowadzenie stentgraftu. Następnie selektywnie cewnikowano tętnicę udową wspólną lewą metodą Seldingera. Poprzez introduktor o szerokości 6 F umieszczano w części wstępującej aorty cewnik typu pigtail o średnicy 5 F. Stentgraft wprowadzano do aorty piersiowej na przewodniku typu Amplatz 0,35 firmy Cook. W jednym przypadku, u 24-letniego chorego z potwierdzonym zespołem Marfana, ze względu na bardzo wąskie tętnice zaistniała konieczność wypreparowania aorty, do której czasowo dosztyto mankiet z protezy dakronowej. Drugi koniec protezy wyłoniono ponad powłoki brzuszne i użyto do wprowadzenia stentgraftu. U 9 chorych część bliższą stentgraftu umieszczono tuż poniżej odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, zapewniając niezaburzony napływ krwi do lewej kończyny górnej. U 4 pozostałych chorych proteza przykrywała odejście lewej tętnicy podobojczykowej, rozpoczynając się poniżej ujścia tętnicy szyjnej wspólnej (tab. I).

Dziesięciu chorych po założeniu stentgraftów pozostawało pod kontrolą, przeprowadzano u nich badania kliniczne co 30 dni przez pierwsze 2 miesiące, a następnie w odstępach 3-miesięcznych. Dodatkowo przeprowadzano kontrolne badania echokardiograficzne i angio-CT. Chorzy nadal objęci są obserwacją ambulatoryjną.

## Wyniki

U 7 chorych z ciężkimi zaburzeniami krążenia zabieg wykonano w trybie pilnym. U pozostałych pacjentów zabieg implantacji stentgraftu przeprowadzono planowo, uzyskując likwidację przecieku krwi do jamy tętniaka rzeźkomego oraz poprawę parametrów hemodynamicznych. Wszystkie zabiegi wszczepienia stentgraftów przeprowadzono bez doraźnych powikłań. W 2. dobie pooperacyjnej zmarł jeden chory z rozwarstwieniem aorty typu B. U 2 kolejnych pacjentów po założeniu stentgraftu, po-

emia, subclavian steal syndrome with reversed blood flow in the left vertebral artery (type I, grade 3).

### Discussion

Blunt chest traumas with aortic injury are the second, after craniocerebral traumas, most common cause of post-traumatic death [2, 4, 8]. They are associated with the poor general condition of patients resulting from multiple injuries. The significant energy of the blunt trauma commonly causes, as well as the rupture of the thoracic aorta, multiple rib fractures, spine injuries and severe contusion of lung tissue and cardiac muscle [9]. Moreover, in many cases injuries to other body areas including the abdominal cavity, skull, brain and limbs are also observed. As well as the critical condition of the patient in hypovolaemic shock, there is often a necessity for emergency surgery [10]. Usually, aortic injuries are treated through left-sided thoracotomy with patients lying on their opposite side, which may result in a deterioration of neurological status in patients with spine injuries. Moreover, the necessity for the formation of pneumothorax significantly hinders peri- and postoperative management of patients with pulmonary contusions. Postoperative pain limits respiratory movements, increases atelectatic changes and may lead to pneumonia [10]. Furthermore, aortic clamping increases arterial hypertension in the upper part of the body; this may pose an additional risk factor that may intensify the unfavourable consequences of craniocerebral trauma [8]. Occlusion of the aorta causes a decrease in perfusion within the spinal cord and abdominal organs, which may lead to paraplegia and renal failure, in particular with concomitant hypovolaemic shock [11]. In order to minimise the above-mentioned risks, cardiopulmonary bypass was introduced into open chest surgery. However, the procedure requires systemic heparinisation which impairs haemostasis and poses a risk of intracranial haemorrhage. Eventually, such management may increase systemic inflammatory response syndrome (SIRS) and the development of multi-organ failure (MOF).

Until recently, the only advised means of management of blunt chest traumas with aortic injury was surgical treatment [12]. Despite improvements in surgical techniques and postoperative management, the final outcomes were unsatisfactory. Stentgrafts seem to be a landmark in the treatment of traumatic injuries to the thoracic aorta. They allow rapid and low-traumatic elimination of blood leakage and repair of the injured aorta [13–16]. The period of spinal cord ischaemia is significantly shorter compared with classical surgery with the use of aortic clamping, which essentially reduces the risk of development of paraplegia [17] as confirmed by data

mimo szczelności w obrębie implantowanej protezy, utrzymywały się objawy krwiaka śródpiersia i jamy opłucnowej z narastającymi objawami niewydolności krążeniowo-oddechowej, co stanowiło wskazanie do założenia opłucnowego drenażu ssącego. W 6 przypadkach uzyskano wyleczenie bez konieczności dodatkowych zabiegów naczyniowych.

U żadnego chorego po przykryciu stentgraftem ujścia lewej tętnicy podobojczykowej nie obserwowano doraźnych objawów niedokrwienia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) ani lewej kończyny górnej. U jednego z tych chorych w pierwszych dwóch dobach po zabiegu wystąpił silny ból w okolicy potylicznej, który ustąpił po kilku dniach leczenia farmakologicznego. W kontrolnych badaniach angiograficznych i doplersonograficznych u chorych z jatrogennym zamknięciem odejścia lewej tętnicy podobojczykowej, mimo braku ewidentnych cech klinicznych niedokrwienia, stwierdzono zespół podkradania tętnicy podobojczykowej z odwróconym przepływem krwi w lewej tętnicy kręgosłupowej (typ I, stopień trzeci).

### Omówienie wyników

Tępe urazy klatki piersiowej z obrażeniem aorty stanowią drugą, po urazach czaszkowo-mózgowych, przyczynę zgonów pourazowych [2, 4, 8]. Wiąże się to z ciężkim stanem ogólnym chorego, będącym następstwem mnogich obrażeń ciała. Znaczna energia tępego urazu, poza przerwaniem ciągłości aorty piersiowej, powoduje często wielomiejscowe złamania żeber, obrażenia kręgosłupa oraz ciężkie stłuczenia tkanki płucnej i mięśnia sercowego [9]. Ponadto wielokrotnie obserwuje się urazy innych okolic ciała, w tym: jamy brzusznej, czaszkowo-mózgowe oraz obrażenia kończyn. Poza krytycznym stanem ogólnym chorego, znajdującego się we wstrząsie hipowolemicznym, wielokrotnie istnieje konieczność przeprowadzenia pilnej operacji [10]. Najczęściej uszkodzenia aorty zaopatruje się, wykonując lewostronną torakotomię w ułożeniu pacjenta na przeciwległym boku, co u chorych z obrażeniami kręgosłupa może być przyczyną pogorszenia stanu neurologicznego. Ponadto konieczność wytworzenia odmy opłucnowej w przypadku stłuczenia płuca znacznie utrudnia około- i pooperacyjną opiekę nad chorym. Pooperacyjny ból ogranicza wentylację oddechową, nasila zmiany niedodmowe oraz sprzyja zapaleniu płuc [10]. Dodatkowo zakleszczenie aorty zwiększa ciśnienie tętnicze w obrębie górnej połowy ciała. Stanowi to kolejny czynnik ryzyka, mogący nasilić niekorzystne następstwa urazu czaszkowo-mózgowego [8]. Zamknięcie aorty powoduje spadek perfuzji w obrębie rdzenia kręgowego i narządów jamy brzusznej. Może to prowadzić do pa-



presented by von Oppell et al. [11]. Among 1,492 patients after surgical treatment of aortic injuries, paraplegia occurred in 9.9%. On the other hand, according to Mitchell et al. [18], among 103 patients with similar aortic injuries following endovascular treatment, 2.8% presented neurological symptoms, while in those following acute traumatic aortic dissection such symptoms occurred only in 1.3% [19]. However, efficient performance of endovascular procedure requires a series of conditions to be fulfilled; the precise extent of the aortic injury, the patient's age and general condition have to be determined. For that purpose, precise topographic measurements of the aorta have to be performed, including determination of its diameter proximally and distally to the injury site, and the distance between the injury and the aortic arch. Such management facilitates precise selection of the stentgraft and its safe introduction. In the case of narrow femoral arteries, alternative pathways of stentgraft implantation are used by temporarily suturing the Dacron prosthesis bypass to the iliac artery or, abdominal aorta or via upper limb arteries. The lack of neck or too short neck makes it, in turn, indispensable to "occlude" the origin of the left subclavian artery, which may be a possible cause of limb ischaemia and may require immediate reconstructive surgery. This occurs rarely due to the high potential for the development of collateral circulation within the upper limb; nonetheless, the postoperative course requires periodical check-ups. The appropriateness of such management has been confirmed by the observation of the patients treated by the authors of this paper. Postoperative control with Doppler sonography has revealed radiological symptoms of steal syndrome in three patients. However, the patients have not presented clinical symptoms of ischaemia; thus, there have been no indications for reconstructive surgery of the arteries.

Significant restrictions on the widespread application of endovascular procedures in aortic injuries include the lack of permanent availability of suitable stentgrafts and 24-hour access to the appropriate radiological laboratory and team of vascular surgeons. Scientific reports indicating improvements in short- and medium-term outcomes of endovascular treatment of aortic injuries are based on relatively small numbers of patients and, to date, are not confirmed by long-term observation. This is why further multicentre prospective studies involving a large patient groups are required [9, 18, 20].

## Conclusions

1. Endovascular implantation of stentgrafts in the treatment of traumatic aortic injuries is a low-invasive

raplegii oraz niewydolności nerek, zwłaszcza przy współistnieniu wstrząsu hipowolemicznego [11]. Dążąc do zminimalizowania powyższego ryzyka w operacjach otwartych zaczęto stosować krążenie pozaustrojowe. Wymaga to jednak pełnej heparynizacji, co pogarsza warunki hemostazy i wiąże się z ryzykiem wystąpienia krwawienia wewnątrzczaszkowego. Ostatecznie postępowanie takie może nasilać uogólnioną reakcję zapalną (SIRS) oraz rozwój niewydolności wielonarządowej (MOF).

Do niedawna jedynym przyjętym sposobem postępowania w tępych urazach klatki piersiowej z uszkodzeniem aorty było leczenie operacyjne [12]. Pomimo doskonalenia taktyki operacyjnej oraz prowadzenia pooperacyjnego wyniki końcowe nadal były niezadowalające. Przełomem w leczeniu urazowych uszkodzeń aorty wydają się być natomiast stentgrafty piersiowe. Pozwalają one w sposób szybki i małourazowy wyeliminować przeciek krwi poza światło naczynia i zaopatrzyć uszkodzoną aortę [13–16]. Okres niedokrwienia rdzenia kręgowego w takim postępowaniu, w porównaniu z klasyczną operacją z zakleszczeniem aorty, znacznie się skraca, zmniejszając istotnie prawdopodobieństwo wystąpienia paraplegii [17]. Przykładem tego są dane przedstawione przez von Oppella i wsp. [11]. Na 1492 chorych po chirurgicznym zaopatrzeniu urazów aorty paraplegia wystąpiła w 9,9%. Z kolei w materiale Mitchella i wsp. [18] po leczeniu wewnątrznacyniowym zastosowanym u 103 chorych z podobnymi uszkodzeniami aorty objawy neurologiczne stwierdzono u 2,8%. Natomiast po ostrym, pourazowym rozwarstwieniu aorty wystąpiły one tylko u 1,3% chorych [19]. W celu skutecznego przeprowadzenia zabiegów wewnątrznacyniowych konieczne jest jednak spełnienie wielu warunków. Należy precyzyjnie ustalić rozległość uszkodzenia aorty, wiek chorego oraz jego stan ogólny. W tym celu konieczne jest wykonanie dokładnych pomiarów topograficznych aorty, określenie jej średnicy — proksymalnie i dystalnie w stosunku do miejsca uszkodzenia oraz odległości uszkodzenia od gałęzi łuku aorty. Postępowanie takie ułatwia precyzyjne dostosowanie stentgraftu i bezpieczne jego wprowadzenie. W przypadku wąskich tętnic udowych wymagane są alternatywne drogi założenia stentgraftu przez czasowe wszycie pomostu z protezy dakronowej do tętnicy biodrowej czy aorty brzusznej lub też przez tętnice kończyny górnej. Brak szyi lub zbyt krótka szyja wymagają z kolei „przykrycia” ujścia lewej tętnicy podobojczykowej, co może stać się potencjalnym źródłem niedokrwienia kończyny i może wiązać się z koniecznością niezwłocznego wykonania operacji rekonstrukcyjnej. Zdarza się to jednak rzadko ze względu na duże możliwości rozwinięcia się krążenia obocznego w kończynie górnej. Niemniej jednak

management associated with a low risk of perioperative complications.

2. Occlusion of the origin of the left subclavian artery with the stentgraft is not necessarily related to the symptoms of the limb ischaemia but still requires periodical controls of developing collateral circulation. The occlusion of the origin of the left subclavian artery does not necessarily have to result in symptoms of limb ischaemia, but still requires periodical controls of developing collateral circulation.

## References

1. Feczko JD, Lynch L, Pless JE (1992) An autopsy case review of 142 non-penetrating (blunt) injuries of the aorta. *J Trauma*, 33: 846–849.
2. Kalmar P, Puschel K, Stubbe HM (1996) Delayed surgical therapy of acute aortic rupture. *Zentralbl Chir* 121: 750–755.
3. JWRE, Janusz MT, Gudas VM et al (2002) Traumatic rupture of the thoracic aorta: third decade of experience. *Am J Surg*, 183: 571–575
4. Symbas PN, Sherman AJ, Silver JM (2002) Traumatic rupture of the aorta: immediate or delayed repair? *Ann Surg*, 235: 796–802.
5. Jahromi AS, Kazemi K, Safar HA et al (2001) Traumatic rupture of the thoracic aorta: cohort study and systematic review. *J Vasc Surg*, 34: 1029–1034.
6. Pierangeli A, Turinetti B, Galli R et al (2002) Delayed treatment of ischemic aortic rupture. *Cardiovasc Surg*, 8: 280–283.
7. Ott MC, Stewart TC, Lawlor DK et al (2004) Management of blunt thoracic aortic injuries: endovascular stents versus open repair. *J Trauma*, 56: 565–569.
8. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA et al (1997) Prospective study of blunt aortic injury: Multicenter trial of the American Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma*, 42: 374–380.
9. Lorenzen HP, Geist V, Hartmann F et al (2004) Endovascular stent-graft implantation in acute traumatic aortic dissection with contained rupture and hemorrhagic shock. *Z Kardiol*, 93: 317–321.
10. Orford VP, Atkinson NR, Thomson K et al (2003) Blunt traumatic aortic transection: the endovascular experience. *Ann Thorac Surg*, 75: 106–112.
11. Von Oppell UO, Dunne TT, De Groot MK et al (1994) Traumatic aortic rupture: twenty-year metaanalysis of mortality and risk of paraplegia. *Ann Thorac Surg*, 58: 585–593.
12. Lobato AC, Quick RC, Philips B et al (2000) Immediate end vascular repair for descending thoracic aorta transection secondary to blunt trauma. *J Endovasc Ther*, 7: 16–20.
13. Parodi JC, Palmaz JC et al (1991) Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg*, 5: 49–59.
14. Fujikawa T, Yukioka T, Ishimaru S et al (2001) Endovascular stent grafting for the treatment of blunt trauma. *J Trauma*, 50: 223–229.
15. Daenen G, Maleux G, Daenens K, Forneau I, Nevelsteen A (2003) Thoracic aorta endoprosthesis: The final count down for open surgery after traumatic aortic rupture. *Am Vasc Surg*, 17: 185–191.
16. Lawlor DK, Ott M, Forbes TL et al (2005) Endovascular management of traumatic thoracic aortic injuries. *Can J Sur*, 48: 293–297.
17. Hanson JA, Brooks MD, Raman JS (2002) Emergency endovascular stent-graft repair for thoracic aortic injury. *MJA*, 176: 111–112.
18. Mitchell RX, Miler DC, Dake MD et al (1999) Thoracic aortic aneurysm repair with an endovascular stent-graft: the first generation. *Ann Thorac Surg*, 67: 1971–1974.
19. Tiesenhuisen A, Amann W, Koch G et al (2001) Endovascular stent-graft repair of acute thoracic aortic dissection — early clinical experience. *Thorac Cardiovasc Surg*, 49: 16–20.
20. Grabenwoger M, Fleck T, Czerny M et al (2003) Endovascular stentgraft placement in patients with acute thoracic aortic syndrome *Eur J Cardio-Thoraco-Surg*, 23: 788–793.

w przebiegu pooperacyjnym wymagane są okresowe badania kontrolne. Słuszność takiego postępowania potwierdziły spostrzeżenia dotyczące chorych leczonych przez autorów niniejszej pracy. W kontrolnych pooperacyjnych badaniach doplerosonograficznych u 3 chorych wykazano radiologiczne objawy zespołu podkradania. U pacjentów jednak nie występowały objawy kliniczne niedokrwienia i nie było wskazań do leczenia rekonstrukcyjnego tętnic.

Istotnymi ograniczeniami w powszechnym stosowaniu zabiegów wewnątrznaczyniowych w urazach aorty są: stała dostępność odpowiednich stentgraftów, posiadanie zabiegowej pracowni radiologicznej o całodobowej dostępności oraz zespół chirurgów naczyniowych. Doniesienia naukowe przedstawiające poprawę doraźnych i średnioterminowych wyników leczenia urazowych uszkodzeń aorty sposobami wewnątrznaczyniowymi oparte są na stosunkowo nielicznej grupie chorych, a ich wyników nie potwierdzono jeszcze w obserwacjach długoterminowych. Konieczne jest przeprowadzenie dalszych wielośrodkowych badań prospektywnych obejmujących dużą grupę chorych [9, 18].

## Wnioski

1. Wewnątrznaczyniowe wszczepianie stentgraftów w leczeniu urazowych uszkodzeń aorty piersiowej jest postępowaniem małoinwazyjnym i związanym z niewielkim ryzykiem okołoperacyjnych powikłań.
2. Przykrycie stentgraftem ujścia tętnicy podobojczykowej lewej nie musi spowodować objawów niedokrwienia kończyny, lecz okresowa kontrola rozwijającego się krążenia obocznego jest konieczna.