

# Angioplasty and stenting of stenosed carotid arteries in patients after radiotherapy for laryngeal cancer — a report of three cases

## Angioplastyka i stentowanie zwężeń tętnic domózgowych u chorych po radioterapii raka krtani — opis trzech różnych przypadków

Tomasz Jargiełło<sup>1</sup>, Piotr Trojanowski<sup>2</sup>, Michał Sojka<sup>1</sup>, Michał Przyszlak<sup>1</sup>,  
Agnieszka Trojanowska<sup>3</sup>, Janusz Klatka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Interventional Radiology and Neuroradiology, Medical University in Lublin (Zakład Radiologii Zabiegowej i Neuroradiologii Uniwersytetu Medycznego w Lublinie)

<sup>2</sup>Chair and Department of Otolaryngology and Laryngological Oncology, Medical University in Lublin (Katedra i Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie)

<sup>3</sup>1<sup>st</sup> Department of Medical Radiology Medical University in Lublin (I Zakład Radiologii Lekarskiej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie)

---

### Abstract

*Despite constant improving radiotherapy technique In oncology radiation-induced vascular injuries are still of an important clinical issue. When radiotherapy is concerned with neck malignancies it is relatively frequent that patient may present obstructions in scope of antebain arteries and finally, brain ischemia. Post-radiation arterial stenoses are different when compared to ordinary atherosclerotic changes — they may affect long arterial segments and they are localized in many (different) arteries, commonly multilevel. Endovascular angioplasty and stenting is nowadays a treatment method of choice in these pathologies, because of high efficacy, non-invasiveness — at obvious limitations of classic surgery. The paper presents three different (selected) cases of endovascular stenting in patients who underwent radiotherapy due to laryngeal cancer.*

**Key words:** PTA, stenting, carotid arteries, aortic arch arteries, arterial stenosis, radiotherapy, laryngeal cancer

### Streszczenie

*Pomimo rozwoju technik radioterapeutycznych w onkologii urazy popromienne naczyń krwionośnych stanowią ważne zagadnienie kliniczne. W przypadku stosowania takiego leczenia nowotworów złośliwych szyi często dochodzi do wtórnych zwężeń tętnic domózgowych, co powoduje objawy niedokrwienia mózgu. Popromienne ograniczenia drożności tętnic domózgowych mają inny charakter niż typowe zmiany miażdżycowe, dotyczą długich odcinków tętnic i są zlokalizowane w różnych (wielu) tętnicach, często wielopoziomowo. W leczeniu tych zwężeń metodą z wyboru są obecnie wewnątrznaczyniowe zabiegi angioplastyki i stentowania ze względu na dużą skuteczność i małą inwazyjność, przy oczywistych ograniczeniach klasycznej chirurgii. W pracy zaprezentowano trzy różne (wybrane) przypadki stentowania zwężeń tętnic domózgowych u chorych po radioterapii raka krtani.*

**Słowa kluczowe:** angioplastyka balonowa, stentowanie, tętnice szyjne, tętnice łuku aorty, zwężenie tętnic, radioterapia, rak krtani

Acta Angiol 2010; 16, 4: 172–180

---

#### Address for correspondence:

Tomasz Jargiełło  
Zakład Radiologii Zabiegowej i Neuroradiologii UM  
ul. Jaczewskiego 8, 20–954 Lublin  
tel: +48 (81) 724 41 54, fax: (+48 81) 724 48 00  
e-mail: tojarg@interia.pl

## Introduction

Radiotherapy is an efficient method applied both as first-line treatment and as adjuvant oncological therapy. Many new techniques have been introduced with the hope of reducing doses of irradiation affecting tissues that surround the tumour. However, the adverse effects of radiotherapy, especially its influence upon arteries and other blood vessels, cannot be completely eliminated. The negative effects of ionizing radiation on blood vessels have long been acknowledged, with the first observations dating from the time of the introduction of X-rays into clinical practice. The first performed investigations revealed the particular vulnerability of endothelial cells, which showed excessive proliferation and focal necrosis upon exposure to radiation, leading to vessel stenosis, obstruction (thrombosis), wall ulcerations, or even aneurysmatic dilatations. Small arterioles in the skin are most susceptible to injury, which may cause cutaneous ischaemia and formation of characteristic scar-like lesions. Similar phenomena can be also observed in middle-sized and big arteries. Studies performed in the 1970s showed that femoral arteries in dogs exposed to radiation doses of 4,000 R presented morphological changes after just 48 hours. Electron microscopy pictures revealed endothelial swelling, and four months later, progressive changes and excessive proliferation could be noted. Tunica media of the vessel wall (tunica muscularis) undergoes morphological changes later, showing signs of mild proliferation. However, the most typical change observed is an excessive accumulation of fibrous tissue elements. The main cause of these changes seems to be injury of small arterioles (situated in tunica adventitia) called *vasa vasorum*. As a result of all the above-mentioned phenomena, arterial stenoses develop, and an increased tendency for thrombi formation can lead to obstruction or even peripheral thrombosis. In addition, individual predisposition to atherosclerosis and all its risk factors (arterial hypertension, dyslipidaemia, and tobacco smoking) contribute to the development of even more advanced lesions, often called "preterm atherosclerosis" [1–6].

In patients with laryngeal cancer, radiotherapy of the neck can play the role of an adjuvant to surgery or it can be administered as an independent treatment method, making larynx preservation feasible. This therapy can, however, result in injuries to carotid arteries, induced by activation of inflammatory reaction, and potentiated by atherosclerosis. All these phenomena lead in turn to narrowing of the arteries and cerebral ischaemia [7, 8].

Radiation-induced changes in carotid arteries may present remarkable variation in radiological pictures. Arterial stenosis is observed most commonly; these le-

## Wstęp

Radioterapia jest jednym ze skutecznych sposobów leczenia nowotworów złośliwych, zarówno jako metoda podstawowa, jak i uzupełniająca leczenie onkologiczne. W ostatnich latach wprowadzono wiele nowych technik, aby zredukować dawki promieniowania dla otaczających nowotwór tkanek, jednak nie udało się całkowicie wyeliminować ujemnych skutków napromieniania, włączając w to naczynia krwionośne, zwłaszcza tętnice. Ujemny wpływ promieniowania jonizującego na naczynia krwionośne jest znany już od dawna, praktycznie od czasu wprowadzenia promieni X do praktyki klinicznej. Już pierwsze badania wykazały szczególną wrażliwość komórek śródbłonna, reagujących na napromienianie nadmierną proliferacją i ogniskową martwicą prowadzącą do zwężeń, niedrożności (zakrzepicy) oraz tworzenia owrzodzeń ścian, a nawet tętniakowych poszerzeń. Stwierdzono, że najbardziej narażone są małe tętniczki w obrębie skóry, których napromienianie powoduje powstanie charakterystycznych, bliznowatych zmian skórnych związanych także z niedokrwieniem. Podobna reakcja dotyczy również średnich i dużych tętnic. W badaniach przeprowadzonych w latach 70. ubiegłego wieku wykazano, że tętnice udowe psów poddane radiacji w dawce 4000 rentgenów już po 48 godzinach były zmienione. Mikroskopia elektronowa wykrywała obrzęk komórek śródbłonna, a po 4 miesiącach stwierdzono całkowitą ich przemianę oraz nadmierny rozplm. Środkowa błona mięśniowa ulega przemianom nieco później, po kilku tygodniach obserwuje się nieznaczny rozplm komórek mięśniówki gładkiej, a najbardziej typowe jest pojawianie się w nadmiarze elementów włóknistych. Jako główną przyczynę tych zmian upatruje się uszkodzenie drobnych tętniczek *vasa vasorum*. Wynikiem opisanego procesu są zatem zwężenia tętnic, a zwiększona możliwość powstawania zakrzepów prowadzi do niedrożności lub nawet do obwodowej zatorowości. Dodatkowo skłonność chorego do miażdżycy wraz z czynnikami jej zwiększonego ryzyka (nadciśnienie tętnicze, zaburzenia lipidowe i nikotynizm) powodują większe zaawansowanie zmian nazywane często „przedwczesną miażdżycą” [1–6].

U chorych z rakiem krtani radioterapia okolicy szyi stanowi dopełnienie leczenia chirurgicznego lub jest stosowana jako samodzielna metoda, co daje możliwość zachowania krtani. Po takim leczeniu może jednak dochodzić do uszkodzenia tętnic domózgowych, co w znanym mechanizmie zapalnym, zwłaszcza przy współistnieniu miażdżycy tętnic, prowadzi do ograniczenia ich drożności i w rezultacie do niedokrwienia mózgu [7, 8].

Zmiany popromienne w zakresie tętnic domózgowych w badaniach obrazowych charakteryzują się dużą różnorodnością. Najczęściej widoczne są zwężenia tę-

sions can have smooth outlines or an ulcerated surface (producing diverticulum-like pictures), signs of dissection, or even segmental aneurysmatic dilatations. Moreover, different levels of the arteries can be affected at the same time. The most commonly observed stenoses are located at the level of aortic arch bifurcation, in the middle segments of the common carotid arteries, and in the area of carotid artery bifurcation. Typical stenosis of the interior carotid artery in the bulb region is observed less commonly and often results from "acceleration" of the already ongoing atherosclerotic process [9, 10].

The biological characteristics of the above-mentioned radiation-induced lesions in carotid arteries often hinder development of new surgical treatment strategies. Multilevel inflammatory and fibrotic lesions in arterial walls, as well as skin and surrounding tissue scarring, result in high-risk technical difficulties but also low efficacy of classical surgical interventions. When endovascular procedures with stenting became part of routine clinical practice, the above-mentioned issues led to their introduction as the treatment strategy of choice in cases of radiation-induced vascular stenoses [11, 12].

The aim of the study is to present three cases of endovascular procedures in patients with typical radiation-induced lesions in carotid arteries, which developed as a result of radiotherapy for laryngeal cancer.

### Case report

The procedures described below were performed according to the Seldinger technique, with access through a femoral artery puncture. Prior to the procedure, each patient received typical pharmacotherapy regimen, with administration of two antiplatelet agents [75–100 mg acetylsalicylic acid (ASA) daily and  $2 \times 75$  mg clopidogrel daily]. During the procedure, 5,000 IU heparin was administered. Antiplatelet therapy was continued after the procedures.

#### Case no. 1

A sixty-seven-year-old male patient was treated with radiotherapy for laryngeal squamous cell cancer T1aN0. He received total therapeutic dose of 70 Gy during five weeks, in 2.5 Gy fractions. Two months after completed radiotherapy he was referred to neurological consultation, and Doppler investigation of carotid arteries was performed because of recurring transient ischaemic attack (TIA) symptoms of the *amaurosis fugax* type. Doppler ultrasonography revealed a long segmental stenosis in the left common carotid artery with markedly reduced blood flow above the stenosis level, best seen in internal carotid artery (typical post-stenotic flow patterns were noted). No patency abnormali-

nic — zarówno o gładkich obrysach, jak i z obecnością owrzodzeń (uchyłków) i rozwarstwień, a nawet odcinkowych, tętniakowych poszerzeń. Dodatkowo częste jest zajęcie tętnic na różnych poziomach. W praktyce obserwuje się współwystępowanie zwężeń tętnic w okolicy odejścia od łuku aorty, tętnic szyjnych wspólnych w środkowym przebiegu i w okolicy podziałów szyjnych. Zwężenia tętnic szyjnych wewnętrznych w typowej lokalizacji w obrębie opuszki zdarzają się rzadziej i są zazwyczaj wynikiem „przyspieszenia” istniejącego już procesu miażdżycowego [9, 10].

Powyższa charakterystyka zmian popromiennych tętnic domózgowych sprawia, że leczenie chirurgiczne tej patologii naczyniowej wiąże się z wieloma obiektywnymi przeszkodami. Wielopoziomowe zmiany zapalno-włókniste ścian tętnic oraz bliznowate zmiany skóry i otaczających tkanek sprawiają, że operacje klasyczne są obarczone dużą trudnością i małą skutecznością. Dlatego też obecnie, gdy metody wewnątrznacyniowe z wykorzystaniem stentów weszły na stałe do praktyki klinicznej, stosuje się je jako leczenie z wyboru zwężeń popromiennych tętnic [11, 12].

Celem pracy jest przedstawienie trzech różnych przypadków leczenia wewnątrznacyniowego chorych z typowymi zmianami popromiennymi w zakresie tętnic domózgowych po uprzedniej radioterapii z powodu raka krtani.

### Opisy przypadków

Opisane poniżej zabiegi wykonano metodą Seldingera z nakłucia tętnic udowych w pachwinach. Wszystkich chorych do zabiegu przygotowano, podając im dwa leki przeciwplatetkowe (kwas acetylosalicylowy 75–100 mg dziennie i klopidogrel 75 mg  $2 \times$  dziennie). W trakcie zabiegu podawano 5000 j.m. heparyny. Po zabiegach kontynuowano leczenie przeciwplatetkowe.

#### Przypadek nr 1

Chorego w wieku 67 lat leczono z powodu płaskonabłonkowego raka krtani T1aN0, poddając go radioterapii. W ciągu 5 tygodni pacjent otrzymał w dawkach frakcyjnych po 2,5 Gy łączną dawkę terapeutyczną 70 Gy. Po 2 miesiącach od zakończenia leczenia skierowano go na konsultację neurologiczną i na badanie dopplerowskie tętnic domózgowych z powodu kilkakrotnych objawów przemijających ataków niedokrwiennych (TIA) o typie *amaurosis fugax*. W ultrasonograficznym badaniu dopplerowskim wykazano obecność długoodcinkowego zwężenia lewej tętnicy szyjnej wspólnej z wyraźną redukcją przepływu krwi powyżej zwężenia najlepiej widoczną w tętnicy szyjnej wewnętrznej (zanotowano typowe wykresy poststenotyczne). Po prawej stronie

ties were detected in the right-sided carotid arteries, and both vertebral arteries were broad with normal cephalad blood flow. Arteriography with the possibility of intravascular intervention was planned. Radiological investigation confirmed the presence of lesions in the left common carotid artery with a significant two-level stenosis (vessel diameter at the narrowest point was approximately 1.8 mm). Diagnostic catheter (5F headhunter) was placed above the stenosis level, and a 260 cm stiff Amplatz guidewire was introduced followed by a 6F 70 cm-long vascular sheath. Self-expanding nitinol vascular stent (Protege™ Rx, ev3) 8 × 40 mm was then implanted. The stent was expanded with the aid of a 7 × 40 mm balloon. Control arteriography showed good dilatation of the stenosed segment. A neuroprotection filter was not used (Figure 1).

The patient was then controlled during follow-up visits 3, 6, and 12 months after the procedure. At each time point, an independent neurology consultant performed the examination, completed by Doppler USG. No signs of restenosis were observed, and the patient no longer complained of cerebral ischaemia.

#### Case no. 2

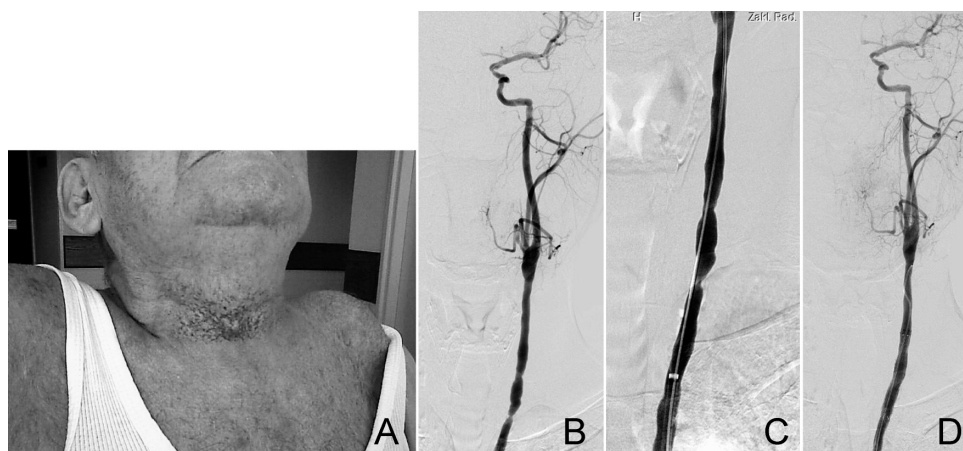
A seventy-four-year-old male patient with laryngeal cancer T1bN0 was referred for radiotherapy. He received a total dose of 66 Gy during 22 days, in fractions of 3.0 Gy. Nine weeks after radiotherapy completion he suffered an ischaemic stroke in the left hemisphere.

w badaniu USG nie ujawniono zaburzeń drożności tętnic szyjnych, a tętnice kręgowie obustronnie były szerokie z prawidłowym przepływem dogłowym. Zaplanowano arteriografię z możliwością jednoczasowego zabiegu wewnątrznaczyniowego. Potwierdzono w niej zmiany w lewej tętnicy szyjnej wspólnej z wyraźnym dwupoziomym zwężeniem (średnica w najwęższym odcinku ok. 1,8 mm). Po umieszczeniu cewnika diagnostycznego (5F typu Headhunter) powyżej zwężenia wprowadzono sztywny przewodnik typu Amplatz 260 cm, a po nim śluzę naczyniową 6F o długości 70 cm. Następnie implantowano samorozprężalny, nitinolowy stent naczyniowy (Protege™ Rx — ev3) o wymiarach 8 × 40 mm. Stent doprężono balonem o wymiarach 7 × 40 mm. W kontrolnej arteriografii wykazano odpowiednie poszerzenie zwężonego odcinka. Nie stosowano neuroprotekcji (ryc. 1).

Po zabiegu u chorego przeprowadzono badania kontrolne po 3, 6 i 12 miesiącach. Podczas każdej wizyty stan pacjenta oceniał niezależny neurolog oraz wykonywano kontrolne badania dopplerowskie — nie stwierdzono cech nawrotu zwężeń, a chory nie zgłaszał ponownych objawów niedokrwienia mózgu.

#### Przypadek nr 2

Chorego w wieku 74 lat z rakiem krtani T1b No skierowano na radioterapię. W ciągu 22 dni otrzymywał pojedynczą dawkę 3,0 Gy. Łączna dawka wyniosła 66 Gy. Dziewięć tygodni po zakończonej radioterapii pacjent doznał udaru niedokrwiennego mózgu w zakresie lewej



**Figure 1A.** Radiation-induced skin lesions in the neck. **B.** Arteriography revealing stenoses in the left common carotid artery; picture of intracranial vessels shows lack of contrast filling in pericallosal artery. **C.** Amplatz guidewire introduced into the stenosed area; vascular sheath ending visible below the stenosis. **D.** Arteriographic picture following stent implantation and expansion. Normal artery patency, good contrast filling in the pericallosal artery

**Rycina 1A.** Widok zmian popromiennych skóry okolicy szyi. **B.** Arteriografia pokazująca zwężenia lewej tętnicy szyjnej wspólnej, w odcinku wewnątrczaszkowym brak wypełnienia środkiem cieniującym tętnicy okołospoidłowej. **C.** Przewodnik typu Amplatz przeprowadzony przez zwężenie, widoczna końcówka śluzę naczyniowej poniżej zwężenia. **D.** Arteriografia po implantacji i poszerzeniu stentu — prawidłowa drożność tętnicy, w odcinku wewnątrczaszkowym dobre wypełnianie się środkiem cieniującym tętnicy okołospoidłowej

Right-sided hemiparesis and aphasia regressed after two days of treatment in the neurology department. Computed tomography scans revealed two small foci of malacia (both less than 1 cm in diameter) in the capsula interna of the left cerebral hemisphere. Doppler ultrasonography of the carotid arteries showed occlusion of the right internal carotid artery and extensive lesions at the level of the left common carotid artery bifurcation, with stenosis in both the common and the internal carotid artery. Vertebral arteries were bilaterally described as unaffected, with normal cephalad blood flow. The patient was qualified for a stenting procedure. Initial arteriography confirmed multilevel stenoses in the left carotid artery bifurcation region, with critical stenosis of the internal carotid artery and 80–90% stenosis below the common carotid artery division level. Additionally, ulceration (diverticulum) was found in the stenotic area in the common carotid artery. For the stenting procedure, a guidewire with a neuroprotective filter (FiltrWire EZ™, Boston Scientific) was used. Predilatation of both stenosed segments was then performed with the aid of a 3 × 30 mm balloon, and two self-expanding nitinol vascular stents (both Acculink® stents, Abbott Vascular) were implanted. First, a stent was implanted into the stenosed internal carotid artery (6/9 × 30 mm cone-shaped); a 5 × 20 mm balloon was used to expand it. Then, another stent (9 × 30 mm straight) was implanted in an overlapping manner and expanded with the aid of a 6 × 20 mm balloon. Control arteriography revealed a small residual stenosis in the upper stent (approx. 20%) and a bigger residual stenosis in the lower stent (approx. 30%). No further stent dilatation attempts were made. Arteriography of intracranial arteries confirmed the beneficial effect of the procedure, showing normal artery filling with the contrast medium (Figure 2).

Follow-up visits were held according to a typical schedule, i.e. 3, 6, 12, and 24 months after the procedure. Each time, the neurological examination was followed by an ultrasonographic Doppler investigation. No neurological symptoms or signs of restenosis were observed; particular attention was paid to the areas of residual stenoses. Doppler examination revealed normal flow patterns.

### Case no. 3

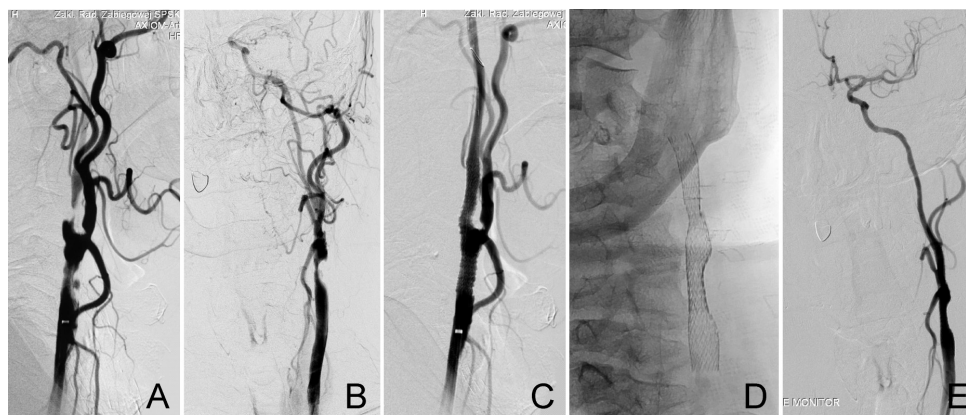
A fifty-four-year-old male patient presented with symptoms of right cerebral hemisphere ischaemia in the form of two short (lasting several minutes) episodes of left-sided hemiparesis. He also complained of persistent vertigo and transient disturbances of body balance as well as decreased muscle strength in the

półkuli. Niedowład połowiczny prawostronny i afazja ustąpiły w ciągu 2 dni pobytu na oddziale neurologicznym. W tomografii komputerowej (CT) wykazano jedynie obecność dwóch niewielkich ognisk malacyjnych (oba poniżej 1 cm średnicy) w obrębie torebki wewnętrznej lewej półkuli mózgu. Ultrasonograficzne badanie dopplerowskie tętnic domózgowych ujawniło niedrożność tętnicy szyjnej wewnętrznej po prawej stronie oraz rozległe zmiany w obrębie podziału lewej tętnicy szyjnej wspólnej zwężające światło zarówno tętnicy szyjnej wspólnej, jak i wewnętrznej. Tętnice kręgowo oceniono w badaniu USG jako niezmienione z prawidłowym dogłowym przepływem krwi. Chorego skierowano na zabieg stentowania. W arteriografii wyjściowej potwierdzono wielopoziomowe zwężenia okolicy lewego podziału szyjnego, zwężenie tętnicy szyjnej wewnętrznej oceniono jako krytyczne, a zwężenie poniżej podziału tętnicy szyjnej wspólnej na 80–90%. Dodatkowo wykazano obecność owrzodzenia (uchyłka) w obrębie zwężenia tętnicy szyjnej wspólnej. Zabieg stentowania wykonano z zastosowaniem przewodnika z filtrem do neuroprotekcji (FiltrWire EZ™ — Boston Scientific). Następnie wykonano wstępne poszerzenie obu zwężonych odcinków balonem o wymiarach 3 × 30 mm i implantowano dwa samorozprężalne, nitinolowe stenty naczyniowe (oba typu Acculink® — Abbott Vascular). Najpierw wszczepiono stent do zwężenia tętnicy szyjnej wewnętrznej (stożkowy o wymiarach 6/9 × 30 mm), który doprężono balonem o wymiarach 5 × 20 mm. Następnie „na zakładkę” implantowano drugi stent (prosty o wymiarach 9 × 30 mm), który doprężono balonem o wymiarach 6 × 20 mm. W arteriografii kontrolnej wykazano niewielkie zwężenie resztkowe w górnym stencie (ok. 20%) i nieco większe zwężenie resztkowe w dolnym stencie (ok. 30%). Nie wykonywano dodatkowego poszerzania stentów. W arteriografii tętnic wewnątrzczaszkowych wykazano skuteczność udrożnienia poszerzanych zwężeń, prawidłowo wypełniających się środkiem cieniującym (ryc. 2).

Badania kontrolne prowadzono w typowym układzie czasowym — po 3, 6, 12 i 24 miesiącach po zabiegu. Po badaniu neurologicznym wykonywano ultrasonograficzne badania dopplerowskie — nie stwierdzono nawrotu objawów neurologicznych ani cech nawrotu zwężeń, zwracając szczególną uwagę na odcinki stentów z resztkowymi zwężeniami. W trakcie wszystkich badań kontrolnych notowano prawidłowe wykresy dopplerowskie przepływu krwi.

### Przypadek nr 3

Chory w wieku 54 lat z objawami niedokrwienia prawej półkuli mózgu w postaci dwóch przebytych

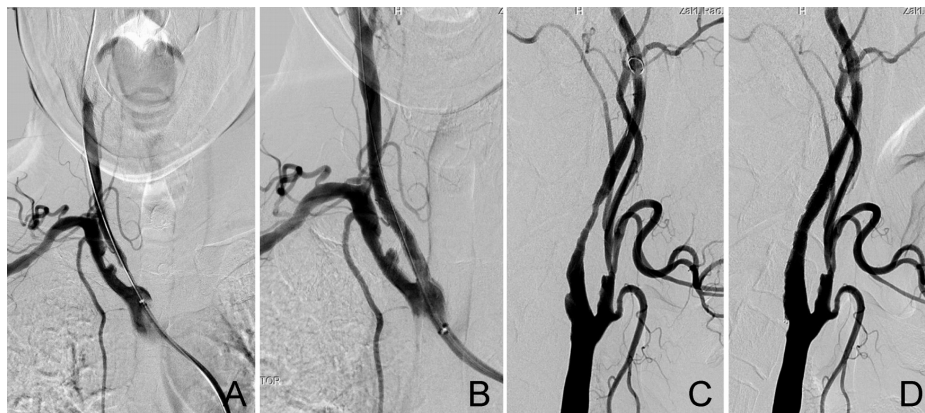


**Figure 2A.** Initial arteriographic picture in lateral projection. **B.** An arteriographic picture in postero-anterior projection. Carotid artery stenoses visible on the left side, lack of contrast filling in the internal carotid artery (AI segment) and pericallosal artery intracranially. **C.** Control arteriography in lateral projection following implantation of the first stent into internal and common carotid artery (through the bifurcation). **D.** Two stents implanted in an overlapping manner. **E.** Final arteriography after implantation and expanding of both stents. Normal contrast filling seen intracranially in the AI segment and both pericallosal arteries

**Rycina 2A.** Arteriografia wyjściowa w projekcji bocznej. **B.** Arteriografia wyjściowa w projekcji p-a, widoczne zwężenia tętnic szyjnych po stronie lewej oraz brak wypełnienia środkiem cieniującym odcinka AI tętnicy szyjnej wewnętrznej i tętnicy okołospoidowej w odcinku wewnątrzczaszkowym. **C.** Arteriografia kontrolna w projekcji bocznej po implantacji pierwszego stentu do tętnicy szyjnej wewnętrznej i wspólnej (przez podział). **D.** Dwa stenty implantowane „na zakładkę”. **E.** Arteriografia końcowa po implantacji i doprężeniu obu stentów, w odcinku wewnątrzczaszkowym prawidłowe wypełnienie się odcinka AI i obu tętnic okołospoidowych

right upper limb. These symptoms appeared approx. 1.5 years after radiotherapy to the neck for laryngeal cancer. The patient received a total irradiation dose of 58 Gy. Neurological examination revealed no abnormalities. However, markedly weakened pulse was noted in the right radial artery of the right upper limb. Doppler USG examination showed multilevel lesions in the carotid arteries, including significantly reduced blood flow in the right common carotid artery (post-stenotic blood flow pattern, with a *parvus-tardus* Doppler spectrum). Similar flow patterns were observed in the right axillary artery, which, together with abnormal flow in the right vertebral artery (suspected subclavian steal syndrome), gave rise to the suspicion of stenosis in the brachiocephalic artery or its debranching arteries. Moreover, narrowing of the right internal carotid artery was detected; stenosis was described as haemodynamically significant but no percentage values were given. Elective diagnostic arteriography showed critical stenosis of the first segment of the right common carotid artery, 60–70% stenosis with ulceration in the right subclavian artery, and long-segment stenosis above this level, in the right internal carotid artery (approx. 70–80%). Based on the above-described radiological findings, a two-step endovascular procedure was planned. The first step consisted of predilatation with the aid of a 4 mm balloon, implantation of a 7 × 40 mm straight vascular stent (Acculink®, Abbott Vascular), and restoration of patency of the first segment of the right common carotid artery.

epizodów krótkotrwałych (kilka minut) niedowładów połowicznych lewostronnych skarżył się na uporczywe zawroty głowy i okresowe zaburzenia równowagi, a także na osłabienie siły mięśniowej (chromanie) prawej kończyny górnej. Objawy pojawiły się około 1,5 roku po radioterapii okolic szyi z powodu raka krtań. Pacjent w czasie leczenia otrzymał łączną dawkę 58 Gy. W badaniu neurologicznym nie wykazano odchyień od stanu prawidłowego, stwierdzono jednak wyraźne osłabienie tętna na tętnicy promieniowej prawej tętnicy górnej. W ultrasonograficznym badaniu dopplerowskim wykazano wielopoziomowe zmiany w zakresie tętnic domózgowych — stwierdzono wyraźne zmniejszenie wartości przepływu krwi w prawej tętnicy szyjnej wspólnej (przepływ poststenotyczny — spektrum dopplerowskie typu *parvus-tardus*). Podobne wykresy dopplerowskie odnotowano w prawej tętnicy pachowej, co wraz z nieprawidłowym przepływem krwi w prawej tętnicy kręgosłupowej (sugestia podkradania) dało podstawy zmian w obrębie pnia ramiennie-głowowego lub tętnic jego podziału. Ponadto stwierdzono zwężenie prawej tętnicy szyjnej wewnętrznej, które oceniono jako istotne hemodynamicznie, bez podawania dokładnych wartości procentowych. W wykonanej planowej arteriografii diagnostycznej ujawniono obecność krytycznego zwężenia w początkowym odcinku prawej tętnicy szyjnej wspólnej, około 60–70-procentowe zwężenie prawej tętnicy podobojczykowej z owrzodzeniem oraz długoodcinkowego zwężenia powyżej, w obrębie pra-



**Figure 3A.** Arteriography showing critical stenosis in the first segment of the right common carotid artery and narrowing of the first fragment of the right subclavian artery (vascular sheath below the stenosis, guidewire advanced into the stenosed area). **B.** Control arteriography after stent implantation — restored patency in the right common carotid artery. **C.** Long-segment stenosis in ipsilateral interior carotid artery (guidewire with neuroprotective filter above the stenosis level). **D.** Arteriographic picture after stent implantation and expansion — normal artery patency

**Rycina 3A.** Arteriografia przedstawia krytyczne zwężenie w początkowym odcinku prawej tętnicy szyjnej wspólnej i zwężenie w początkowym odcinku prawej tętnicy podobojczykowej (śluz naczyńniowa pod zwężeniem, prowadnik przeprowadzony przez zwężenie). **B.** Arteriografia kontrolna po implantacji stentu — udrożniona prawa tętnica szyjna wspólna. **C.** Długoodcinkowe zwężenie tętnicy szyjnej wewnętrznej po tej samej stronie (prowadnik z filtrem do neuroprotekcji powyżej zwężenia). **D.** Arteriografia po implantacji i poszerzeniu stentu — prawidłowa drożność tętnicy

Then, a 6F vascular sheath was placed above, through the implanted stent, and a guidewire with a neuroprotective filter (FilterWireEZ™, Boston Scientific) was introduced above the level of the internal carotid artery stenosis. Initially, dilatation was performed with the aid of a 3 mm balloon, and a 6/9 × 40 mm cone-shaped stent (Cristallo Ideale®, Invatec) was implanted. The stent was then further expanded with the 5 mm balloon. Control arteriography showed satisfactory dilatation of the stenosed segments (Figure 3). Two weeks later, the second step of the planned procedure took place. A vascular stent was implanted into the first segment of the subclavian artery using the same stent type as the one implanted earlier into the common carotid artery. Control arteriography showed patency restoration in the previously stenosed arteries. Furthermore, contrast filling was noted in the narrow, probably hypoplastic right-sided vertebral artery.

Follow-up examinations, including neurological assessment and Doppler USG, were performed routinely 3, 6, 12, and 24 months after the completed therapy. No restenoses were observed, and there was no need for further endovascular procedures.

### Discussion

Radiation-induced stenoses in carotid arteries are relatively infrequent, but with advancing radiotherapy techniques in oncology there may be more affected patients in the coming years. These lesions affect mostly

wey tętnicy szyjnej wewnętrznej (ok. 70–80%). Na podstawie uzyskanych obrazów zaplanowano dwuetapowe leczenie wewnątrznaczyńniowe. W pierwszym etapie, po predylatacji 4-milimetrowym balonem, implantowano stent naczyńniowy prosty o wymiarach 7 × 40 mm (Acculink® — Abbott Vascular) — udrożniono zwężenie początkowego odcinka tętnicy szyjnej wspólnej. Następnie śluzę naczyńniową 6F umieszczono powyżej przez wszczepiony stent i wprowadzono prowadnik z filtrem do neuroprotekcji (FilterWire-EZ™ — Boston Scientific) powyżej zwężenia tętnicy szyjnej wewnętrznej. Wykonano wstępne poszerzenie zwężenia 3-milimetrowym balonem i implantowano stent stożkowy o wymiarach 6/9 × 40 mm (Cristallo Ideale® — Invatec). Stent dopięto 5-milimetrowym balonem. W kontrolnej arteriografii wykazano dobre udrożnienie zwężonych odcinków (ryc. 3). Po 2 tygodniach przeprowadzono zabieg planowanego drugiego etapu leczenia. Implantowano stent naczyńniowy do początkowego odcinka prawej tętnicy podobojczykowej — taki sam, jak wcześniej do początkowego odcinka tętnicy szyjnej wspólnej. W kontrolnej arteriografii wykazano odtworzenie prawidłowej drożności zwężonych tętnic. Stwierdzono także wypełnianie się środkiem cieniującym wąskiej (prawdopodobnie hipoplastycznej) prawej tętnicy kręgosłowej.

Badania kontrolne (ocena neurologa i badanie dopplerowskie) wykonywano rutynowo po 3, 6, 12 i 24 miesiącach od zakończenia leczenia. Nie stwierdzono cech

the neck region, where surgical procedures are usually mutilating, and radiotherapy is used with the aim of larynx preservation for treatment of both early malignant lesions (mainly laryngeal and pharyngeal cancer) as well as advanced or inoperable tumours [7, 8].

Classical surgical procedures for radiation-induced stenoses in carotid arteries are characterised by innumerable limitations at each stage. These include, among others, scarring of skin and perivascular tissues, and technical difficulties in access to lesions located near the aortic arch and in approach to the lesions in stenosed arteries themselves [12].

The endovascular approach has no such limitations, and the results are surprisingly good [13]. This is related to the minimal invasiveness of balloon angioplasty and stenting procedures, with no need to access through the scarred tissues as well as to the fact that arterial injuries result from inflammation and fibrosis, and respond well to endovascular balloon dilatation with very low risk of dissection. Balloon angioplasty is, however, not sufficient in most patients because of the elastic recoil phenomenon, i.e. quick restenosis after deflation of the pressure balloon or significant residual stenosis; therefore, endovascular stenting is necessary. The radial force of the most commonly used stents is sufficient to keep normal patency of the affected arteries. In addition, in radiation-injured arteries there is no excessive endothelial proliferation, which further improves the results of the procedure and gives no restenoses. It should, however, be noted that the above-described endovascular procedures are technically difficult, which is in part related to the topographical diversity of the lesions (multi-segmental stenoses, lesions in numerous arteries in one patient). These procedures therefore require careful planning and adequate choice of equipment. For optimal results, various types of stents should be available. The procedures are often performed in steps, and the use of more than one stent is almost a rule [13, 14].

Given these considerations, the endovascular approach to radiation-induced stenoses in carotid arteries warrants thorough radiological diagnostics, including angio-CT and/or angio-MRI, or even diagnostic arteriography before the intervention itself. These measures aid the correct procedure planning and collection of the necessary equipment [12–14].

Perioperative procedures are practically the same as in the case of other endovascular interventions in terms of both pharmacological regimen and follow-up investigations. The published data show a very high percentage (almost 100%) of successful endovascular procedures and low incidence of restenoses at the

nawrotów zwężeń, nie zachodziła konieczność powtórzenia zabiegów.

## Omówienie

Popromienne zwężenia tętnic domózgowych nie występują często, lecz wraz z rozwojem radioterapeutycznych technik w onkologii można się w najbliższych latach spodziewać zwiększonej liczby chorych z podobnymi problemami leczniczymi. Dotyczy to w szczególności okolic szyi, kiedy to zabiegi chirurgiczne są z reguły bardzo okaleczające, a radioterapia pozwala na zachowanie krtani — jest wykorzystywana zarówno w leczeniu postaci wczesnych nowotworów złośliwych (głównie krtani i gardła), jak i postaci zaawansowanych, często nieoperacyjnych [7, 8].

Tradycyjne leczenie chirurgiczne zwężeń popromiennych tętnic domózgowych napotyka na każdym etapie operacji na liczne ograniczenia. Poczynając od popromiennych zmian bliznowatych skóry i tkanek otaczających tętnice, poprzez często utrudniony dostęp do zmian przy łuku aorty, a kończąc na trudnościach operacji samych zmienionych tętnic [12].

Metody leczenia wewnątrznacyniowego nie mają takich ograniczeń, a ich rezultaty są nadspodziewanie dobre [13]. Wynika to z małej inwazyjności angioplastyki balonowej i stentowania bez konieczności ingerencji w zmienione napromienianiem tkanki, lecz także z faktu, że tętnice zwężone w zapalno-włóknistym mechanizmie dobrze poddają się wewnątrznacyniowemu poszerzaniu balonem, np. rzadko ulegają rozwarstwieniom. W większości przypadków sama angioplastyka balonowa nie jest jednak wystarczająca, gdyż typowe jest zjawisko tzw. *elastic recoil*, czyli szybki nawrót zwężenia po opróżnieniu balonu ciśnieniowego lub znaczące zwężenia resztkowe. W tych sytuacjach konieczne jest stosowanie stentów nacyniowych. Siła radialna większości używanych stentów jest wystarczająca do utrzymania prawidłowej drożności poszerzanych tętnic, a dodatkowo dobry długotrwały efekt bez nawrotów zwężeń jest wynikiem braku mechanizmu nadmiernego śródbłonkowania w zmienionych napromienianiem tętnicach. Trzeba jednak przyznać, że omawiane zabiegi wewnątrznacyniowe są stosunkowo trudne pod względem technicznym. Wiąże się to przede wszystkim z różnorodnością zmian, często wielopoziomowych, dotyczących różnych tętnic. Wymaga to zatem odpowiedniego planowania zabiegu i prawidłowego wyboru sprzętu. Dobrze jest dysponować różnymi rodzajami i rozmiarami stentów nacyniowych. Często zabiegi są wieloetapowe, a stosowanie więcej niż jednego stentu jest niemal regułą [13, 14].

Z tych powodów opisywane zmiany popromienne tętnic domózgowych wymagają skrupulatnej diagno-



sites of implanted stents. Reinterventions are most commonly performed because of new stenoses emerging around the previously implanted stents [11–13]. It is therefore necessary to inform patients of such a possibility and reassure them that neurological follow-up and Doppler USG examinations can be performed periodically.

### Conclusions

1. Given the diversity of radiation-induced lesions in carotid arteries, broad-spectrum neurological diagnostics and detailed radiological investigations of these vessels are necessary in order to correctly plan and prepare the endovascular intervention.
2. Most patients with radiation-induced stenoses in carotid arteries require complex and often multi-step endovascular interventions.
3. Good results of endovascular procedures can be obtained with correct patient neurological qualification and the application of non-standard techniques, with the use of diverse equipment.

### References

1. Butler MJ, Lane RHS, Webster JHH (1980) Irradiation injury to large arteries. *Br J Surg*, 67: 341–343.
2. Elerding SC, Fernandez RN, Grotta JC (1978) Radiation-induced disease of the carotid artery. *West J Med*, 129: 500–503.
3. Gold H (1961) Production of arteriosclerosis in the rat. *Arch Pathol*, 71: 268–273.
4. Carmody BJ, Arora S, Avena R (1999) Accelerated carotid artery disease after high-dose head and neck radiotherapy: Is there a role for routine carotid duplex surveillance? *J Vasc Surg*, 30: 1045–1051.
5. Kashyap VS, Moore WS, Quinones-Baldrich WJ (1999) Carotid artery repair for radiation-associated atherosclerosis is a safe and durable procedure. *J Vasc Surg*, 29: 90–99.
6. Atkinson JL, Sundt TM, Dale AJD (1989) Radiation-associated atheromatous disease of the cervical carotid artery: Report of seven cases and review of the literature. *Neurosurgery*, 24: 171–178.
7. Shim YS (2004) Recent advances in management of laryngeal cancer. *Cancer Res Treat*, 36: 13–18.
8. Lefebvre JL, Rolland F, Tesselaar M et al (2009) Phase 3 randomized trial on larynx preservation comparing sequential vs alternating chemotherapy and radiotherapy. *J Natl Cancer Inst*, 101: 142–152.
9. Moritz MW, Higgins RF, Jacobs JR (1990) Duplex imaging and incidence of carotid radiation injury after high-dose radiotherapy for tumors of the head and neck. *Arch Surg*, 125: 1181–1183.
10. Roubin GS, New G, Iyer SS (2001) Immediate and late clinical outcomes of carotid artery stenting in patients with symptomatic and asymptomatic carotid artery stenosis: A 5-year prospective analysis. *Circulation*, 103: 532–537.

styki obrazowej, najczęściej w postaci badań angio-CT i/lub angio-MR lub nawet z włączeniem arteriografii diagnostycznej przed właściwym zabiegiem. Pozwala to na właściwe zaplanowanie zabiegu i skompletowanie potrzebnego sprzętu [12–14].

Postępowanie okołozabiegowe nie różni się praktycznie od działań w przypadku innych zabiegów wewnątrznaczyniowych, zarówno w zakresie przygotowania farmakologicznego, jak i badań kontrolnych po zabiegach. Dane z piśmiennictwa wskazują na bardzo duży (prawie 100%) odsetek skuteczności leczenia wewnątrznaczyniowego i rzadkie występowanie nawrotów zwężeń w obrębie stentów. Znacznie częściej powtórne zabiegi wykonuje się z powodu nowych zwężeń powstających w okolicy implantowanych uprzednio stentów [11–13]. Z tych powodów ważne jest, aby poinformować chorego o takiej ewentualności oraz zapewnić możliwość stałej kontroli neurologicznej i okresowych ultrasonograficznych badań dopplerowskich.

### Wnioski

Różnorodność zmian popromiennych tętnic domózgowych stwarza każdorazowo konieczność rozszerzonej diagnostyki neurologicznej i szczegółowych badań obrazowych tych tętnic w celu odpowiedniego planowania zabiegu wewnątrznaczyniowego.

W większości przypadków chorzy ze zwężeniami popromiennymi tętnic domózgowych wymagają kompleksowego, często wieloetapowego leczenia wewnątrznaczyniowego.

Osiągnięcie dobrych wyników leczenia wewnątrznaczyniowego wymaga odpowiedniej kwalifikacji neurologicznej oraz stosowania niestandardowych technik z zastosowaniem różnorodnego sprzętu.

11. Houdart E, Mounayer C, Chapot R, Saint-Maurice JP, Merland JJ (2001) Carotid stenting for radiation-induced stenoses: a report of 7 cases. *Stroke*, 32: 118–121.
12. Al-Mubarak N, Roubin GS, Iyer SS, Gomez CR, Liu MW, Vitek JJ (2000) Carotid stenting for severe radiation-induced extracranial carotid artery occlusive disease. *J Endovasc Ther*, 7: 36–40.
13. Ting AC, Cheng SW, Yeung KM, Cheng PW, Lui WM, Ho P (2004) Carotid stenting for radiation-induced extracranial carotid artery occlusive disease: efficacy and midterm outcomes. *J Endovasc Ther*, 11: 53–59.
14. Harrod-Kim P, Kadkhodayan Y, Derdeyn CP, Cross DT, Moran CJ (2005) Outcomes of carotid angioplasty and stenting for radiation-associated stenosis. *Am J Neuroradiol*, 26: 1781–1788.