

# Long-term results after percutaneous transluminal angioplasty of the subclavian artery

## Odległe wyniki przezskórnej angioplastyki tętnicy podobojczykowej

Tomasz Ostrowski, Waldemar Macioch, Andrzej K. Małek, Maciej Skórski, Krzysztof Krępski, Olgierd Rowiński<sup>1</sup>, Michał Elwertowski, Mieczysław Szostek

Department of General and Thoracic Surgery, <sup>1</sup>II Department of Clinical Radiology (Klinika Chirurgii Ogólnej i Chorób Klatki Piersiowej, <sup>1</sup>II Zakład Radiologii Klinicznej)

### Abstract

**Introduction.** Subclavian steal syndrome is a clinical problem of great importance, in which chronic upper limb ischaemia can cause a deficit of blood supply to the brain. Nowadays surgery is the routine approach to the management of complete subclavian artery (SA) occlusion; in the case of stenosis endovascular procedure is preferable.

**Material and methods.** We treated 74 patients with percutaneous transluminal angioplasty (PTA) for SA stenosis in our Department in the years 1989–1998 (44 females, 30 male; age 20–71 years, mean 49 years). Good results after angioplasty were obtained in 69 patients (93.2%). Five patients (8.1%) had only a temporary improvement but they refused further procedures. Analysis of the long-term results after SA PTA was the aim of the study. Fifty-two patients were followed-up for 16 to 128 months (mean 51 months).

**Results.** Thirty-nine patients (75%) had clinical improvement and normal vertebral artery blood flow direction confirmed by duplex-doppler, as well as equal brachial pressures. None of the patients complained of any signs of chronic brain or hand ischaemia. During follow-up 8 patients (15.4%) were diagnosed with subclavian artery stenosis, however lesser than 50%, causing a difference of brachial pressure up to 20 mm Hg.

**Key words:** subclavian steal syndrome, percutaneous angioplasty

### Streszczenie

**Wstęp.** Zespół podkradania tętnicy podobojczykowej jest istotnym problemem klinicznym, w którym przewlekłe niedokrwienie kończyny górnej może powodować zaburzenia ukrwienia mózgu. Obecnie postępowaniem z wyboru w przypadku całkowitej niedrożności tętnicy podobojczykowej jest leczenie chirurgiczne, natomiast w przypadkach zwężeń stosuje się techniki śródnaczyniowe.

**Materiał i metody.** W klinice, w której pracują autorzy, w latach 1989–1998 u 74 chorych (44 kobiet i 30 mężczyzn w wieku 20–71 lat; średnio 49 lat) wykonano przezskórną dylatację (PTA, percutaneous transluminal angioplasty) z powodu zwężenia tętnicy podobojczykowej. Dobre wyniki angioplastyki uzyskano u 69 chorych (93,2%). Zgody na ponowne wykonanie zabiegów nie wyraziło 5 pacjentów (8,1%), u których doszło do szybkiego nawrotu zwężenia. Celem pracy była analiza odległych wyników PTA u 52 chorych w okresie 16–128 miesięcy (średnio 51 miesięcy) od wykonanego zabiegu.

**Wyniki.** U 39 (75%) chorych odnotowano poprawę stanu klinicznego potwierdzoną badaniem duplex-doppler, a także zrównanie wartości ciśnienia tętniczego na tętnicach ramiennych. U żadnego z pacjentów nie stwierdzono objawów przewlekłego niedokrwienia mózgu lub kończyny górnej. W tym okresie u 8 chorych obserwowano nawrót zwężenia tętnicy podobojczykowej. Ocena morfologiczna wykazała poniżej 50-procentowe zwężenia światła naczynia, powodujące różnice ciśnienia krwi na tętnicy ramiennej poniżej 20 mm Hg.

**Słowa kluczowe:** zespół podkradania tętnicy podobojczykowej, przezskórna angioplastyka

Address for correspondence (Adres do korespondencji):

Dr med. Tomasz Ostrowski, Klinika Chirurgii Ogólnej i Chorób Klatki Piersiowej, ul. Banacha 1A, 02–097 Warszawa, Poland

## Introduction

Proximal stenosis or occlusion of the subclavian artery may produce a variable combination of cerebral or arm ischaemia symptoms [1], known as the subclavian steal, described in 1960 by Contorni [2].

In this syndrome blood is stolen from the circle of Willis and flows retrogradely down a vertebral artery to supply the upper limb [3], which is caused by decrease of blood pressure in the distal part of subclavian artery, comparing to the higher one in the basilar artery.

About 10% of patients with angiographically confirmed subclavian steal suffers from arm ischaemia and about 40% from neurologic symptoms.

Subclavian steal syndrome therapy eliminates the reason causing hemodynamic disturbances.

To the end of seventies the management of occlusive disease affecting the innominate or subclavian arteries based on surgical procedures as direct endarterectomy, transthoracic bypass grafting, carotid-subclavian transposition and axilloaxillary bypass.

In 1964 Dotter and Judkins first presented percutaneous dilatation of femoral artery stenoses [4].

In 1980, Bachman and Kim described the use of percutaneous transluminal angioplasty for therapy of subclavian artery occlusive disease [5].

From the beginning PTA suggested to be effective, with technical feasibility and low complication rate [6].

Surgical therapy was firstly considered as a method of choice, later as alternative to percutaneous angioplasty, and now is reserved only for situations without technical possibility of angioplasty.

## Material and methods

Seventy-four patients underwent percutaneous transluminal angioplasty (PTA) at the Department of General and Thoracic Surgery, Medical University of Warsaw, from 1989 to 1998.

This number of patients included 30 men and 44 women, ranging in age from 20 to 71 years (mean 49). Fifty-seven patients had neurologic disturbances, eight arm ischaemia and in nine cases both types of symptoms were observed (Table I).

Diagnosis was based on clinical examination including both arms blood pressure measurement. Duplex-doppler and angiography were done routinely.

All patients had lower systolic blood pressure in the arm on the affected side than in contralateral arm (Table II).

Brachial ischaemia tests were performed and flow in basilar and vertebral artery was measured before and after PTA using TCD EME 64-B device.

According to results, all our patients were divided into 4 groups (Table III).

## Wstęp

Niedrożność lub istotne hemodynamicznie zwężenie początkowego odcinka tętnicy podobojczykowej może spowodować wystąpienie różnorodnych objawów niedokrwienia mózgu lub ręki [1]. Zjawisko to nazywane jest zespołem podkradania i zostało opisane w 1960 roku przez Contorniego [2].

W zespole podkradania kończynę górną zaopatruje w krew tętnica kręgową, w której następuje odwrócenie kierunku przepływu. Obniżenie ciśnienia krwi w naczyniach ręki i wytworzony dzięki temu gradient ciśnień stwarzają warunki do „kradzieży” krwi z tętnicy podstawnej lub z przeciwstronnej tętnicy kręgowej [3].

Wśród chorych z angiograficznie potwierdzonym zespołem podkradania około 10% odczuwa objawy niedokrwienia ręki, a u 40% występują dolegliwości związane z niedostatecznym zaopatrzeniem mózgu w krew.

Angioplastyka zwężonej tętnicy podobojczykowej wykonana w celu zwiększenia napływu krwi do ręki eliminuje zaburzenia hemodynamiczne powodujące zespół objawów, tzw. podkradanie tętnicy podobojczykowej.

Leczenie niedrożnej tętnicy podobojczykowej oparte jest na technikach operacyjnych, takich jak endarterektomia, przeszczep aortalno-podobojczykowy, transpozycja tętnicy podobojczykowej do tętnicy szyjnej wspólnej czy przeszłowanie pachowo-pachowe.

W przypadku zwężenia tętnicy podobojczykowej można zastosować technikę endowaskularną. U większości osób zabieg przebiega pomyślnie.

Pierwsze przezskórne rozszerzenie (PTA, *percutaneous transluminal angioplasty*) zwężonej tętnicy udowej wykonali Dotter i Judkins w 1964 roku [4].

Bachman i Kim w 1980 roku po raz pierwszy zastosowali tę technikę w przypadku tętnicy podobojczykowej [5].

Przezskórna angioplastyka jest obecnie powszechnie akceptowaną metodą poprawiającą napływ krwi, ale w niektórych przypadkach rozszerzaniu powinno towarzyszyć założenie stentu śródnaczyniowego w celu ochrony tętnicy przed powtórny zwężeniem [6].

Przezskórna angioplastyka jest metodą z wyboru, jednak techniki chirurgiczne są wciąż zarezerwowane dla osób, u których zastosowanie procedury endowaskularnej jest technicznie niemożliwe.

## Materiał i metody

W latach 1989–1998 w Klinice Chirurgii Ogólnej i Chorób Klatki Piersiowej u 74 chorych wykonano przezskórną angioplastykę tętnicy podobojczykowej.

W grupie tej było 30 mężczyzn i 44 kobiety w wieku 20–71 lat (średnio 49 lat). Objawy neurologiczne obserwowano u 57 pacjentów, niedokrwienie ręki

Diagnostic angiography was performed from the femoral or axillary approach. The angiograms were graded for degree of stenosis in the subsequently treated subclavian vessels (Table IV).

There were 69 subclavian stenoses with 57 of these on the left side and 5 innominate stenoses, all proximal to the vertebral origin.

The angioplasty procedure was performed from a femoral approach in 69 cases and from axillary approach in 5 cases.

**Table I.** The presenting symptoms

**Tabela I.** Objawy zespołu podkradania

Symptoms Objawy	Number of patients Liczba pacjentów	(%)
Neurological Neurologiczne	57	77.0
Arm ischaemia Niedokrwienie ręki	8	12.2
Neurologic and arm ischaemia Neurologiczne i niedokrwienie ręki	9	10.8

**Table II.** Arm blood pressure difference

**Tabela II.** Gradient ciśnień na tętnicach ramiennych

Pressure Ciśnienie tętnicze	Number of patients Liczba pacjentów	(%)
< 20 mm Hg	0	0
20–40 mm Hg	31	41.9
> 40 mm Hg	43	58.1
All Wszyscy	74	100.0

**Table III.** Classification of subclavian steal syndrome

**Tabela III.** Klasyfikacja zespołu podkradania tętnicy podobojczykowej

Classification Rodzaje podkradania	Number of patients Liczba pacjentów	(%)	Flow direction Kierunek przepływu krwi			
			Basilar artery Tętnica podstawna		Vertebral artery Tętnica kręgową	
			At rest Spoczynek	Hyperemia Przekrwienie	At rest Spoczynek	Hyperemia Przekrwienie
Complete basilar steal Utrwalone podstawne	10	13.5	R	R	R	R
Latent basilar steal Przemijające podstawne	21	28.4	N	R	R	R
Complete vertebral steal Utrwalone kręgowę	18	24.3	N	N	R	R
Transient vertebral steal Przemijające kręgowę	25	33.8	N	N	N	R
Total Razem	74	100				

N — normal direction/normalny; R — reversed direction/odwrócony

występowało w 8 przypadkach, a u 9 pacjentów odnotowano objawy dotyczące obydwu tych obszarów (tab. I).

Zespół podkradania tętnicy podobojczykowej rozpoznawano na podstawie badania klinicznego (pomiar ciśnienia krwi na obydwu ramionach) oraz na podstawie oceny przepływu krwi w badaniu *duplex-doppler*.

U wszystkich pacjentów obserwowano obniżenie wartości ciśnienia skurczowego krwi po stronie zwężonej tętnicy podobojczykowej w porównaniu ze stroną „zdrową” (tab. II).

Wszystkim badanym wykonano test przekrwienia, oceniając przepływ w tętnicy podstawnej i w tętnicach kręgowych zarówno przed angioplastyką, jak i po zabiegu, używając aparatu Transcranial Doppler TCD EME 64-B.

W zależności od zaburzeń przepływu krwi w tętnicach kręgowych i tętnicy podstawnej pacjentów podzielono na 4 grupy (tab. III).

Angiografia wykazała zwężenie tętnicy podobojczykowej średniego i dużego stopnia u 60 osób, a krytyczne zwężenie u 14 pacjentów (tab. IV).

Spśród 74 chorych u 69 rozpoznano zwężenie tętnicy podobojczykowej (u 57 po lewej stronie) oraz pnia ramiennie-głowego u 5 pacjentów, wszystkie zlokalizowane proksymalnie od odejścia tętnicy kręgowej.

Zabieg wykonywano zarówno z dojścia przez tętnicę udową (w 69 przypadkach), jak i przez tętnicę pachową (u 5 chorych). Balon śródnaczyniowy (4 cm długości, 6–8 mm średnicy) wypełniano ręcznie 3–5 razy przez 10–20 s. U żadnego z chorych nie założono stentu śródnaczyniowego.

**Table IV.** Degree of stenosis of subclavian artery**Tabela IV.** Stopień zwężenia tętnicy podobojczykowej

Degree of stenosis Stopień zwężenia	Number of patients Liczba pacjentów	(%)
< 75%	10	13.5
> 75%	50	67.6
Occlusion Niedrożność	14	18.9
All Wszyscy	74	100.0

An appropriately shaped selective catheter was used in conjunction with a guide wire to transverse the lesions.

Exchange was then made for the angioplasty balloon, which was inflated at the point of stenosis (4 cm long and 6–8 mm in diameter). Few inflations were performed 3–5 time each lasting 10–20 s.

The immediate success of the dilatation procedure was evaluated with angiography and blood pressure measurements on both arms.

Patients had prophylaxis before the procedure with Clexane 40 mg *i.sc.*

Following the procedure, all patients were treated firstly with aspirin (150 mg/d) and dipyridamol (3 × 75 mg), and from 1994 only with aspirin (75 mg/d).

## Results

The treatment was considered successful if clinical symptoms improved, residual stenosis was less than 50% and if the residual difference in blood pressure between the two arms was less than 20 mmHg.

Sixty-nine (93.2%) of the 74 stenoses were successfully treated. In 54 patients there was no residual stenosis without any difference in blood pressure between the arms. In 14 patients the residual stenoses were less than 50% on IV-DSA control. In 6 patients (8.1%) we observed stenosis over 50% and recurrence of subclavian symptoms.

Complications occurred in 10 cases. In 7 patients we observed haematomas at the artery puncture site. In 2 patients transient hand ischaemia occurred (in one case symptoms dissappeared spontaneously and in other patients needed pharmacological vasodilatation). In 1 patients surgical reconstruction of artery lesion was necessary (occlusion of the iliac artery requiring surgical thrombectomy).

Between 52 patients on follow-up over 16–128 months (mean 51 months), 39 (75%) revealed excellent result without any neurologic and ischemic symptoms and with equivalent systolic blood pressures in both arms. It was confirmed by TCD and duplex-doppler

Ocenę skuteczności angioplastyki przeprowadzano za pomocą kontrolnej angiografii i pomiaru ciśnienia na obydwu ramionach.

Wszystkim chorym przed zabiegiem angioplastyki podawano heparynę drobnocząsteczkową. Wszyscy pacjenci po wykonanej skutecznej angioplastyce otrzymywali przez cały okres obserwacji kwas acetylosalicylowy w dawce 75 mg/d.

## Wyniki

Zabieg angioplastyki uważano za skuteczny, jeżeli następowała poprawa kliniczna, resztkowe zwężenie tętnicy podobojczykowej nie przekraczało 50% średnicy naczynia, a wartość gradientu ciśnień skurczowych była mniejsza niż 20 mm Hg.

Skutecznie poszerzono 69 (93,2%) spośród 74 zwężonych tętnic podobojczykowych. U 54 pacjentów nie stwierdzono zwężenia po zabiegu, a różnica ciśnień na ramionach była mniejsza niż 20 mm Hg. U 14 pacjentów podczas kontrolnej angiografii zwężenie wynosiło poniżej 50%. U 6 pacjentów (8,1%) zaobserwowano zwężenie tętnicy powyżej 50% i nawrót objawów zespołu podkradania.

Powikłania wystąpiły w 10 przypadkach. U 7 osób odnotowano krwiak w miejscu nakłucia tętnicy, u 2 — przejściowe objawy niedokrwienia kończyny górnej (u jednej osoby objawy ustąpiły samoistnie, u drugiej na skutek leczenia zachowawczego za pomocą leków naczyniorozszerzających). U 1 pacjenta po rozpoznaniu zakrzepicy tętnicy biodrowej wykonano skuteczną trombektomię.

Odległe wyniki PTA oceniono u 52 osób. Okres obserwacji wahał się od 16 do 128 miesięcy (średnio 51 miesięcy). Wynik bardzo dobry (bez objawów neurologicznych lub objawów niedokrwienia, wyrównanie ciśnień na ramionach) uzyskano u 39 osób (75%). We wszystkich przypadkach wyniki potwierdzono za pomocą przezczaszkowego badania dopplerowskiego (TCD, *transcranial doppler*) oraz badania *duplex-doppler*. Nawrót niedużego zwężenia tętnicy podobojczykowej lub też stałą obecność zwężenia rezydualnego rozpoznano u 8 osób (15,4%). U 5 pacjentów (9,6%) stwierdzono restenozę powyżej 50% i nawrót objawów zespołu podkradania. Dwóch spośród nich leczono zachowawczo, gdyż odmówili dalszych badań i nie zgodzili się na powtórny zabieg angioplastyki. U 3 pacjentów z restenozą tętnicy podobojczykowej wykonano skutecznie powtórne zabiegi poszerzania (po 14, 19 i 27 miesiącach).

## Dyskusja

Przezskórna angioplastyka jest bezpieczną i skuteczną metodą leczenia zwężonej tętnicy podobojczykowej [7].

examination. In 8 (15.4%) cases showed relapse of slight stenosis. In 5 (9.6%) observation revealed stenosis over 50% and recurrence of subclavian steal symptoms. Two of them refused further endovascular treatment, three patients were successfully treated with a second dilatation (after 14, 19 and 27 months).

## Discussion

Percutaneous transluminal angioplasty of stenoses of the subclavian arteries is a safe and effective treatment method [7].

The reason for failure may be mostly total occlusion of the lumen and additional distal occlusions of the subclavian artery [8].

Many authors emphasize the danger of embolization to the hand or to the brain which could cause finger necrosis or stroke. Ringelstein documented that after successful subclavian artery dilatation the restoration of normal direction of blood flow in vertebral artery takes from 20 s to several minutes. This mechanism protects brain circulation, because arteriosclerotic debris should rather flow to the hand [8].

In our patients we had no situation with brain or hand embolization but only in 2 cases we found transient hand ischaemia caused probably by vascular spasm.

According to references low molecular heparin is an efficient prophylactic measure of embolic complications. For permanent prevention low doses of ASA is recommended.

In our department routine prophylactic management is as follows: 40 mg of enoxaparine two hours before PTA. Daily maintaining dose of ASA is 75 mg.

The complication rate for supraaortic PTA are: morbidity 0–1.9%, mortality 0% [9] comparing with intrathoracic surgery complications — 23%, mortality — 8% and extrathoracic surgery complications — 15% with little or no mortality [10].

In our study there were 4.1% major complications with no deaths (in 2 patients transient hand ischaemia and in 1 patient occlusion of the iliac artery).

According to Kachel PTA, not surgery, is the preferred therapy for symptomatic stenoses in the subclavian and vertebral arteries [9, 10].

The same is our conclusion based on high success rate in our patients.

## References

1. Farina C, Mingoli A, Schultz RD et al. (1989) Percutaneous Transluminal Angioplasty Versus Surgery for Subclavian Artery Occlusive Disease. *Am J Surg*, 158: 511–514.
2. Contorni L (1960) Il circolo collaterale vertebrovertebrale nella obliterazione dell'arteria subclavia alla sua origine. *Minerva Chir*, 15: 268–271.
3. Theron J, Melacon D, Ethier R (1985) "Pre" subclavian steal syndromes and their treatment by angioplasty. *Neuroradiol*, 27: 265–270.

Przyczynami niepowodzenia zabiegu mogą być: całkowita niedrożność światła naczynia lub towarzysząca niedrożność w dystalnej części tętnicy podobojczykowej [8].

Wielu autorów ostrzega przed ryzykiem zatorowości naczyń ręki lub mózgu, która może spowodować martwicę palców lub nawet udar mózgu. Ringelstein udowodnił, że technicznie skuteczne rozszerzenie tętnicy podobojczykowej powoduje normalizację kierunku przepływu krwi w tętnicy kręgosłupowej w czasie od 20 s do kilku minut. Uznaje się to za mechanizm ochronny mózgu, szczególnie mózdzku, gdyż oderwane blaszki miażdżycowe zwykle upośledzają przepływ krwi w kończynie górnej [8].

U żadnego z badanych pacjentów nie odnotowano zatorowości naczyń ręki lub mózgu. U 2 osób wystąpiły przejściowe objawy niedokrwienia kończyny górnej, spowodowane prawdopodobnie przez skurcz naczyńniowy.

Zgodnie z powszechnie uznawanymi zaleceniami profilaktyczne podanie heparyny drobnocząsteczkowej skutecznie zapobiega powikłaniom zatorowym. W celu długotrwałej ochrony zaleca się przyjmowanie małych dawek kwasu acetylosalicylowego.

W klinice, gdzie pracują autorzy publikacji, rutynowo podaje się 40 mg enoksaparyny 2 godziny przed angioplastyką i 75 mg kwasu acetylosalicylowego przez cały okres kontroli.

Częstość powikłań ogólnych (0–1,9%) i śmiertelność (0%) przy zastosowaniu metody przezskórnego rozszerzenia tętnicy podobojczykowej [9] jest znacząco mniejsza niż podczas operacji wykonywanych na otwartej klatce piersiowej (powikłania ogólne — 23% i śmiertelne — 8%) lub nawet przy zastosowaniu zabiegów niewymagających torakotomii (odpowiednio 15% powikłań ogólnych i 0% śmiertelności — wartość potwierdzona w wielu publikacjach) [10].

W badanej grupie pacjentów wystąpiły 3 znaczące powikłania (4,1%), jednakże bez przypadków śmiertelnych. U 2 osób wystąpiło przejściowe niedokrwienie ręki, a u 1 pacjenta zaobserwowano zakrzepicę tętnicy biodrowej wymagającą trombektomii.

Autorzy zgadzają się ze stwierdzeniem Kachela, że przezskórna angioplastyka jest najlepszą metodą terapii zwężonej tętnicy podobojczykowej [9, 10].

Autorzy niniejszej publikacji doszli do takiego samego wniosku na podstawie dobrych wyników uzyskanych w leczonej grupie chorych.

4. Nicholson AA, Kennan NM (1991) Percutaneous transluminal angioplasty of the subclavian artery. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 73: 46–52.
5. Bachman DM, Kim RM (1980) Transluminal Dilatation for Subclavian Steal Syndrome. *AJR*, 135: 995–996.
6. Vitti MJ, Thompson BW, Read RC et al. (1994) Carotid-subclavian bypass: a twenty-two-year experience. *J Vasc Surg.* (discussion 417), 20: 411–417.
7. Motarjeme A, Kiefer J, Zuska AJ (1985) Percutaneous Transluminal Angioplasty for Treatment of Subclavian Steal. *Radiology*, 155: 611–613.
8. Ringelstein EB, Zeumer H (1984) Delayed reversal of vertebral artery blood flow following percutaneous transluminal angioplasty for subclavian steal syndrome. *Neuroradiol*, 26: 189–198.
9. Kachel EB (1994) PTA of carotid, vertebral and subclavian artery stenoses. An alternative to vascular surgery? *Int Angiol*, 13: 48–51.
10. Wilms G, Baert A, Dewaele D (1987) Percutaneous Transluminal Angioplasty for the Subclavian Artery: Early and Late Results. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 10: 123–128.