

Radiation overdose during stent-graft placement in aortic type B dissection

Przekroczenie dawki promieniowania podczas wszczepienia stentgraftu z powodu rozwarstwienia aorty typu B

Michał Goran Stanišić¹, Natalia Majewska², Magdalena Błaszak³, Maciej Frankiewicz³, Marcin Makalowski¹

¹Department of General and Vascular Surgery, Poznan University of Medical Sciences, Poznan, Poland
(Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyń Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu)

²Department of Clinical Radiology, Poznan University of Medical Sciences Poznan, Poland
(Zakład Radiologii Klinicznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu)

³University of Warsaw, Faculty of Physics, Department of Biomedical Physics, Warsaw, Poland
(Zakład Fizyki Biomedycznej, Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego)

Abstract

The study discusses the problem of a high radiation dose during thoracic stent-graft implantation in acute dissection of the descending aorta. Owing to difficulties in passing a guidewire into the true lumen and the unfavourable location of the aneurysm, including the left subclavian artery, the endograft had to be positioned very precisely in order not to cover the left common carotid artery. During this lengthy procedure the patient received a very high radiation dose, and so radiation-related complications required observation.

Key words: aortic dissection, radiation, stentgraft

Streszczenie

W artykule omówiono problem wysokiej dawki promieniowania otrzymanej przez chorego podczas implantacji stentgraftu z powodu ostrego rozwarstwienia aorty zstępującej. Ze względu na problemy z uzyskaniem przejścia przewodnikiem do właściwego kanału i niekorzystną lokalizację wrót rozwarstwienia, z objęciem tętnicy podobojczykowej lewej, proteza wewnątrznaczyniowa musiała być umieszczona precyzyjnie, aby nie doszło do zamknięcia lewej tętnicy szyjnej wspólnej. W trakcie trwania operacji pacjent otrzymał bardzo wysokie dawki promieniowania. W okresie pooperacyjnym wystąpiły powikłania popromienne wymagające obserwacji.

Słowa kluczowe: rozwarstwienie aorty, promieniowanie, stentgraft

Acta Angiol 2012; 18, 1: 18–22

Introduction

Endovascular aneurysm repair is a minimally invasive technique, which, in recent years, has been used for a variety of descending aortic pathological conditions [1–5].

Wprowadzenie

Wewnątrznaczyniowe leczenie tętniaków jest małoinwazyjną techniką, która w ostatnich latach zdobyła uznanie w leczeniu patologii patologicznych aorty

Address for correspondence:

Dr n. med. Michał Stanišić
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań
tel: +48 61 854 91 41, fax: +48 61 854 90 82
e-mail: goranm@poczta.onet.pl

The application of a stent-graft into the thoracic aorta has various advantages compared to traditional surgery, such as lower risk of perioperative complications, shorter hospital stay, and faster convalescence. However, the appropriate locating of stent-graft requires precision and may prolong operation time, which can lead to patients receiving a high dose of radiation. Procedure-related radiation overdose can lead to cancerogenesis and in some case to acute haematological and dermatological disorders. This has not been widely reported in the literature, especially the problem of lengthy procedures in relation to complicated cases. The aim of the presented paper is to focus medical professionals on procedure-related radiation overdose risk.

Case report

A 48-year-old male was admitted to the department as an emergency with acute type B dissection of the descending aorta. The patient presented a stabbing, suffocating pain along the spine and impairment of renal function in serum parameters. The patient was diagnosed with untreated arterial hypertension for 5 years. Echocardiography confirmed dissection of the intima in the descending aorta. CT scan confirmed dissection of the descending aorta, which involved the left subclavian artery. It was noted that the left renal artery and iliac arteries were supplied by a false lumen. The ascending aorta had a maximum diameter of 3.6 cm and the aortic arch had a maximum diameter of 3.0 cm without dissection.

The patient was consulted by a thoracic surgeon in order to perform open surgery, but due to fast deterioration of his general status was disqualified from open surgery. Owing to dissection of the intima it was decided to abandon the traditional operation and use stent-graft treatment. The procedure was performed under general anaesthesia. The thoracic stent-grafting was carried out from the femoral approach. A 6F straight catheter with side holes (Balton, Warsaw Poland) was used in an attempt to introduce a pigtail 5F straight into the ascending aorta. There was no success in catheterizing a true lumen of the aorta because of increased blood flow through a false lumen. For that reason it was decided to introduce a pigtail from the right brachial artery to a true lumen of the aorta. To obtain blood flow in both iliac arteries the endovascular fenestration of dissection flap was effectuated below the renal arteries. Then the stent-graft was placed into the thoracic aorta on a coated Amplatz 0.035 guidewire (Cook Inc. USA; Terumo Corp., Tokyo, Japan). As the dissection involved the left subclavian artery the prosthesis had to cover the orifice of the left subclavian artery. The upper part

zstępującej [1–5]. Zastosowanie stentgraftu do aorty piersiowej ma wiele zalet w porównaniu z tradycyjną operacją, między innymi: mniejsze ryzyko powikłań okołoperacyjnych, krótszy pobyt w szpitalu i szybsza rekonwalescencja. Jednak odpowiednie umiejscowienie stentgraftu wymaga precyzji i może wydłużyć czas zabiegu, co prowadzi do możliwości otrzymania przez pacjenta stosunkowo wysokiej dawki promieniowania jonizującego. Przedawkowanie promieniowania rentgenowskiego prowadzi do kancerogenezy, a w niektórych przypadkach doprowadza do ostrych zaburzeń hematologicznych i dermatologicznych. Zjawisko przekroczenia dopuszczalnej dawki promieniowania nie jest szeroko opisywane w literaturze, zwłaszcza w odniesieniu do długotrwałych procedur i skomplikowanych przypadków leczenia wewnątrznaczyniowego aorty. Celem prezentowanej pracy jest zwrócenie uwagi lekarzy na ryzyko przekroczenia bezpiecznej dawki promieniowania podczas zabiegów wewnątrznaczyniowych na aorcie piersiowej.

Opis przypadku

Mężczyzna w wieku 48 lat został przyjęty w trybie doraźnym z powodu ostrego rozwarstwienia aorty zstępującej. Pacjent zgłaszał występowanie przeszywającego bólu wzdłuż kręgosłupa i duszność, a w badaniach dodatkowych występowały zaburzenia czynności nerek. Pacjent od 5 lat funkcjonował z rozpoznaniem nadciśnienia tętniczego, jednak nie podejmował leczenia. W badaniu echokardiograficznym potwierdzono rozwarstwienie w zakresie aorty. W tomografii komputerowej z podaniem kontrastu wykazano rozwarstwienie aorty zstępującej, z objęciem miejsca odejścia lewej tętnicy podobojczykowej. Lewa tętnica nerkowa i tętnice biodrowe były zaopatrywane przez kanał rzekomy. Maksymalna średnica aorty wstępującej wynosiła 3,6 cm, a łuku aorty — 3,0 cm, bez rozwarstwienia. Pacjent był konsultowany przez torakochirurga w szpitalu przekazującym, w celu wykonywania klasycznej operacji, ale ze względu na szybkie pogorszenie stanu ogólnego nie podjęto próby klasycznej operacji. Zdecydowano o przekazaniu chorego do kliniki chirurgii naczyniowej w celu wykonania wszczepienia stentgraftu aortalnego. Zabieg wykonano w znieczuleniu ogólnym. Dostęp naczyniowy uzyskano przez prawą tętnicę udową wypreparowaną w sposób otwarty. Z zastosowaniem 6F cewnika prostego z otworami bocznymi (Balton, Warszawa, Polska) i po próbie wprowadzenia cewnika pigtail 5F bezpośrednio do aorty wstępującej nie uzyskano przejścia do kanału właściwego z powodu wzmożonego przepływu przez kanał fałszywy. Z tego powodu zdecydowano się na wprowadzenie cewnika

of the stent-graft had to begin just below the orifice of the common carotid artery. Directly after stent-grafting digital subtraction angiography (DSA) was performed to examine the location and tightness of the prosthesis (Figure 1), and after 12 days an angio-CT scan was performed to check the position of the graft and whether there had been an endoleak (Figure 2). The following radiation dose parameters were calculated: total air kerma was 3108.4 mGy and DAP was 1137.7 Gy cm². The cumulative fluoroscopy time was 41 min and the exposure 2389 ms (in 19 runs, 89 kV, 3 FPS). Total dose including CT scans exceeded 3Gy. In the first postoperative day the fall of lymphocyte level was observed from 30% to 5%. Peripheral blood swap parameters normalized after 5 days achieving a lymphocyte level of 31%. On the second day a post-op skin rash was found on the chest and back. The patient was placed under dermatological observation and the rash vanished without treatment after 20 days. Allergic reaction was excluded after dermatological examination and the rash was attributed to the radiation dose. The patient is followed-up in a regular manner every 6 months with special regard to both stochastic and deterministic effects of radiation. Control CT scans are followed by peripheral blood examination and dermatological assessment.

Discussion

Air kerma (Gy) and dose-area product (DAP) (Gy cm²) are the main parameters measured directly during various radiographic procedures [6]. In the presented case of descending aorta stent-graft implantation, the patient received a very high total dose of radiation because of the long-lasting procedure. Total air kerma was 3108.4 mGy and DAP was 1137.7 Gy cm² while the mean DAP value for this kind of treatment is about 400 Gy cm² [7]. The cumulative fluoroscopy time was 41 min and the exposure 2389 ms (in 19 runs, 89 kV, 3 FPS).

In this case thoracic aortic endograft implantation was prolonged because of difficulties with passing a guidewire into the true lumen so that a stent-graft could be deployed correctly. It was not possible to reach the true lumen via femoral access, so the brachial access was used. Also, the close location of the dissection flap in relation to the left common carotid artery made it necessary to use a guidewire placed inside the carotid artery via brachial access as a safety measure. Owing to the unfavourable location of the aneurysm, including the left subclavian artery, the endograft had to be positioned very precisely before its deployment, in order not to cover the left common carotid artery. However, in this and many other cases the covering of the subclavian ar-

pigtail z prawej tętnicy ramiennej do właściwego światła aorty. Aby uzyskać przepływ krwi w obu tętnicach biodrowych, wykonano fenestrację wewnątrznacyniową w odcinku poniżej tętnic nerkowych. Po uzyskaniu dostępu do światła właściwego od strony tętnicy udowej po fenestracji wprowadzono stentgraft do aorty piersiowej na przewodniku Amplatz 0,035 (Cook Inc USA; Terumo Corp, Tokio, Japonia). Ze względu na objęcie rozwarstwieniem odejścia lewej tętnicy podobojczykowej zdecydowano o jej przykryciu protezą. Zakotwiczenie proksymalnej części stentgraft znajdowało się tuż poniżej odejścia lewej tętnicy szyjnej wspólnej. Bezpośrednio po implantacji protezy wewnątrznacyniowej wykonano cyfrową angiografię subtrakcyjną (DSA) w celu zbadania położenia i szczelności protezy (ryc. 1) a po 12 dniach TK z programem angio w celu wykluczenia migracji stentgraftu i obecności przecieku (ryc. 2). W trakcie operacji rutynowo określono dawkę promieniowania: całkowita Air Kerma — 3108,4 mGy i DAP (dose area product) — 1137,7 Gy cm². Całkowity czas fluoroskopii wyniósł 41 min, a ekspozycja — 2389 ms (w 19. serii, 89 kV, 3 FPS). Całkowita dawka promieniowania, w tym tomografia przed- i pooperacyjna, przekroczyła 3Gy. W pierwszym dniu po operacji stwierdzono spadek poziomu limfocytów z 30% do 5%. Parametry morfologii krwi obwodowej w rozmazie ręcznym uległy poprawie po 5 dniach, gdy poziom limfocytów osiągnął 31%. W 2. dobie pooperacyjnej zaobserwowano wysypkę na skórze klatki piersiowej i plecach. Pacjent został poddany kontroli dermatologicznej, a wysypka ustąpiła bez leczenia po 20 dniach. Reakcję alergiczną



Figure 1. Intraoperative DSA after stentgraft implantation
Rycina 1. Śródoperacyjny obraz DSA po wszczepieniu stentgraftu

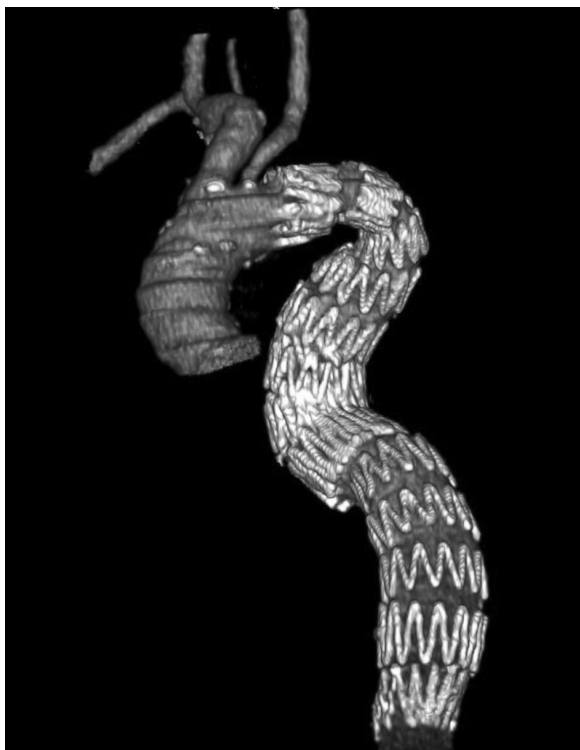


Figure 2. Postoperative CT imaging

Rycina 2. Rekonstrukcja obrazu pooperacyjnej tomografii

tery did not produce any significant arm ischaemia. All manoeuvres required an increasing number of DSA series and led to a high radiation dose. The high radiation dose was symptomatic in lymphocyte count decrease and skin rash. The patient was at risk of development of chronic skin ulcer over the treated area, and bone-marrow aplasia. However, in this case no treatment was required. In some cases of radiation overdose dermatological intervention may be required (skin grafts) as well as full-blood transfusion to improve haematological parameters. However, as described above, high radiation dose is alternative for high perioperative mortality during open procedure. In young patients treated with complicated radiation procedures, delayed stochastic effect of the radiation requiring long-term patient observation should be expected.

Conclusions

Despite improvements in stent-graft procedures, pre-operative and late complications may be significant due to the fact that in some cases the patient is exposed to high doses of ionic radiation. Decreasing the number and duration of radiation exposures reduce the patient's dose and minimizes the possibility of early and late complications. If the case is complicated and the treatment is prolonged, the patient can receive a dose as high as 3 Gy or more, resulting in radiation-dependent general and local complications.

wykluczono po badaniu dermatologicznym, a wysypka została sklasyfikowana jako reakcja skórna na wysoką dawkę promieniowania. Po wypisaniu ze szpitala pacjent był kontrolowany regularnie co 6 miesięcy, ze szczególnym uwzględnieniem efektów deterministycznego i stochastycznego promieniowania. Ze względu na konieczność wykonywania kontrolnych tomografii pacjent jest poddawany okresowej ocenie hematologicznej i dermatologicznej.

Dyskusja

Air Kerma (Gy) i *dose area product* (DAP) (Gy cm²) są podstawowymi parametrami mierzonymi bezpośrednio podczas różnych procedur inwazyjnych z zastosowaniem promieniowania jonizującego [6]. W omawianym przypadku wszczepienia stentgraft do aorty zstępującej, pacjent otrzymał bardzo wysoką całkowitą dawkę promieniowania ze względu na długotrwałość i złożoność procedury. Całkowita *Air Kerma* wynosiła 3108,4 mGy, a DAP — 1137,7 Gy cm², natomiast średnia wartość DAP dla tego typu leczenia wynosi około 400 Gy cm² [7]. Całkowity czas fluoroskopii wynosił 41 min, a ekspozycja — 2389 ms (19 serii, 89 kV, 3 FPS). W tym przypadku procedura implantacji protezy wewnątrznaczyniowej do aorty piersiowej została przedłużona z powodu trudności z przejściem przewodnikiem do właściwego kanału, tak aby proteza była pozycjonowana w sposób prawidłowy. Ze względu na brak możliwości bezpośredniego dostępu do kanału właściwego przez tętnicę udową zastosowano dostęp przez tętnicę ramienną. Również uwzględniając na bliską lokalizację wrót rozwarstwienia w stosunku do lewej tętnicy szyjnej wspólnej, konieczne było użycie przewodnika umieszczonego wewnątrz tętnicy szyjnej założonego przez tętnicę ramienną ramię, w celu zapewnienia bezpieczeństwa zabiegu w razie migracji graftu, mimo jego dokładnego umiejscowienia poniżej tętnicy szyjnej wspólnej lewej, z przykryciem lewej tętnicy podobojczykowej. W tym przypadku, jak i w wielu innych, przykrycie odejścia tętnicy podobojczykowej nie powodowało klinicznych objawów niedokrwienia ręki. Liczba manipulacji wymagała zwiększonej liczby serii DSA i doprowadziła do otrzymania przez chorego dużej dawki promieniowania. Przekroczenie bezpiecznej dawki promieniowania objawiło się zmniejszeniem liczby limfocytów i wysypką skórą. Pacjent jest narażony na ryzyko rozwoju trwałego owrzodzenia skóry w obszarze zabiegu i aplazji szpiku kostnego. Jednak w tym przypadku leczenie dermatologiczne i hematologiczne nie było konieczne. W niektórych przypadkach przekroczenie bezpiecznej dawki promieniowania może

References

1. Abraha I, Romagnoli C, Montedori A, Cirocchi R (2009) Thoracic stent graft versus surgery for thoracic aneurysm. *Cochrane Database of Systematic Reviews*; 2009; 21 stycznia (1): CD006796.
2. Eggebrecht H, Nienaber CA, Neuhäuser M et al (2006) Endovascular stent-graft placement in aortic dissection: a meta-analysis. *European Heart Journal*; 27: 489–498.
3. Lin PH, Huynh TT, Koungias P, Huh J, LeMaire SA, Coselli JS (2009) Descending thoracic aortic dissection: evaluation and management in the era of endovascular technology. *Vascular and Endovascular Surgery*; 43: 5–24.
4. Gowda RM, Misra D, Tranbaugh RF, Ohki T, Khan IA (2003) Endovascular stent grafting of descending thoracic aortic aneurysms. *Chest*; 124: 714–719.
5. Heijmen RH, Deblieer IG, Moll FL et al (2002) Endovascular stent-grafting for descending thoracic aortic aneurysms. *Eur J Cardiothorac Surg*; 21: 5–9.
6. Bor D, Sancak T, Olgar T et al (2004) Comparison of effective doses obtained from dose-area product and kerma measurements in interventional radiology. *The British Journal of Radiology*; 77: 315–322.
7. Błaszak MA, Majewska N, Juszkat R, Majewski W (2009) Dose-area product to patients during stent-graft treatment of thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Health Physics*; 2009; 97: 206–211.

wymagać interwencji dermatologicznej (przeszczepienie skóry) i przetoczenia składników morfotycznych krwi, aby poprawić parametry hematologiczne. Jednak w takich przypadkach, jak opisany powyżej, wysoka dawka promieniowania jest alternatywą dla wysokiej śmiertelności okołoperacyjnej w przypadku operacji otwartych. U młodych pacjentów poddawanych skomplikowanym procedurom z użyciem promieniowania jonizującego można oczekiwać opóźnionych skutków stochastycznych promieniowania, co uzasadnia utrzymywanie pacjenta pod długoletnią obserwacją.

Wnioski

Mimo poprawy wyników wewnątrznaczyniowego leczenia schorzeń aorty piersiowej pacjent może być narażony na duże dawki promieniowania jonizującego. Zmniejszenie liczby serii i czasu trwania ekspozycji na promieniowanie może zmniejszyć sumaryczną dawkę otrzymaną przez pacjenta i zminimalizować ryzyko powikłań wczesnych i późnych. Jeżeli przypadek jest skomplikowany, a zabieg — czasochłonny, pacjent może otrzymać dawkę zbliżoną lub przekraczającą 3 Gy.