

Fasciotomia jako element leczenia w zespole ostrego niedokrwienia kończyn dolnych i zespole reperfuzji

Fasciotomy as an element of treatment in acute lower limb ischemia syndrome and reperfusion syndrome

Dariusz Stańczyk, Damian Ziaja, Jacek Kostecki, Wojciech Żelawski, Krzysztof Ziaja

Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej, Naczyń, Angiologii i Flebologii Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice (The Department of General and Vascular Surgery, Angiology and Phlebology, Silesian Medical University, Katowice, Poland)

Streszczenie

Wstęp: Ostre niedokrwienie kończyn dolnych oraz zespół reperfuzji mogą być powikłane ostrym zespołem ciasnoty przedziałów powięziowych. Leczeniem z wyboru wówczas jest fasciotomia. Brak właściwego leczenia może doprowadzić do groźnych dla zdrowia i życia powikłań, ze zgonem włącznie. Celem pracy była analiza skuteczności fasciotomii, jako elementu leczenia zespołu ostrego niedokrwienia kończyn dolnych i zespołu reperfuzji.

Materiał i metody: Analizie poddano 173 pacjentów (30 kobiet i 143 mężczyzn) leczonych w okresie 10 lat w Klinice Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Angiologii i Flebologii w Katowicach z powodu ostrego niedokrwienia kończyn dolnych lub zespołu reperfuzji, u których wykonano zabieg fasciotomii metodą Patmana. Dodatkowo częściowo analizowano również 1880 pacjentów z ostrym niedokrwieniem kończyn dolnych, u których nie wykonywano zabiegu fasciotomii. Chorych podzielono na dwie grupy: I — gdzie przyczyną ostrego niedokrwienia był uraz naczyniowy; II — gdzie przyczyną ostrego niedokrwienia były choroby naczyń obwodowych (CHNO).

Wyniki: Chorzy z wykonaną fasciotomią przy przyjęciu zakwalifikowani byli najczęściej do stopnia niedokrwienia 2a i 2b, bez fasciotomii do stopnia 1 i 2a. Najczęstszą przyczyną ostrego niedokrwienia w grupie z fasciotomią była zakrzepica przęśla naczyniowego — 29,5%, natomiast obrażenia naczyniowe stanowiły 16,2%. W grupie bez fasciotomii najczęściej występował zator tętnicy — 43,6%, a obrażenia naczyniowe stanowiły 7%. Głównym wskazaniem do fasciotomii w grupie pourazowej był uraz naczyń podkolanowych oraz złamanie kości podudzia, natomiast w CHNO występowały obrzęk kończyny dolnej, tkliwość łydki i przedłużone niedokrwienie powyżej 6 godzin. Średni czas niedokrwienia po urazach wynosił 6,75 godziny, a w CHNO — 30 godzin. Fasciotomia najczęściej była wykonywana podczas zabiegu rewaskularyzacyjnego w przypadku urazu, natomiast w odległej dobie po zabiegu w przypadku CHNO. Brak poprawy ukrwienia z koniecznością amputacji kończyny zaobserwowano w 35,8% urazów i 38,6% CHNO. W grupie obrażeń naczyniowych nie odnotowano zgonu, natomiast w CHNO śmiertelność kształtowała się na poziomie 10,3%, a główną przyczyną zgonu był świeży zawał serca i ostra niewydolność krążenia.

Wnioski: Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) w ostrym niedokrwieniu kończyn dolnych (ONKD) jest stanem potencjalnego zagrożenia utraty kończyny, a w nasilonych i nieleczonych przypadkach także życia chorego, z ryzykiem amputacji kończyny na poziomie 35–39% i ze śmiertelnością na poziomie 10%. W przypadku ZCPP występującego na podłożu urazu naczyniowego istnieje podobne ryzyko amputacji kończyny jak w chorobie naczyń obwodowych, przy mniejszym ryzyku zgonu. Wczesne wykonanie fasciotomii w stosunku do zabiegu rewaskularyzacyjnego zmniejsza ryzyko amputacji, jednak w praktyce dnia codziennego wskazania do fasciotomii opierają się głównie na wiedzy i doświadczeniu chirurga naczyniowego. Złożoność problematyki ostrego niedokrwienia kończyn, urazów naczyniowych, obrażeń kości i aparatu mięśniowo-więzadłowego oraz ciężki stan ogólny pacjentów nakazują ich leczenie w ośrodkach wysokospecjalistycznych w multidyscyplinarnych zespołach, z ciągłym dostępem do laboratorium i specjalistycznej diagnostyki obrazowej.

Słowa kluczowe: fasciotomia, zespół ciasnoty przedziałów powięziowych, zespół reperfuzji, ostre niedokrwienie kończyn dolnych

Abstract

Background. Acute ischemia of the lower limbs and reperfusion syndrome may be complicated with acute compartment syndrome of the lower limbs. The treatment of choice is then fasciotomy. Inadequate treatment may lead to dangerous and life-threatening complications, including death. The aim of this study was the analysis of fasciotomy, as an element of treatment of acute ischemia of the lower limb and reperfusion syndrome.

Material and methods. Analysis of 173 patients (30 women and 143 men) was performed. The patients were treated within 10 years in the Department of General and Vascular Surgery, Angiology and Phlebology in Katowice because of acute ischemia of the lower limbs or reperfusion syndrome and which had the fasciotomy performed using Patman's method. Additionally, partial analysis of 1,880 patients hospitalized in the same time due to acute ischemia of the lower limbs was also performed. This patients had not been subjected to fasciotomy. Patients were divided into two groups: I — the cause of acute ischemia was vascular injury, II — the causes of acute ischemia were peripheral vascular diseases (PVD).

Results. Patients with fasciotomy on admission were qualified to 2a and 2b degree of ischemia, whereas without fasciotomy to 1 and 2a. The most frequent cause of ischemia in group with fasciotomy was occlusion of vascular prosthesis — 29.5%, while vascular injury was present in 16.2%; the group without fasciotomy the most frequent cause was arterial embolus which occurred in 43.6%, while vascular injury was present in 7%. The main indications for fasciotomy in group with vascular injury were injury of popliteal vessels and fracture of bones of crus; whereas in group with diseases of peripheral blood vessels the main indications were swelling of the limb, local tenderness on palpation of the crus and prolonged time of ischemia by over 6 hours. The mean duration of ischemia after vascular injury was on the level 6.75 hours and in the patients with other PVD reached 30 hours. Fasciotomy was the most frequently performed during revascularization procedures — in case of injury or in distant day after revascularization — in case of diseases of peripheral blood vessels. The lack of improvement with the necessity of amputation occurred in 35.8% of injured patients and 38.6% of PVD. There was not any death within the group with vascular injury, whereas in the group of diseases of peripheral blood vessels mortality rate was on the level of 10.3%, and the main causes of death were acute myocardial infarction and acute circulatory insufficiency.

Conclusions. Compartment syndrome in acute lower limb ischemia is a dangerous, limb-threatening and in case of inadequate treatment also life-threatening condition, with the risk of amputation on the level of 35–39% and mortality rate on the level of 10%. Compartment syndrome in acute lower limb ischemia due to vascular injury has similar risk of limb amputation as in diseases of peripheral blood vessels but has lower risk of death. Early fasciotomy in relation to revascularization procedure decreases the risk of amputation. Indications for fasciotomy still remain unclear and mainly are based on knowledge and experience of vascular surgeon. Complexity of issue of acute limb ischemia, vascular injuries, bone injuries and often poor general condition order to treat these patients in highly specialized centers in multispecialty teams with continuous access to laboratory and specialist imaging diagnostics.

Key words: fasciotomy, compartment syndrome, reperfusion syndrome, acute ischemia of the lower limbs

Chirurgia Pol 2015, 17, 1–2, 7–22

Wstęp

Ostre niedokrwienie kończyn dolnych (ONKD), po mimo znacznej poprawy wczesnej wykrywalności oraz postępów angiochirurgii stanowi nadal stan zagrożenia utraty kończyny, a nawet zgonu chorego [1–3].

Uszkodzenie niedokrwienno-reperfuzyjne tkanek i komórek skutkuje uwolnieniem znacznej liczby produktów ich rozpadu oraz metabolitów powstałych w warunkach ubogotlenowych. Wzrost przepuszczalności kapilar, wykrępienie mikrokrążenia prowadzi do jednoczesnego obrzęku wewnątrzkomórkowego i pozakomórkowego, co doprowadzić może do zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych [4]. Równocześnie pojawiają się zmiany ogólnoustrojowe [5].

Przywrócenie dopływu krwi do niedokrwionej kończyny prowadzi do wypłukiwania zgromadzonych i za-

Introduction

An acute lower limb ischemia (ALI) poses an essential clinical problem. Despite significant improvement in early detectability of this disease, which is possible among other things thanks to introduction of more and more modern imaging methods and despite development of vascular surgery, there still exists a high probability of limb loss and even death [1–3].

Ischemic-reperfusion injury of tissues and cells results in release of considerable amount of degradation products and metabolites formed within low aerobic conditions. Increased permeability of capillary vessels and microcirculation clotting leads to parallel intracellular and extracellular edema that may result in an acute compartment syndrome [4]. At the same time systemic changes appear [5].

Tabela I. Żywotność kończyny dolnej według SVS/ISCVS
Table I. Limb viability according to SVS/ISCVS

Stopień Degree of ischemia	Żywotność kończyny / Limb viability	Grupa (%) z fasciotomią / Group (%) with fasciotomy	Grupa (%) bez fasciotomii / Group (%) without fasciotomy
1	Żywotna / Viable	9 (5,2)	1127 (60)
2a	Zagrożona marginalnie / Marginally threatened	108 (62,5)	529 (28,1)
2b	Zagrożona krytycznie / Immediately threatened	42 (24,3)	183 (9,7)
3	Nieodwracalna / Irreversible	14 (8,0)	41 (2,2)

legających w niedokrwionych mięśniach szkodliwych metabolitów, które przedostają się do krążenia ogólnego. Powstaje zespół reperfuzyj [6, 7].

Jedyną inwazyjną metodą leczenia ZCPP, niezależnie od mechanizmu powstania, jest dekompresja przedziałów kostno-powięziowych, czyli fasciotomia.

Material i metody

Przeanalizowano retrospektywnie 173 pacjentów leczonych w okresie 10 lat w Klinice Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Angiologii i Flebologii, z powodu ostrego niedokrwienia kończyn dolnych lub zespołu reperfuzyj, u których wykonano zabieg fasciotomii sposobem Patmana. Pacjentów zakwalifikowano do jednej z grup: grupa I (n = 28) przyczyną ONKD był uraz naczyniowy lub grupa II (n = 145) przyczyną ONKD stanowiły choroby naczyń obwodowych (CHNO).

Dodatkowej analizie poddano 1880 pacjentów z ONKD, hospitalizowanych w tym samym czasie w Klinice, u których nie wykonywano zabiegu fasciotomii. Wśród pacjentów z fasciotomią znalazło się 30 kobiet i 143 mężczyzn. Zarówno w grupie urazów, jak i w grupie z CHNO mężczyźni stanowili około 80% pacjentów. Średnia wieku w grupie urazów wyniosła 41,5 roku, a w grupie z CHNO 59 lat.

Wyniki

Stopień niedokrwienia kończyny określano w oparciu o skalę żywotności kończyny według klasyfikacji SVS/ISCVS (*Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery*) i przedstawiono w tabeli I.

Najczęstszą przyczyną ONKD u pacjentów z wykonaną fasciotomią była zakrzepica pomostu naczyniowego (29,5%), natomiast bez fasciotomii zator tętnicy (43,6%). Przyczyny ONKD przedstawia rycina 1.

Średnia czasu niedokrwienia w urazach wyniosła 6,75 godziny, natomiast w CHNO 30 godzin. Fasciotomię wykonano u 8,4% pacjentów z ONKD. Najmniej fasciotomii wykonano w zatorze tętnicy — 2,4%, a najwięcej w urazach naczyniowych — 17,8% i w ostrym niedokrwieniu po zabiegach planowych — 16,7%.

U pacjentów, u których rozpoznano zakrzepicę tętniczą, w 55,2% przypadków leczenie zakończyło się amputacją kończyny. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku wykrzepionego tętniaka tętnicy podkolanowej. Wskazania do fasciotomii przedstawiono w tabeli II.

Restoration of blood flow through ischemic extremity causes washing out of harmful metabolites accumulated and deposited into ischemic muscles, which penetrate to systemic circulation and lead to reperfusion syndrome [6, 7].

The only one invasive method of treatment of the compartment syndrome, regardless of the mechanism, is decompression of fascial compartments, that is fasciotomy.

Material and methods

Retrospective analysis of 173 patients was performed. The patients were hospitalized within 10 years in the Department of General and Vascular Surgery, Angiology and Phlebology in Katowice because of acute ischemia of the lower limbs or reperfusion syndrome and who had the fasciotomy performed using a method of wide incisions of skin and fascia, called Patman's method. Patients were divided into two groups: I (n=28) — the cause of acute ischemia was vascular injury, II (n=145) — the causes of acute ischemia were peripheral blood vessel disease (PVD).

Additionally, partial analysis was also performed in 1,880 patients hospitalized at the same time due to acute ischemia of the lower limbs, who had not been subjected to fasciotomy.

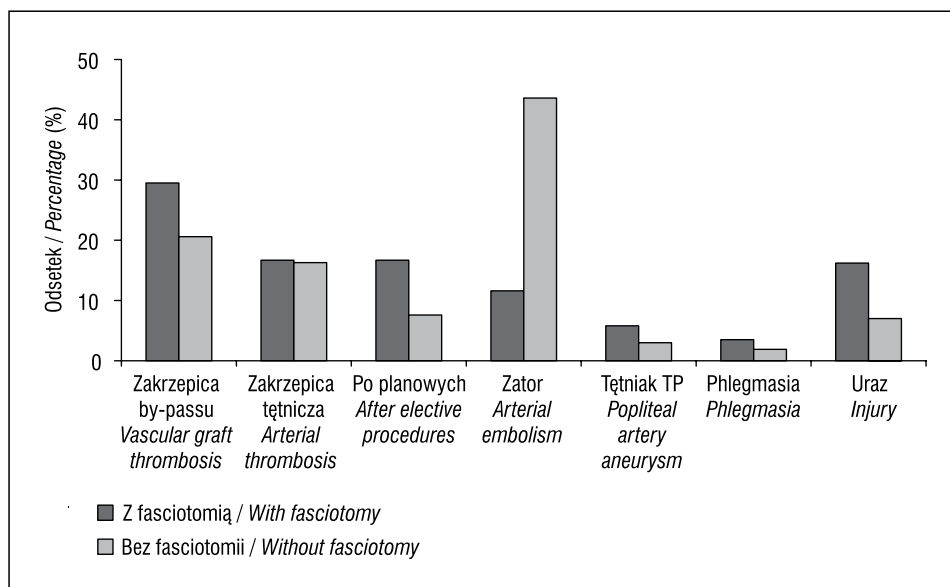
Among the patients with fasciotomy, there were 30 women and 143 men. Both in group with injury and with PVD men posed around 80% of patients. Average age in the injury group was 41.5 years and in PVD 59 years.

Results

The degree of ischemia was estimated on the basis of the scale of limb viability according to SVS/ISCVS (*Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery*) and is presented in Table I.

The most common cause of acute limb ischemia among patients with fasciotomy was thrombosis of vascular graft (29.5%), however without fasciotomy it was arterial embolism (43.6%). The causes of acute ischemia are listed in Figure 1.

The average time of ischemia in the injury group was 6.75 hours, in PVD 30 hours. Fasciotomy was performed in 8.4% of patients suffering from acute limb ischemia. The fewest fasciotomies were performed when the cause of ALI was arterial embolism — 2.4%, the most in injury group — 17.8% and in group after elective procedures — 16.7%.



Rycina 1. Przyczyny ostrego niedokrwienia kończyn dolnych
Figure 1. The causes of acute limb ischemia

Tabela II. Wskazania do fasciotomii w ostrym niedokrwieniu kończyn dolnych
Table II. Indications for fasciotomy in ALI

	Uraz / INJURY Liczba (odsetek) / Number (percentage)	CHNO / PVD Liczba (odsetek) / Number (percentage)
Uraz tętnicy podkolanowej / Injury of popliteal artery	17 (60)	–
Złamanie kości podudzia / Fracture of shank bones	15 (54)	–
Uraz żyły podkolanowej lub żył podudzia / Injury of popliteal or tibial veins	12 (43)	–
Uraz tkanek miękkich / Soft tissue injury	8 (28,5)	–
Przedłużone niedokrwienie > 6 godz. / Prolonged ischemia > 6 h	7 (25)	60 (41)
Uraz tętnic podudzia / Injury of tibial arteries	7 (25)	–
Obrzęk kończyny dolnej / Limb edema	7 (25)	142 (97)
Tkliwość łydki / Crural tenderness	–	80 (55)
Deficyty neurologiczne / Neurological impairments	–	17 (12)
Obrzęk siniczny / Phlegmasia	–	6 (4,2)

Do jednoczesnego uszkodzenia układu kostnego doszło w 21,4% przypadków. Najczęściej uszkodzeniu ulegały naczynia podkolanowe, zarówno żyła, jak i tętnica. Uraz tętnicy udowej wystąpił u 21,4% pacjentów, tętnicy podkolanowej u 60,7%, tętnicy piszczelowej przedniej u 28,6% i tętnicy piszczelowej tylnej u 25%. Uszkodzenie żyły udowej odnotowano w 10,7% przypadków, żyły podkolanowej w 25%, uraz żyły piszczelowej zarówno przedniej, jak i tylnej po 7,1%.

W badanej grupie chorych 65 pacjentów (44,8%) wymagało więcej niż jednego zabiegu rewaskularyzacyjnego. Najczęstszym zabiegiem była trombektomia lub kilkukrotna trombektomia pomostu naczyniowego. Znaczną grupę stanowiły także różnego rodzaju plastyki zespołów oraz translokacje zespołów z koniecznością wycięcia tętniaka rzekomego lub bez niej. Rodzaje zabiegów rewaskularyzacyjnych przedstawia tabela III i IV.

Fasciotomia przed zabiegiem rewaskularyzacyjnym została wykonana w 4% przypadków (wszyscy chorzy

In patients with arterial thrombosis, the treatment was ineffective in 55.2%, and then amputation was performed. Similar situation occurred in case of thrombosed popliteal aneurysm. Indications for fasciotomy are listed in Table II.

Simultaneous bone injury occurred in 214% of cases. Most often injured were popliteal vessels, both artery and vein. Injury of superficial femoral artery occurred in 21.4%, popliteal artery in 60.7%, anterior tibial artery in 28.6% and posterior tibial artery in 25% of patients. Injury of femoral vein occurred in 10.7%, popliteal vein 25%, both anterior and posterior tibial arteries equally for 7.1% cases.

Within the study group, 65 patients (44.8%) required more than one revascularization procedure. Most frequent procedure was thrombectomy or multiple thrombectomy of vascular graft. Significant group presented different types of anastomoses plasty with or without necessity of false aneurysm removal. Types of revascularization procedures are listed in Tables III and IV.

Tabela III. Zabiegi rewaskularyzacyjne w grupie urazów
Table III. Revascularization procedures in injury group

Rodzaj zabiegu / Procedure	Liczba przypadków Number
Pomostowanie biodrowo-udowe / Ilio-femoral bypass	1
Rekonstrukcja tętnicy udowej powierzchownej wstawką żylną / Reconstruction of SFA with vein graft	4
Rekonstrukcja tętnicy udowej powierzchownej protezą / Reconstruction of SFA with prosthesis	1
Rekonstrukcja tętnicy podkolanowej wstawką żylną / Reconstruction of popliteal artery with vein graft	9
Zeszycie tętnicy podkolanowej / Suturing the popliteal artery	3
Trombektomia tętnicy podkolanowej / Thrombectomy of popliteal artery	2
Rekonstrukcja tętnicy podkolanowej protezą zbrojoną / Reconstruction of popliteal artery with RING prosthesis	1
Pomostowanie udowo-podkolanowe / Femoro-popliteal bypass	1
Rekonstrukcja tętnicy piszczelowej przedniej wstawką żylną / Reconstruction of anterior tibial artery with vein graft	4
Rekonstrukcja tętnicy piszczelowej przedniej wstawką żylną / Reconstruction of posterior tibial artery with vein graft	4
Trombektomia tętnic podudzia / Thrombectomy of tibial arteries	2
Rekonstrukcja żyły udowej powierzchownej wstawką żylną / Reconstruction of femoral vein with vein graft	1
Zeszycie żyły udowej powierzchownej / Suturing the femoral vein	2
Rekonstrukcja żyły podkolanowej wstawką żylną / Reconstruction of popliteal vein with vein graft	2
Zeszycie żyły podkolanowej koniec do końca / Suturing popliteal vein	4
Zeszycie żył podudzia koniec do końca / Suturing tibial veins	1
Jednoczesne zespolenie kości / Simultaneous osteosynthesis	6

z CHNO); w czasie rewaskularyzacji w 30,1% przypadków (64% fasciotomii pourazowych i 23% z CHNO), bezpośrednio po zabiegu w 24,3% (32% fasciotomii pourazowych i 22% z CHNO), w odległej dobie 31,8% (wszyscy chorzy z CHNO).

Zabieg fasciotomii z następowym leczeniem zachowawczym bez zabiegu rewaskularyzacyjnego przeprowadzono u 9,8% przypadków (3,6% pacjentów pourazowych i 11% z CHNO). Średni czas trwania zabiegu rekonstrukcyjnego w urazach wyniósł 200 minut, natomiast w CHNO 100 minut. Śródoperacyjna utrata krwi była pięciokrotnie większa w urazach (1000 ml v. 200 ml). Czas hospitalizacji był porównywalny i wyniósł około 19 dni. Brak poprawy ukrwienia z koniecznością amputacji zaobserwowano w 35,8% urazowego ONKD oraz w 38,6% nieurazowego ONKD. Odsetek amputacji u wszystkich chorych z ONKD wyniósł 18,9%. W grupie bez fasciotomii był na poziomie 17,2%, natomiast w grupie z fasciotomią 38,1%. Rodzaje amputacji przedstawia tabela V.

Sumarycznie liczba powikłań fasciotomii wyniosła 18,5%. Najczęstszym powikłaniem była infekcja ran — 16,8% oraz uszkodzenie nerwów — 1,7%. Infekcja ran wystąpiła u 25% pacjentów pourazowych oraz w 15,1% pacjentów z CHNO. W trzech przypadkach (jeden pourazowy i dwa z CHNO) doszło do uszkodzenia nerwu strzałkowego powierzchownego. Infekcja ran była częstsza u pacjentów pourazowych, jednak różnica nie była istotna statystycznie.

Tabela IV. Zabiegi rewaskularyzacyjne w grupie CHNO
Table IV. Revascularization procedures in PVD group

Rodzaj zabiegu / Procedure	Liczba przypadków Number
Trombektomia pomostu / Thrombectomy of vascular graft	43
Trombektomia pomostu (> 1) / Thrombectomy of vascular graft (> 1)	27
Trombektomia tętnicy / Thrombectomy of arteries	21
Plastyka / przenoszenie zespoleń / Plasty / translocation of anastomoses	19
Embolektomia / Embolectomy	18
Pomost udowo-podkolanowy kroczący dystalny / Femoro-popliteal distal bypass	14
Sympatektomia sp. Leriche'a / Leriche sympathectomy	10
Pomost udowo-podkolanowy / Femoro-popliteal bypass	9
Liza celowana / Catheter directed thrombolysis	9
By-pass pachowo-udowy / Subclavian-femoral bypass	8
By-pass udowo-udowy skrzyżowany / Femoro-femoral cross-over bypass	6
Profundoplastyka / Profundoplasty	5
Pomost aortalno-udowy / Aorto-femoral bypass	5
Wycięcie tętniaka rzekomego / False aneurysm excision	5
Reby-pass biodrowo-udowy / Ilio-femoral re-bypass	4
Pomost aortalno-dwuudowy / Aorto-bifemoral bypass	3
Reby-pass udowo-podkolanowy / Femoro-popliteal re-bypass	3
Homograft / Homograft implantation	1

Fasciotomy before revascularization procedure was performed in 4% of all cases (all patients from the PVD group); during revascularization procedure in 30.1% of all cases (64% injury fasciotomies and 23% with PVD); up to 24-hours after revascularization procedure in 24.3% (32% injury fasciotomies and 22% with PVD) and 31.8% of all cases in distant time (all patients from PVD group).

Fasciotomy with following conservative treatment without any revascularization operations was performed in 9.8% of all cases (3.6% injury patients and 11% from PVD). Average time of revascularization operation in the injury group was 200 minutes, and in PVD it was 100 minutes. Intraoperative blood loss was five times bigger in the injury group (1,000 mL vs. 200 mL). Hospitalization duration was comparable and amounted to 19 days. The lack of improvement of blood supply with the necessity of amputation occurred in 35.8% of injured patients and 38.6% of PVD. The percentage of amputation within all patients with ALI was 18.9%. In the group without fasciotomy it was 17.2% and after fasciotomy 38.1%.

Types of amputations are listed below in Table V.

Complication rate after fasciotomy was 18.5%. The most common were wound infections — 16.8% and nerve injury 1.7%. Wound infection occurred in 25% of patients from the injury group and in 15.1% from PVD (not statistically significant). In three cases (1 injury and 2 PVD), superficial peroneal nerve injury was observed.

Tabela VI. Liczba i rodzaj amputacji w grupie pacjentów z wykonaną fasciotomią
Table VI. Number and types of amputation within group with fasciotomy

	Uraz / Injury		CHNO / PVD	
Wyłuszczenie w stawie biodrowym / <i>Exarticulation within hip joint</i>	1	3,6 %	1	0,7 %
Udowa / <i>Thigh</i>	6	21,4 %	43	29,6 %
Podudziowa / <i>Crural</i>	3	10,8 %	8	5,5 %
Stopa / <i>Foot</i>	–	–	1	0,7 %
Palce / <i>Toes</i>	–	–	3	2,1 %
Brak amputacji / <i>Without amputation</i>	18	64,2 %	89	61,4 %

Najczęściej izolowanymi patogenami były: *Pseudomonas aeruginosa*, MRSE, MSSE, *Acinetobacter baumannii*. W większości przypadków zidentyfikowano więcej niż jeden patogen.

Zamknięcie ran po fasciotomii w 60% przypadków wykonano szwami pojedynczymi. U jednego pacjenta z grupy pourazowej i sześciu z CHNO nie udało się zamknąć fasciotomii ze względu na duży ubytek skóry, wobec tego wykonano częściowe zeszywanie ran z następowym przeszczepem skórny.

Ciężkie powikłania pooperacyjne, wyłączając zgon i powikłania „chirurgiczne”, wystąpiły w 30 przypadkach (17,3%), z czego obrzęk płuc w 11 (3 razy nawrotowy), zaostrzenie astmy oskrzelowej/POCHP w 4 przypadkach, zapalenie płuc w jednym, odleżyny w 5, zawał serca w 8 (3-PTCA, 5 przypadków — leczenie zachowawcze), blok A-V III° wymagający stymulatora w jednym. Wymienione powikłania wystąpiły w grupie pacjentów z CHNO. Nie odnotowano żadnego powikłania u pacjentów pourazowych.

Odsetek amputacji był większy w grupie mężczyzn niż kobiet (39% v. 33%). Badając zależność cukrzycy z liczbą amputacji nie otrzymano istotnie statystycznego związku. Znalaziono związek pomiędzy współwystępowaniem cukrzycy a liczbą zgonów — związek ten ma istotność statystyczną zarówno dla całości pacjentów, jak i dla tych z grupy z CHNO.

Na podstawie przeanalizowanego materiału wykonano próbę określenia czynników ryzyka amputacji u pacjentów po wykonanej fasciotomii. Najsilniejszym istotnym statystycznie predyktorem amputacji był stopień żywotności kończyny przy przyjęciu — ryzyko amputacji rosło 6-krotnie w niedokrwieniu w stopniu 2a w porównaniu ze stopniem 1.; 8-krotnie w niedokrwieniu 2b; prawie 26-krotnie w niedokrwieniu w stopniu 3. w porównaniu ze stopniem 1. Innymi czynnikami korelującymi dodatnio z amputacją były: palenie papierosów, zakrzepica tętnicza, czas niedokrwienia.

Wyodrębniono również czynniki korelujące ujemnie z ryzykiem amputacji. Wśród nich można wymienić: żywotność kończyny w stopniu 2a, zator tętniczy i ostre niedokrwienie po planowych zabiegach rekonstrukcyjnych.

Istnieje również wiele czynników, które mimo iż korelują z ryzykiem amputacji, to jednak nie mają istotności statystycznej. Czynniki zwiększające ryzyko amputacji to: wykrzepiony tętniak podkolanowy, wykonana tylko fasciotomia, śródoperacyjna utrata krwi >1000 ml, zakrzepica

The most common isolated pathogens from wounds were: *Pseudomonas aeruginosa*, MRSE, MSSE, *Acinetobacter baumannii*. In most cases, more than one pathogen was identified.

Sixty percent of wounds were closed using primary single sutures, in 1 patient from the injury group and in 6 patients from PVD wounds were not closed due to large skin shortage so partial closure and the following skin graft was performed.

Severe postoperative complications, excluding deaths and surgical complications, occurred in 30% (17.3%): pulmonary edema in 11 cases (in 3 patients recurrent); exacerbation of asthma or chronic obstructive pulmonary disease in 4 cases, pneumonia in 1 case, decubitus in 5 cases, myocardial infarction in 8 cases (3 — PTCA, 5 — conservative treatment), atrioventricular block III degree with necessity of pacemaker implantation in 1 case. All mentioned complications occurred in group with PVD. None of the listed complications occurred in the injury group.

Percentage of amputations was higher in men than women (39% vs 33%). There was no statistically significant connection between diabetes and amount of amputations, but there was a significant connection between diabetes and deaths.

On the basis of analyzed material, an attempt of determination of the risk factors of amputation in patients after fasciotomy was made. The most statistically significant predictor of amputation was degree of ischemia on admission — the risk of amputation was 6 times higher in 2a in comparison with 1 degree, 8 times in 2b, 26 times in 3. Other factors with positive correlation with amputation were: smoking, arterial thrombosis, duration of ischemia.

There are also some factors with negative correlation with risk of amputation: degree of ischemia 2a, arterial embolism, and ALI after elective revascularization.

There are also a lot of factors that correlate with amputation but without statistical significance. Factors increasing the risk of amputation: thrombosed popliteal aneurysm, only fasciotomy without following revascularization, intraoperative blood loss higher than 1,000 ml, thrombosis of vascular graft, male gender, degree of operative risk according to classification of American Society of Anesthesiologists, duration of revascularization procedure, delayed fasciotomy. Factors decreasing the risk of amputation: early fasciotomy (during revascularization or directly after), vascular injury, young age.

pomostu naczyniowego, płeć męska, ASA, czas zabiegu, fasciotomia późna. Czynniki zmniejszające prawdopodobieństwo amputacji to: fasciotomia wczesna — w trakcie rewaskularyzacji lub bezpośrednio po zabiegu rewaskularyzacyjnym, uraz naczyniowy, młody wiek pacjentów.

Dyskusja

Wczesna diagnoza ONKD oraz ZCPP, a także włączenie odpowiedniego leczenia obniżają zarówno śmiertelność, jak i liczbę amputacji [8, 9]. Fasciotomia jest leczeniem z wyboru w przypadku ZCPP [1–3, 10–17], jednak wskazania i technika wykonania zabiegu nadal wzbudzają kontrowersje i opierają się na wiedzy i doświadczeniu chirurga naczyniowego [11, 13, 14, 16].

Rozpoznanie ZCPP opiera się na wywiadzie i badaniu klinicznym [18, 19]. W przypadku pacjentów nieprzytomnych lub z niemożliwym lub utrudnionym kontaktem słownym, na przykład po urazie mózgu, zatruciu alkoholem, narkotykami lub lekami, w głębokim wstrząsie, po udarze mózgu nie powinno się stawiać diagnozy ZCPP tylko w oparciu o badanie kliniczne bez oceny ciśnienia wewnątrzprześciolowego [7, 19–22]. Tiwari [22] oraz Oprel [18], dodatkowo zalecają wykonywanie pomiarów ciśnienia wewnątrzprześciolowego u dzieci, u pacjentów po blokadzie regionalnej nerwów oraz w niejasnych przypadkach, gdy nie ma możliwości ponownej oceny stanu kończyny. Istnieją doniesienia, w których autorzy nie znajdują związku pomiędzy podwyższonym ciśnieniem wewnątrzprześciolowym a wystąpieniem objawów zespołu ciasnoty, jak również istnieją rozbieżności, co do wartości progowej ciśnienia koniecznego do wykonania fasciotomii [18, 23–28]. Bez ostatecznej i jednoznacznej odpowiedzi pozostaje pytanie, czy samo podwyższenie ciśnienia bez współistnienia objawów klinicznych jest wskazaniem do wykonania fasciotomii?

Pomimo wielu doniesień, nie ustalono jednoznacznie tak zwanego ciśnienia krytycznego, przy którym konieczne jest wykonanie fasciotomii [29]. Liczne badania pokazują znaczne różnice indywidualne pomiędzy panującym ciśnieniem wewnątrzprześciolowym, a nasileniem objawów klinicznych, funkcją nerwów określaną w badaniu EMG oraz poziomem utlenowania mięśni [29].

Mubarak i Rorabeck [24, 25, 30, 31] jako ciśnienie graniczne kwalifikujące do wykonania fasciotomii rekomendują 30 mm Hg, ponieważ po 6–8 godzinach takiego ciśnienia wewnątrzprześciolowego dochodzi do zmian nieodwracalnych w tkance nerwowej i mięśniach. Whitesides [26, 27] ocenia ciśnienie krytyczne na poziomie 40 mm Hg oraz dodatkowo zwraca uwagę na potrzebę określania ciśnienia krytycznego według średniego ciśnienia systemowego lub systemowego ciśnienia rozkurczowego, które warunkują ciśnienie perfuzyjne w tkankach. Allen [28] przy 40 mm Hg zaleca częstszą kontrolę stanu klinicznego, a dopiero powyżej 50 mm Hg wskazuje na konieczność wykonania fasciotomii; Matsen [32] podaje 45 mm Hg. McQueen [33] określił tak zwane ciśnienie delta (Δp), czyli różnicę pomiędzy ciśnieniem rozkurczowym a ciśnieniem wewnątrzprześciolowym, gdzie różnica

Discussion

Early diagnosis of ALI and compartment syndrome and application of proper treatment decreasing the mortality and amount of amputations [8, 9]. Fasciotomy is the treatment of choice in compartment syndrome [1–3, 10–17], however indications and technique of procedure still remain unclear and are mainly based on knowledge and experience of vascular surgeon [11, 13, 14, 16].

The diagnosis of compartment syndrome is based on medical history and clinical examination [18, 19]. In case of unconscious patients or with impossible or difficult verbal contact, i.e. after brain trauma; alcohol, drugs or medications intoxication; severe shock; after cerebral stroke the diagnosis of compartment syndrome should not be established only on the basis of clinical examination without evaluation of intra-compartmental pressure [7, 19–22]. Tiwari [22] and Oprell [18], additionally recommend estimation of intra-compartmental pressure in children, in patients after regional nerve blockade and in unclear situations when there is no possibility of repeated clinical evaluation of limb condition. There are some reports in which authors do not find connection between elevated intra-compartmental pressure and compartment syndrome symptoms and also there are discrepancies concerning threshold pressure that is necessary to perform fasciotomy [18, 23–28]. There is also a question without final and unambiguous answer: is only elevated intra-compartmental pressure without coexisting symptoms the indication for fasciotomy?

Despite many reports, there is no unequivocal level of pressure established, so-called critical pressure, when fasciotomy has to be performed [29]. Numerous studies reveal significant individual differences between intra-compartmental pressure and intensification of clinical symptoms, nerve functions estimated with EMG examination and the level of muscle oxygenation [29].

Mubarak and Rorabeck [24, 25, 30, 31], as the critical pressure qualifying for the fasciotomy recommend 30 mm Hg, because this pressure leads after 6–8 hours to irreversible changes within nerve and muscle tissues. Whitesides [26, 27] estimates critical pressure at the level of 40 mm Hg and additionally pay attention to estimate the critical pressure according to mean systemic pressure or systemic diastolic pressure which determine tissue perfusion pressure. Allen [28] at the 40 mm Hg recommends frequent verification of clinical condition and just over 50 mm Hg orders to perform fasciotomy. Matsen [32] suggests 45 mm Hg. McQueen [33] described so-called delta pressure (Δp), that is the difference between diastolic pressure and intra-compartmental pressure, and if the difference is equal or lower than 30 mm Hg, poses an indication for crural decompression. Janzig and Broos [34] in prospective clinical trial in patients with tibial bone fracture, did not estimate border pressure, with appropriate sensitivity and specificity, for necessity of fasciotomy. Additional pressure confounding factor may be limb position [35].

równa lub mniejsza niż 30 mm Hg jest wskazaniem do odbarczenia goleni. Janzig i Broos [34] w prospektywnym badaniu klinicznym pacjentów ze złamaniami kości piszczelowej nie określili ciśnienia granicznego, przy odpowiedniej czułości i specyficzności, do wykonania fasciotomii. Dodatkowo czynnikiem zakłócającym pomiar ciśnienia może być pozycja kończyny [35].

Fasciotomia często jest wykonywana jako zabieg doraźny przy podejrzeniu ZCPP. Zaproponowano zestawy do pomiaru ciśnienia wewnątrzprzeziółowego — techniką Mubarak lub z modyfikacją według Rorabecka i Barnes, techniką według Whitesidesa lub Matsena. Pomiar wykonywane takim sprzętem nie mają standaryzacji wyników, brak w nich powtarzalności oraz istnieje bardzo duże ryzyko błędów pomiarowych i dodatkowych powikłań [22, 31, 32, 36–38]. Moed i Thorderson [39], porównując ciśnienie mierzone różnymi sposobami, wykazali, że otrzymane pomiary są mało powtarzalne, a wyniki otrzymywane różnymi metodami nie były takie same. Podobne wnioski wyciągnęli Boody [40] i Williams [41] na podstawie własnych badań.

Opracowano techniki nieinwazyjnej oceny ukrwienia tkanek obwodowych. Nie określają one ciśnienia w przedziałach powięziowych, lecz przepływ tkankowy. Są to między innymi dopplerowski przepływomierz laserowy (LDF, *laser-doppler flowmetry*) oraz spektroskopia w bliskiej podczerwieni (NIRS, *near-infrared spectroscopy*). Mimo ograniczeń, są to obiecujące metody nieinwazyjnej oceny utlenowania tkanek [18, 29, 42–44]. Inną nieinwazyjną metodą diagnostyczną może być rezonans magnetyczny kończyny dolnej, szczególnie wskazany w ZCPP bez uchwytnej przyczyny urazowej lub niedokrwiennej [45, 46].

Kwestią sporną pozostaje pozycja kończyny z ZCPP i wykonaną fasciotomią. Wall [19] oraz Wiger [47] zalecają elewację kończyny dolnej tylko do poziomu serca, uzasadniając, że dalsza elewacja prowadzi do nadmiernego wzrostu ciśnienia hydrostatycznego, a to pociąga za sobą spadek ciśnienia perfuzyjnego i wzrost ciśnienia wewnątrzprzeziółowego.

Częstość wykonywania fasciotomii w piśmiennictwie waha się dość znacznie. Branco [48] określił częstość fasciotomii po urazach kończyn dolnych na poziomie około 2,8%. Abouezzi [49] przedstawił w swojej pracy częstość fasciotomii w urazach naczyniowych na poziomie 28%, a kiedy uszkodzeniu ulegały naczynia podkolanowe — 62%. Patman [36] przedstawił 30% odsetek fasciotomii w urazach naczyniowych, 2% w CHNO i 0,45% po zabiegach planowych. Heemskerck [7], Lagerstrom [50], Matsen [32] przedstawiają częstość fasciotomii w urazach na poziomie około 15%, a w CHNO około 16–22%. Jensen [51] wykonywał fasciotomię w 7% przypadków zarówno w urazach, jak i CHNO, dodatkowo w 0,15% po planowych zabiegach rewaskularyzacyjnych.

Na podstawie literatury można określić czynniki predysponujące do wykonania fasciotomii: młody wiek (< 55 lat), płeć męska, uraz zarówno tętnicy, jak i żyły, uraz wielomiejscowy, przetaczanie preparatów krwi, otwarte złamanie, przetaczanie dużych ilości krystaloidów po urazach wielomiejscowych.

Fasciotomy is often performed as an emergency procedure in patients with suspicion of compartment syndrome. There are some kits proposed for evaluation the intra-compartmental pressure — Mubarak's technique or with modification of Rorabeck and Barnes or Whitesides and Matsen technique. Measurements performed using this devices do not have standardization of results, there is lack of repeatability and also high risk of measurement error and additional complications [22, 31, 32, 36–38]. Moed and Thorderson [39], comparing pressures estimated by using different methods revealed that obtained results are not repeatable and results obtained using various devices were not the same. Similar conclusions showed Boody [40] and Williams [41] on the basis of their own studies.

There are noninvasive techniques of evaluation of the peripheral tissues blood supply evolved. They do not determine the intra-compartmental pressure but tissue perfusion. That is, for example LDF — Laser-Doppler Flowmetry and NIRS — Near-Infrared Spectroscopy. Despite their limitations, they pose promising methods of noninvasive estimation the tissues oxygenation [18, 29, 42–44]. Another noninvasive diagnostic method may be magnetic resonance of the lower limb, especially indicated in case of compartment syndrome without any known traumatic or ischemic origin [45, 46].

Another contentious issue is the limb position with compartment syndrome and performed fasciotomy. Wall [19] and Wiger [47] recommend elevation of the limb only to the heart level, justifying that further elevation leads to excessive increase of hydrostatic pressure and this cause decrease of perfusion pressure and increase of intra-compartmental pressure.

The frequency of fasciotomy in literature varies quite significantly. Branco [48] described the frequency of fasciotomy after lower limb injuries on the level of 2.8%. Abouezzi [49] showed in his report 28% fasciotomies after vascular injuries and when the lesion was within popliteal vessels this number raised to 62%. Patman [36] revealed 30% in vascular injuries, 2% in PVD and 0.45% after elective procedures. Heemskerck [7], Lagerstrom [50], and Matsen [32] show the frequency after injuries on the level of 15% and 16–22% in PVD, and Jensen [51] 7% both in injuries and PVD and additionally 0.15% after elective procedures.

On the basis of literature, it is possible to identify predisposing factors to perform fasciotomy: a young age (< 55 years), male gender, trauma both artery and vein, multifocal injury, transfusion of blood products, open fracture, transfusion of large volumes of crystalloid after multifocal injuries.

The frequency of fasciotomy in this study was 8.4%, in injury group 17.8% and 7.3% in PVD. In PVD, the frequency of fasciotomy varied widely depending on the cause of acute ischemia from about 2.4% in arterial embolism to 16.7% in acute ischemia after elective surgery.

The cause of ALI is an important predictor factor of fasciotomy. Jensen [51] presented a trauma as the cause of acute ischemia requiring fasciotomy in 5%,

Częstość fasciotomii w przedstawianym badaniu wyniosła 8,4%, w urazach 17,8%, a w CHNO 7,3%. W CHNO częstość fasciotomii różniła się znacznie w zależności od przyczyny ostrego niedokrwienia od około 2,4% w zatorze tętnicy do 16,7% w ostrym niedokrwieniu po zabiegach planowych.

Przyczyna ONKD jest ważnym czynnikiem predykcyjnym fasciotomii. Jensen [51] przedstawił uraz, jako przyczynę ostrego niedokrwienia, wymagającą fasciotomii w 5% przypadków, zakrzepicę przęśla naczyniowego w 28%, chorobę zakrzepowo-zatorową (tromboembolizm) w 54%, ostre niedokrwienie po planowych zabiegach w 7% przypadków. Heemskerk [7] podaje uraz, jako główną przyczynę ostrego niedokrwienia i zespołu ciasnoty powięziowej podudzia — 42,5% przypadków, na drugim miejscu jest choroba zakrzepowo-zatorowa — 22,5%, natomiast ostre niedokrwienie po zabiegach planowych stanowi 5% przypadków. Hawkins [45] w przypadku nasilonego bolesnego siniczego obrzęku kończyny zaleca doraźną fasciotomię, niezależnie od metody zastosowanej do leczenia bolesnego siniczego obrzęku kończyn, to jest antykoagulacji, trombektomii czy trombolizy. Ravn i Bjorck [52] przeanalizowali 229 przypadków ostrego niedokrwienia kończyny dolnej w wyniku wykrzepionego tętniaka tętnicy podkolanowej. Odsetek fasciotomii mieścił się w granicach 10–30%, a odsetek amputacji 14–28% przypadków. Zalecają oni niezwłoczną trombolizę celowaną i fasciotomię podudzia z następowym operacyjnym leczeniem rekonstrukcyjnym.

W niniejszym badaniu uraz w 16% przypadków był przyczyną ONKD z koniecznością wykonania fasciotomii, zakrzepica pomostu naczyniowego w 30%, ostra zakrzepica tętnicza w 16,7%, zator tętnicy w 11,6%, natomiast ostre niedokrwienie po planowych rekonstrukcjach w 16,7% przypadków.

Wśród pacjentów z ONKD chorzy z urazami stanowili odpowiednio w grupie z fasciotomią 16,2%, a bez fasciotomii 7,0%. W grupie pacjentów z chorobą naczyń obwodowych zakrzepica pomostu naczyniowego w grupie z fasciotomią stanowiła blisko 30%, a bez fasciotomii 20,6%. Porównując inne przyczyny w grupach z fasciotomią i bez niej otrzymano następujące wyniki: ostra zakrzepica tętnicza 16,7% v. 16,3%, po planowej rewaskularyzacji 16,7% v. 7,6%, zator tętnicy 11,6% v. 43,6%, wykrzepiony tętniak podkolanowy 5,8% v. 3,0%, obrzęk siniczny 3,5% v. 1,9%.

Zakrzepica tętnicza stanowi bardzo poważny problem kliniczny. W badaniu była to jedyna przyczyna ostrego niedokrwienia, kiedy to u większej liczby pacjentów amputowano kończynę niż uratowano. Zbliżona sytuacja wystąpiła w wykrzepionym tętniaku tętnicy podkolanowej, gdzie amputowano 50% kończyn.

Prawidłowe ciśnienie panujące w przedziałach powięziowych goleni nie przekracza 10–12 mm Hg [18, 25, 29, 53]. Największe ciśnienie w przypadku urazu jest mierzone w okolicy maksymalnie 5 cm od centrum zadziałania siły destrukcyjnej, czyli najczęściej od miejsca złamania kości. Zatem już niewielka różnica w miejscu mierzenia ciśnienia wewnątrzprzedziałowego może dawać znacznie różne wartości [18].

vascular graft thrombosis in 28%, thromboembolism in 54%, acute ischemia after elective surgery in 7% of patients. Heemskerk [7] gives trauma as the main cause of acute ischemia and compartment syndrome — 42.5%, in second place is thromboembolism — 22.5%, while acute ischemia after elective surgery is 5%. Hawkins [45] in the case of severe phlegmasia cerulea dolens recommends immediate fasciotomy, regardless of the method used for the treatment of phlegmasia cerulea dolens, i.e. anticoagulation, thrombectomy or thrombolysis. Raven and Bjorck [52] analyzed 229 cases of acute ischemia of the lower limb as a result of thrombosed popliteal artery aneurysm. Fasciotomy percentage ranged between 10–30%, and the amputation rate 14–28%. They recommend immediate thrombolysis and fasciotomy, with subsequent reconstructive treatment.

In this study, trauma in 16% was the cause of ALI with the necessity to perform fasciotomy, vascular graft thrombosis in 30%, acute arterial thrombosis in 16.7%, arterial embolism in 11.6%, and acute ischemia after elective reconstructions in 16.7%.

Among patients with ALI, those with injuries presented respectively in the group with fasciotomy 16.2% and 7.0% without fasciotomy. In the group of patients with peripheral vascular disease, vascular graft thrombosis posed respectively almost 30% in patients with fasciotomy and 20.6% without fasciotomy. Comparing other causes of ALI in groups with and without fasciotomy, the following results were obtained: acute arterial thrombosis 16.7% vs. 16.3%, after elective revascularization 16.7% vs. 7.6%, arterial embolism 11.6% vs. 43.6%, thrombosed popliteal aneurysm 5.8% vs. 3.0%, phlegmasia cerulea dolens 3.5% vs. 1.9%.

Arterial thrombosis poses a very serious clinical problem. In this study, it was only one cause of ALI, where more patients had a limb amputated than rescued. A similar situation occurred in thrombosed popliteal artery aneurysm, where 50% of the limbs were amputated.

Correct pressure in the fascial compartments of the crus does not exceed 10–12 mm Hg [18, 25, 29, 53]. The highest pressure for an injury is measured in the area up to 5 cm from the center of destructive force action, which is usually the place of bone fracture. Thus, slight difference in intra-compartmental pressure measuring site may give considerably different values [18].

Despite numerous studies, it was not possible to identify a factor that would be measurable in the laboratory tests, and that would be an indicator of compartment syndrome. Great hopes were placed on the measurement of creatine phosphokinase (CPK), but finally abandoned this parameter as an indicator of compartment syndrome, yet it can be used to determine the severity of necrosis of muscle mass. Currie [54] showed that more than a tenfold increase in CPK at the time of hospital admission should suggest a solution in the form of the early primary amputation

Pomimo licznych badań, nie udało się zidentyfikować czynnika, który byłby mierzalny w badaniach laboratoryjnych i który byłby indykatorem zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych. Duże nadzieje wiązano z oznaczaniem poziomu kinazy kreatyninowej (CPK), jednak ostatecznie odstąpiono od tego parametru jako wskaźnika zespołu nasilenia martwicy masy mięśniowej. Currie [54] wykazał, że ponad dziesięciokrotne podwyższenie stężenia CPK w momencie przyjęcia do szpitala powinno sugerować rozwiązanie pod postacią pierwotnej wczesnej amputacji, gdyż w tym stanie martwicy mięśni istnieje znacznie wyższe ryzyko powikłań zespołu reperfuzyjnego i zgonu.

W niniejszej pracy kwalifikacja do wykonania fasciotomii podejmowana była przez chirurga naczyniowego na podstawie kilkukrotnego badania przedmiotowego i wywiadu lekarskiego.

W urazach najczęstszą przyczyną fasciotomii był uraz naczyń podkolanowych, tętnicy i/lub żyły, często ze współistniejącym złamaniem kości podudzia, oraz uraz żył podudzia. Ponieważ czas od urazu do rewaskularyzacji był krótki, rzadką przyczyną fasciotomii był obrzęk kończyny lub przedłużone niedokrwienie. Inna sytuacja miała miejsce u pacjentów z CHNO, gdyż najczęściej kwalifikowani oni byli do fasciotomii z powodu obrzęku podudzia, tkliwości łydki i przedłużonego niedokrwienia powyżej sześciu godzin.

Czas od początku niedokrwienia do włączenia właściwego leczenia, czyli do rewaskularyzacji, był dłuższy niż tak zwana złota godzina. Tylko w przypadku urazu czas ten był bliski wartości złotej godziny, natomiast w CHNO był około 5-krotnie dłuższy. U pacjentów po urazach, którzy utracili kończynę i tych, którzy ją zachowali, nie było różnicy w czasie trwania niedokrwienia. Inaczej kształtowało się to w CHNO, gdzie istniała zależność pomiędzy czasem niedokrwienia a ryzykiem utraty kończyny.

Według Rorabecka [31] czas 24 godzin od początku niedokrwienia do wykonania fasciotomii to czas graniczny do osiągnięcia dobrych wyników leczenia. O połowę krótszy czas, czyli 12 godzin, przedstawili w swojej pracy Sheridan i Matsen [55].

W dostępnym piśmiennictwie odnotowuje się, że fasciotomia rzadko jest wykonywana we wczesnym okresie leczenia, w którym jest najbardziej potrzebna i może przynieść najlepsze efekty [18, 26–28]. Wczesne wykonanie odbarczenia goleni, prowadzące do zmniejszenia ciśnienia wewnątrzprzedziałowego lub likwidujące ewentualne nadciśnienie wewnątrzprzedziałowe, zmniejsza znamienne opory obwodowego łożyska naczyniowego, co umożliwia wzrost przepływu krwi w odtworzonej tętnicy i mikrokrążeniu. Dane literaturowe wyraźnie mówią o wyższości fasciotomii wczesnej, najlepiej, jeśli jest ona wykonana w ciągu pierwszych 24 godzin od początku niedokrwienia, zwłaszcza w niedokrwieniu urazowym [7, 18, 28, 31, 53]. Wczesna fasciotomia jest uznawana za główny czynnik przyczyniający się do uratowania kończyny, jak i do zachowania jej funkcji [18, 21].

Pomimo częstych głosów o wyższości fasciotomii wczesnej, a nawet profilaktycznej, czyli bez żadnych ob-

because in this state of muscle necrosis there is a much higher risk of complications and death resulting from reperfusion syndrome.

In this paper, qualification to fasciotomy was taken by a vascular surgeon on the basis of repeated clinical evaluation of limb condition and medical history.

The most common indication for fasciotomy within injury group was trauma of popliteal vessels, artery and/or vein, often with concomitant bones fracture, and injury of tibial veins. Because the time from injury to revascularization was short a rare cause of fasciotomy was swelling of the limb or prolonged ischemia. Another situation occurred in patients with PVD, because they were mostly qualified to fasciotomy because of crus swelling, crus tenderness, and prolonged ischemia for more than six hours.

The time from the onset of ischemia to administration of the proper treatment, that is to revascularization, was longer than the so-called golden hour. Only in the case of injury that time was close to the golden hour, while in PVD was about 5 times longer. In patients with trauma who have lost a limb and those who have kept it, there was no difference in the duration of ischemia. Otherwise it was in PVD, where there was a correlation between the time of ischemia and risk of limb loss.

According to Rorabeck [31], time around 24 hours from the onset of ischemia to fasciotomy is a border time to achieve good treatment results. About half shorter time, that is 12 hours, is presented in the paper by Sheridan and Matsen [55].

In the available literature, it is given that fasciotomy is rarely performed within the early stages of treatment, where it is mostly needed and may bring the best results [18, 26–28]. The early performance of crus decompression, leading to a reduction of intra-compartmental pressure or eliminating possible intra-compartmental hypertension, significantly reduces peripheral vascular resistance, which allows an increase of blood flow through the reconstructed artery and microcirculation. The literature data clearly show the superiority of early fasciotomy, the best if it is made within the first 24 hours of the onset of ischemia, especially in posttraumatic ischemia [7, 18, 28, 31, 53]. The early fasciotomy is considered to be the main factor contributing to the limb salvage and the preservation of its functions [18, 21].

Despite the frequent statements of the superiority of early fasciotomy and even preventive, i.e. without any symptoms of compartment syndrome, literature data are not so optimistic. Jensen [51] presents a 22% incidence of fasciotomy before revascularization, 30% directly after reconstruction (1 day) and about 48% in the distant period. In the study of Heemskerk [7], 35% fasciotomy was performed prophylactically.

In this study, 4% of patients had fasciotomy performed before revascularization surgery. They were all from the PVD group. In addition, there was a group of patients, about 10%, who had only fasciotomy with subsequent conservative treatment without surgery revascularization. In about one third of all investigated

jawów zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych, dane literaturowe nie są tak optymistyczne. Jensen [51] przedstawia 22% częstość fasciotomii przed rewaskularyzacją, 30% bezpośrednio po rekonstrukcji (jedna doba) i około 48% w odległej dobie. W badaniu Heemskerka [7] 35% fasciotomii wykonano profilaktycznie.

W niniejszym badaniu 4% pacjentów miało wykonaną fasciotomię przed zabiegiem naprawczym, byli to chorzy z CHNO. Dodatkowo istniała grupa chorych, około 10%, którzy mieli wykonaną tylko fasciotomię z następowym leczeniem zachowawczym bez operacji rewaskularyzacyjnej. W około jednej trzeciej przypadków badanych odbarczenie goleni następowało w czasie operacji naprawczych. W tej grupie dominowali pacjenci z urazami.

W zbliżonym odsetku chorych pourazowych i z CHNO fasciotomia była wykonana w ciągu 24 godzin po zabiegu. Natomiast prawie 40% chorych z CHNO miało fasciotomię w odległej dobie. W tej grupie nie było ani jednego chorego po urazie.

Analizując wpływ czasu wykonania fasciotomii na amputację, nie wykazano takiego związku w żadnej z badanych grup. Istnieją w tych porównaniach różnice odsetkowe, jednak nie prezentują poziomu istotności statystycznej.

Wielu autorów, między innymi Matsen [32], Jensen [51], Kashuk [56], zalecają wykonywanie fasciotomii czteroprziedziałowych z dwóch szerokich cięć skórno-powięziowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na dekompresję przedziału tylnego głębokiego, z dokładną identyfikacją odpowiednich powięzi i rozległym ich rozcięciem. Taka fasciotomia pozwala na najlepsze odbarczenie wszystkich czterech przedziałów powięziowych [19, 30–32, 51, 56]. Nie jest zalecane wykonywanie dekompresji pojedynczych przedziałów, mimo iż objawy sugerują ciasnotę w jednym określonym przedziale, ponieważ nadciśnienie wewnątrzprzedziałowe może wystąpić z pewnym opóźnieniem w innych przedziałach.

Wczesne wykonanie zabiegu rewaskularyzacyjnego może zapobiec utracie kończyny, a nawet życia [57]. W tym miejscu należy rozważyć kwestię jednoczasowego uszkodzenia naczyń i złamań kości. W urazach w ponad 20% przypadków konieczne było wykonanie rewaskularyzacji z jednoczasowym zespoleniem kości. Która procedura naprawcza powinna się odbyć jako pierwsza? Huynh [58] zaleca wykonanie rekonstrukcji naczyniowej przed fiksacją kości, bez wykonywania wcześniejszych czasowych pomostów naczyniowych. Zaleca również jak najwcześniejsze wykonanie fasciotomii. Fowler [59] w 2009 roku przeprowadził metaanalizę wielu badań w oparciu o bazy PubMed i Cochrane. W tej analizie nie znalazł odpowiedzi na wyżej wymienione pytanie. Odsetkowo mniej zgonów, amputacji i mniejszych powikłań wystąpiło, gdy naprawa uszkodzonego naczynia odbyła się jako pierwsza przed zespoleniem złamanych kości, aczkolwiek różnice nie były istotne statystycznie.

Statystycznie istotnie jest dłuższy czas trwania operacji rewaskularyzacyjnych w urazach. Związane jest to z urazem pęczka naczyniowo-nerwowego, z jednoczasowym uszkodzeniem okolicznych tkanek, z koniecznością

cases, crus decompression was during revascularization surgery. In this group dominated patients with injuries. In a similar proportion of patients with injury and PVD, fasciotomy was performed within 24 hours after surgery. Almost 40% of patients with PVD had a fasciotomy in a distant period. In this group, there was not one patient after injury.

Analyzing the influence of the time of fasciotomy on amputation, no relation in both treatment groups was found. There are percentage differences in these comparisons, but they do not present any statistical significance.

Many authors, among others Matsen [32], Jensen [51], and Kashuk [56] recommend fasciotomy with opening all four compartments, performing two wide skin and fascial incisions, with particular attention to decompress the deep posterior compartment, with the precise identification of appropriate fascia and extend their incision. That kind of fasciotomy allows the best decompression of all four fascial compartments [19, 30–32, 51, 56]. It is not recommended to perform decompression of an individual compartment, although the symptoms suggest hypertension in a one specified compartment, because intra-compartmental hypertension may occur with a delay in other compartments.

Early performance of revascularization procedure may prevent the limb loss and even life [57]. At this point it is necessary to consider the issue of coexistence of vascular damage and bones fractures. Due to the injuries in more than 20% of the cases, it was necessary to perform simultaneous revascularization and osteosynthesis. Which procedure should take place first? Huynh [58] recommends performing vascular reconstruction before bones fixation, without making previous temporary vascular grafts. He also recommends the earliest as possible making the fasciotomy. Fowler [59], in 2009, performed a meta-analysis of many studies based on PubMed and Cochrane databases. In this analysis, no answer to the above mentioned question was found. Fewer deaths, amputations, and minor complications occurred when repair of damaged vessel was held first before the broken bones fixation, although the differences were not statistically significant.

The duration of revascularization procedures in injuries is statistically significant longer. It is connected with injury of vascular-nervous bundle, with simultaneous damage to surrounding tissues, the necessity of performing multiple vascular anastomoses, many types of reconstructions, revision of the vessels at several levels of the vascular tree in case of injuries. Another factor prolonging the time of the post injury reconstructions is often the necessity of harvesting and proper preparation of the great saphenous veins.

There is no significant relation between the duration of the surgery and amputation. Only in the case of injuries the difference of surgery duration is close to significance in groups with and without amputation. The duration of procedure was significantly shorter in PVD, regardless of further amputation or limb salvage.

wykonywania wielu zespołów naczyniowych, wielu typów rekonstrukcji, rewizji naczyń na kilku poziomach drzewa naczyniowego w przypadkach urazów. Dodatkowym czynnikiem wydłużającym czas rekonstrukcji pourazowej jest niejednokrotnie konieczność pobierania i preparowania żyły odpiszczelowej.

Brak istotnej zależności pomiędzy czasem trwania zabiegu a amputacją. Tylko w przypadku urazów różnica w czasie zabiegu jest bliska istotności w grupach z amputacją i bez amputacji. Czas trwania zabiegu był istotnie krótszy w CHNO, niezależnie czy później amputowano kończynę, czy też ją zachowano.

Śródoperacyjna utrata krwi była pięciokrotnie większa w urazach niż w CHNO. Ma to również pośredni związek z długością trwania zabiegu. Nie znaleziono związku między amputacją a utratą krwi, porównując urazy i CHNO.

Wykazano istotną różnicę w ASA (The American Society of Anesthesiologists — ocena ryzyka operacyjnego), porównując pacjentów pourazowych i z CHNO. Było to spowodowane wiekiem chorych, chorobami towarzyszącymi i stanem ogólnym pacjentów. Nie wykazano zależności pomiędzy ASA a amputacją w żadnej z grup.

Średni czas hospitalizacji według Jensena [51] to 12 dni, według Sheridana i Matsena [55] 28,9 dnia. W niniejszym opracowaniu pacjentów hospitalizowano 18 dni. Nie wykazano różnicy w czasie hospitalizacji pomiędzy grupą pourazową i z CHNO ani pomiędzy grupą z amputacją i bez amputacji. Natomiast w urazach istotnie dłuższy był czas hospitalizacji pacjentów, którzy mieli wykonaną amputację — był on prawie dwukrotnie dłuższy.

Częstość amputacji w ostrym niedokrwieniu kończyn dolnych mieści się w granicach 10–30% [51, 54, 55, 57]. Częstość amputacji u pacjentów po wykonanej fasciotomii oscyluje w przedziale 11–21% [7]. Udowodniono, że wczesna amputacja, zarówno pierwotna, jak i wtórna, w przypadku braku poprawy po zastosowanym leczeniu zachowawczym lub operacyjnym, obniża śmiertelność [9, 51].

W piśmiennictwie oprócz bezwzględnej liczby amputacji, podkreśla się także wpływ poziomu amputacji na funkcjonalność kończyny. Dobrym wynikiem leczenia jest strukturalne i funkcjonalne uratowanie kończyny. Szczególnie ważne jest uratowanie stawu kolanowego, ułatwia to bowiem dobranie protezy. W przypadku amputacji palców lub amputacji w obrębie stawów stopy jej funkcja pozostaje w znacznej części zachowana, natomiast kończyna amputowana na wysokości podudzia i wyżej przestaje spełniać swoją funkcję bez odpowiedniej protezy. Uratowanych kończyn było, niezależnie od przyczyny ostrego niedokrwienia, po około 60%. Średni czas od rewaskularyzacji do amputacji to 8 dni.

Powikłania po fasciotomii opisywane są od 5% do 25% przypadków [7, 51, 55]. Najczęściej są to: infekcje ran, uszkodzenia nerwów lub mięśni, krwotoki. Heemskerck [7] podaje uszkodzenie nerwów w 15% przypadków, krwawienie wymagające rewizji pola operacyjnego 35%, a infekcję ran w 25% przypadków. Sheridan i Matsen [55] opisują ponad 25% odsetek powikłań. Podkreślają oni jednak, że jeśli fasciotomia była wykonana do 12 godzin od niedokrwienia, to odsetek powikłań wyniósł poniżej

Intraoperative blood loss was five times higher in the injury group than in PVD. This is also indirectly related with the duration of operation. No association between amputation and intraoperative blood loss was found.

There was a significant difference in qualification according to ASA comparing post traumatic and PVD patients. This was due to the age of patients, comorbidities, and general condition of patients. No association between amputation and ASA in any of the groups was found.

The average duration of hospitalization by Jensen [51] is 12 days, according to Sheridan and Matsen [55], it is 28.9 days. In this study, hospitalization lasted 18 days. There was no difference in duration between post traumatic and PVD group hospitalization, or between groups with or without amputation. On the other hand, after injuries duration of hospitalization was significantly longer, in patients who underwent amputation — it was nearly twice as long.

The incidence of amputation in the ALI ranges from 10% to 30% [51, 54, 55, 57]. The incidence of amputation in patients after fasciotomy oscillates between 11–21% [7]. It has been proven that early amputation, both primary and secondary, in case when there is no improvement following conservative or revascularization treatment, reduces mortality [9, 51].

In the literature, apart from the absolute number of amputations, the influence of the level of amputation on the functionality of the limb is also emphasized. A good treatment outcome is structural and functional limb salvage. Particularly important is to save the knee, because this facilitates the matching of the prosthesis. In the case of finger amputation or amputation within the feet joints, its function remains largely preserved, while amputated limb on the level of crus or higher ceases to perform its function without an adequate prosthesis. Salvaged limb was for about 60%, irrespective of the cause of acute ischemia. The average time from revascularization to amputation was 8 days.

Complications after fasciotomy are described on the level of 5% to 25% [7, 51, 55]. The most common are: wound infections, nerve or muscle damage and bleedings. Heemskerck [7] reveals the nerves injury in 15%, bleeding requiring revision of the operating field 35% and wound infection in 25% of cases. Sheridan and Matsen [55] describe over 25% complication rate. They emphasize, however, that if the fasciotomy was performed until 12 hours after onset of ischemia, a complication rate was below 5%, while in the group with fasciotomy performed more than 12 hours was more than 45%. Wide fasciotomy wounds pose the entry of infection. Mostly, however, infections of wounds are superficial. Nevertheless, dangerous may be nosocomial bacterial strains resistant to multiple antibiotics [49]. Crucial in these cases becomes early detection of infection symptoms and applying guided antibiotic therapy. The authors unanimously recommend that performing the fasciotomy cannot be postponed because of the fear of complications, because

5%, natomiast w grupie z fasciotomią wykonaną ponad 12 godzin od niedokrwienia ponad 45%. Szerokie rany po fasciotomii stanowią wrota zakażenia. Najczęściej jednak infekcje ran są infekcjami powierzchownymi. Groźne mogą być natomiast szpitalne szczepy bakterii, odporne na wiele antybiotyków [49]. Kluczowe w tych przypadkach staje się wczesne wykrycie objawów infekcji i włączenie antybiotykoterapii celowanej. Autorzy jednogłośnie zalecają, aby wykonanie fasciotomii nie było odraczane z powodu obaw przed powikłaniami, gdyż następstwa niewykonania fasciotomii są wielokrotnie bardziej niebezpieczne dla zachowania kończyny i życia niż ryzyko wystąpienia, najczęściej niegroźnych, powikłań.

Bouachour opisał pozytywny wpływ tlenoterapii hiperbarycznej na gojenie ran po fasciotomii [60], aczkolwiek ze względu na małą dostępność tego rodzaju terapii, nie znalazła ona szerokiego zastosowania.

Wczesne rozpoznanie ZCPP i jego właściwe leczenie obniża ryzyko powikłań, w tym śmiertelność [26, 31, 48, 61, 62]. Śmiertelność okołoperacyjna oscyluje w granicach 11–36% [7, 21, 51, 57, 63]. W badanej grupie nie odnotowano zgonu śródoperacyjnego. W grupie urazów nie było żadnego zgonu w okresie okołoperacyjnym, natomiast w grupie z CHNO stwierdzono 15 zgonów, co dało około 10,3% śmiertelności okołoperacyjnej w grupie z CHNO i ogólną śmiertelność na poziomie 8,7%. Nie było istotnych różnic w śmiertelności pomiędzy grupą z amputacją i bez niej. Największa śmiertelność wystąpiła w stopniu 2a niedokrwienia oraz w zakrzepicy tętniczej. W grupie urazów nie odnotowano ciężkich powikłań pooperacyjnych. W grupie z CHNO wystąpiły one u 20% pacjentów. Główną przyczyną zgonów były choroby układu sercowo-naczyniowego: zawał serca 60%, ostra niewydolność krążenia 20%, zator tętnicy płucnej 20%. Zgony odnotowano u pacjentów hospitalizowanych z następujących przyczyn: ostra zakrzepica tętnicza 40%, ostre niedokrwienie po zabiegach planowych 34%, okluzja przęśla 13%, obrzęk siniczy 13%.

Pierwsze doniesienia o związku ostrej niewydolności nerek (ONN) z urazem niedokrwienno-reperuzyjnym podał Bywaters [64]. Szacuje się, że około 10–40% przypadków rhabdomyolizy prowadzi do ONN, podczas gdy 5–15% ONN jest spowodowane rhabdomyolizą [65, 66]. Abela [67], opierając się na badaniach własnych oraz między innymi Parksa i Grangera [68], udowodnił, że szybka reperuzja kończyn dolnych po długim okresie niedokrwienia powoduje więcej uszkodzeń na poziomie molekularnym i komórkowym niż samo niedokrwienie. Zespół reperuzji lokalnie doprowadza do ZCPP, natomiast systemowo prowadzi do uogólnionej odpowiedzi zapalnej, a nawet do zespołu niewydolności wielonarządowej. Uraz niedokrwienno-reperuzyjny występuje niezależnie od przyczyny wywołującej ONKD [51].

Tylko odpowiednie leczenie pacjenta w okresie okołoperacyjnym zapobiega powstawaniu zespołu reperuzyjnego [67, 68]. Konieczne jest właściwe nawodnienie pod kontrolą osłdkowego ciśnienia żylnego (OCŻ) i godzinowej zbiórki moczu oraz utrzymanie godzinowej diurezy ponad 100 ml/godzinę.

the consequences of not performing fasciotomy are many times more dangerous for the salvage of limbs and lives, than the risk of, mostly minor, complications.

Bouachour described the positive effect of hyperbaric oxygen therapy on wound healing after fasciotomy [60], although due to the low availability of this kind of therapy it is not widely used.

Early diagnosis of compartment syndrome and appropriate treatment reduces the risk of complications, including mortality [26, 31, 48, 61, 62]. The perioperative mortality rate fluctuates within 11–36% [7, 21, 51, 57, 63]. In the study group, there were no intraoperative deaths. In the injury group, there was no death in the perioperative period, while in the group with PVD there were 15 deaths and that gives about 10.3% perioperative mortality in the group with PVD and overall mortality of 8.7%. There were no significant differences in mortality between the groups with and without amputation. The highest mortality occurred in 2a degree of ischemia and in arterial thrombosis. In the injury group, there were no severe postoperative complications noted and in the group with PVD they occurred in 20% of patients. The main causes of death were disease of the cardiovascular system: myocardial infarction 60%, of acute circulation failure 20%, pulmonary embolism 20%. Deaths have been reported in patients hospitalized for the following reasons: acute arterial thrombosis 40%, acute ischemia after elective surgery 34%, occlusion of vascular graft 13%, phlegmasia cerulea dolens 13%.

The first reports about the connection between acute renal failure (ARF) and ischemia-reperuzion injury gave Bywaters [64]. It is estimated that approximately 10–40% of cases of rhabdomyolysis lead to ARF, while 5–15% of ARF is caused by rhabdomyolysis [65, 66]. Abela [67] based on their own researches, and Parks and Granger [68] among others, proved that rapid reperuzion of the lower limbs after a long period of ischemia causes more damage at the molecular and cellular level, than just ischemia. Reperuzion syndrome locally lead to the compartment syndrome while systemically leads to a systemic inflammatory response syndrome, and even multiple organ dysfunction syndrome. Ischemia-reperuzion injury occurs regardless of the cause of ALI [51].

Only proper treatment of a patient within the perioperative period prevents reperuzion syndrome [67, 68]. It is necessary to provide proper hydration under the control of central venous pressure (CVP), and the urine collection hour and keeping of the hourly diuresis over 100 ml/h.

Much attention was devoted to examining the usefulness of drugs in reducing reperuzion injury. These included allopurinol, vitamin C and E, verapamil, n-acetylcysteine. However, none of these drugs has been introduced to the standards of treatment in clinical conditions [67, 68]. The most important drugs used for the prevention and treatment of reperuzion syndrome are furosemide and mannitol [69, 70]. According to the literature, the incidence of ARF in ALI and reperuzion

Wiele uwagi poświęcono badając użyteczność leków w redukowaniu urazu reperfuzyjnego. Były to między innymi allopurinol, witaminy C i E, werapamil, n-acetylocysteina. Jednak żaden z tych leków nie został wprowadzony do standardów leczniczych w warunkach klinicznych [67, 68]. Najważniejszymi lekami stosowanymi w zapobieganiu i leczeniu zespołu reperfuzji są: furosemid i mannitol [69, 70]. Według piśmiennictwa częstość ONN w ONKD i zespole reperfuzji wynosi około 5–8%. Większość tych przypadków jest odwracalna [49, 71].

W badanej grupie było 6,3% ONN: 2,3% ONN wymagających czasowych hemodializoterapii (wszyscy pacjenci byli z CHNO) oraz 4,0% ONN leczonych zachowawczo z dobrym skutkiem. Nie było ani jednego przypadku ostrej niewydolności oddechowej wymagającej oddechu zastępczego respiratorem.

Według danych z piśmiennictwa największym czynnikiem ryzyka amputacji jest zwłoka w wykonaniu fasciotomii w przypadku ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych [18, 19, 38]. Wyodrębnianymi czynnikami ryzyka amputacji wczesnej są: przeżyty zawał serca, przewlekłe niedokrwienie kończyn dolnych, długi okres ostrego niedokrwienia do rewaskularyzacji [72], stężenie mięśni, zaburzenia czuciowo-ruchowe przy przyjęciu [73], podwyższony poziom kinazy kreatyninowej przy przyjęciu (CPK) [54], interwencje naczyniowe w przeszłości [54, 72], poziom ATP i mleczanów w mięśniach [74]. Dodatkowo Currie [54] wyodrębnił neutrofilie jako czynnik rokowniczy amputacji, natomiast nie znalazł związku pomiędzy stężeniem kreatyniny, mocznika czy wodorowęglanów a amputacją. Istnieją również kontrowersje czy stężenie mioglobiny ma związek z amputacją [54, 75, 76].

Heemskerk i wsp. [7] jako najsilniejsze predyktory amputacji wyodrębnili: wiek powyżej 60. roku życia, ostre niedokrwienie w wyniku ostrej zakrzepicy tętniczej i po zabiegach planowych, stężenia CPK powyżej 6000 j.m./l.

W Klinice Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Angiologii i Flebologii od 1991 roku stosowany jest schemat postępowania obejmujący rozpoczęcie leczenia już w Izbie Przyjęć. Po przyjęciu pacjent ma wykonywane badania laboratoryjne oraz badania obrazowe tak, by czas od rozpoczęcia leczenia mającego przywrócić napływ krwi do kończyny nie przekroczył 60 minut. Postępowanie to, niezależnie od czasu, jaki upłynął od chwili niedokrwienia, znacząco zwiększa szansę pacjenta na uratowanie kończyny, wymaga stałej gotowości licznych jednostek organizacyjnych szpitala.

Wnioski

Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) w ostrym niedokrwieniu kończyny dolnej (ONKD) jest stanem potencjalnego zagrożenia utraty kończyny, a w nasilonych i nieleczonych przypadkach także życia chorego, z ryzykiem amputacji kończyny na poziomie 35–39% i ze śmiertelnością na poziomie 10%. Gdy występuje na podłożu urazu naczyniowego istnieje podobne ryzyko amputacji kończyny, jak w chorobie naczyń obwodowych, ale mniejsze ryzyko zgonu.

syndrome is about 5–8%. Most of these cases are reversible [49, 71].

In the study group, there was 6.3% of ARF: 2.3% requiring temporary hemodialysis (all patients with PVD), and 4.0% treated conservatively with good results. There was no case of acute respiratory distress syndrome requiring mechanical artificial ventilation with respirator.

According to data from the literature, the biggest risk factor for amputation is a delay in the performance of fasciotomy in case of an acute compartment syndrome [18, 19, 38]. Isolated risk factors for early amputation are: myocardial infarction, chronic ischemia of the lower limbs, prolonged duration of acute ischemia to revascularization [72], the rigidity of muscles, sensorimotor disturbances on admission [73], increased level of creatine kinase on admission [54], the vascular intervention in the past [54, 72], the level of ATP and lactates in the muscles [74]. In addition, Currie [54] has identified the neutrophilia as a predictor of amputation, but found no association between serum creatinine, urea and bicarbonates and amputation. There are also controversies whether the concentration of myoglobin is associated with amputation [54, 75, 76].

Heemskerk et al. [7] as the strongest predictors of amputation have identified age over 60 years, acute ischemia as a result of acute arterial thrombosis and after elective surgery, CPK level higher than 6,000 U/L.

In The Department of General and Vascular Surgery, Angiology and Phlebology, in 1991, the pattern of management including the initiation of treatment already in the Emergency Room was introduced. During the admission the patient carried out necessary laboratory tests and imaging investigations, so that the time of initiation of the therapy aiming to restore blood flow to the limb did not exceed 60 minutes. This management, regardless of the time elapsed from the onset of ischemia, significantly increases the chances of the patient's limb salvage, but requires permanent readiness of many organizational units of the hospital.

Conclusions

Compartment syndrome in acute limb ischemia is a potentially limb threatening condition and in severe and untreated cases even life threatening, with the risk of limb amputation on the level of 35–39% and mortality rate 10%. When the cause of ALI is vascular injury, the risk of limb amputation is similar as in peripheral vascular disease, but lower risk of death.

The risk of amputations in patients with fasciotomy in the course of thrombosed popliteal aneurysm is twice as high as in the diagnosis of other causes of ALI. It also depends on the degree of ischemia on admission and elapsed time since the onset of the symptoms to application an appropriate treatment.

Early fasciotomy in relation to the revascularization procedure reduces the risk of amputation; however, in-

Ryzyko amputacji u pacjenta z wykonaną fasciotomią w przebiegu wykrępowanego tętniaka tętnicy podkolanowej jest dwukrotnie wyższe niż w rozpoznaniu innej przyczyny ostrego niedokrwienia kończyn dolnych. Zależy również od stopnia niedokrwienia przy przyjęciu oraz czasu od początku pojawienia się objawów do włączenia właściwego leczenia.

Wczesne wykonanie fasciotomii w stosunku do zabiegu rewaskularyzacyjnego zmniejsza ryzyko amputacji, jednak wskazania do fasciotomii pozostają niejasne i opierają się głównie na wiedzy i doświadczeniu chirurga naczyniowego.

Złożoność problematyki ostrego niedokrwienia kończyn, urazów naczyniowych, urazów kości i aparatu mięśniowo-więzadłowego oraz ciężki stan ogólny pacjentów nakazują ich leczenie w ośrodkach wysokospecjalistycznych w multidyscyplinarnych zespołach, z ciągłym dostępem do laboratorium i specjalistycznej diagnostyki obrazowej.

Piśmiennictwo (References)

- Noszczyk W. Chirurgia tętnic i żył obwodowych. PZWL, Warszawa 2007.
- Ziaja K, Urbanek T. Chirurgia naczyń w zarysie. ŚAM, Katowice 2004.
- Norgren L, Hiatt WR *et al.* Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007; 33 (Suppl 1): S1–S75.
- Callum K, Bradbury A. Acute limb ischaemia. ABC of arterial and venous disease. *BMI* 2000; 320: 764–767.
- Blaisdell FW. The pathophysiology of skeletal muscle ischaemia and the reperfusion syndrome: a review. *Cardiovasc Surg.* 2002; 10: 620–630.
- Loukas M, Klaassen Z, Tubbs RS, Apaydin N. Popliteal artery aneurysms: a review. *Folia Morphol.* 2007; 66: 272–276.
- Heemskerk J, Kitslaar P. Acute compartment syndrome of the Lower Leg: Retrospective Study on Prevalence, Technique, and Outcome of Fasciotomies. *World J Surg.* 2003; 27: 744–747.
- Haimovici H. Metabolic complications of acute arterial occlusions and related conditions: myoneuropathic-metabolic syndrome. Futura Publishing Co, Mount Kisco, NY 1988.
- Blaisdell FW, Steele M, Allen RE. Management of acute lower extremity arterial ischaemia due to embolism and thrombosis. *Surgery* 1978; 84: 822–834.
- Ohrlander T, Holst J, Malina M. Emergency intervention for thrombosed popliteal aneurysm: can the limb be salvaged? *J Cardiovasc Surg.* 2007; 48: 289–297.
- Haimovici H. Arterial embolism with acute massive ischemic myopathy and myoglobinuria: evaluation of hitherto unreported syndrome with report of two cases. *Surgery* 1960; 47: 739–744.
- Von Volkmann R, Konig F, Richter E. Die ischaemischen Muskel-lahmungen und Kontrakturen. *Zentralblatt fur Chirurgie* 1881; 8: 801–803.
- Jepson PN. Ischaemic contracture: an experimental study. *Ann Surg.* 1926; 84: 785–795.
- Dennis C. Disaster following femoral vein ligation for thrombophlebitis. *Surgery* 1945; 17: 265–270.
- Horn CE. Acute ischaemia of the anterior tibial muscle and the long extensor muscles of the toes. *J Bone Joint Surg Am.* 1945; 27: 615–622.
- Hughes JR. Ischaemic necrosis of the anterior tibial muscle due to fatigue. *J Bone Joint Surg Am.* 1948; 30: 581–594.
- Vaillancourt C, Shrier I, Falk M. Quantifying delays in the recognition and management of acute compartment syndrome. *CJEM* 2001; 3: 26–30.
- Oprel PP, Eversdijk MG *et al.* The Acute Compartment Syndrome of the Lower Leg: A Difficult Diagnosis? *Open Orthop J.* 2010; 4: 115–119.
- Wall C, Lynch J, Harris I *et al.* Clinical practice guidelines for the management of acute limb compartment syndrome following trauma. *ANZ J Surg.* 2010; 80: 151–156.
- Skillman J, Dolman L, Gerhart T, Ransil B. Compartmental pressure monitoring after arterial reconstruction lacks clinical relevance. *J Vasc Surg.* 1986; 3: 871–876.
- Rush DS, Frame SB, Bell RM *et al.* Does open fasciotomy contribute to morbidity and mortality after acute lower extremity ischemia and revascularization? *J Vasc Surg.* 1989; 10: 343–350.
- Tiwari A, Haq AI, Myint F, Hamilton G. Acute compartment syndromes. *Br J Surg.* 2002; 89: 397–412.
- White TO, Howell GED, Will EM. *et al.* Elevated intramuscular compartment pressures do not influence outcome after tibial fracture. *J Trauma* 2003; 55: 1133–1138.
- Mubarak SJ, Owen CA, Hargens AR *et al.* Acute compartment syndromes: diagnosis and treatment with the aid of the wick catheter. *J Bone Joint Surg Am.* 1978; 60–A: 1091–1095.
- Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool. *J Bone Joint Surg Am.* 1976; 58: 1016–1020.
- Whitesides TE, Haney TC *et al.* A simple method for tissue pressure determination. *Arch Surg.* 1975; 110: 1311–1313.
- Whitesides TE, Haney TC *et al.* Tissue pressure measurements as a determinant for the need of fasciotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1975; 113: 43–51.
- Allen MJ, Stirling AJ *et al.* Intracompartmental pressure monitoring of leg injuries. An aid to management. *J Bone Joint Surg Am.* 1985; 67: 53–57.
- Kostler W, Strohm PC, Südkamp NP. Acute compartment syndrome of the limb. *Injury* 2004; 35: 1221–1227.
- Mubarak SJ, Owen CA. Double-incision fasciotomy of the leg for decompression in compartment syndromes. *J Bone Joint Surg Am.* 1977; 59–A: 184–187.
- Rorabeck C. The treatment of compartment syndromes of the leg. *J Bone Joint Surg Am.* 1984; 66: 93–97.
- Matsen FA, Winquist R, Krugmire RB. Diagnosis and Management of Compartmental Syndromes. *J Bone Joint Surg Am.* 1980; 62: 286–291.
- McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78–B: 99–104.
- Janzing HM, Broos PL. Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: Beware of overtreatment! *Injury* 2001; 32: 415–421.

35. Kumar P *et al.* Compartment syndrome: effect of limb position on pressure measurement. *Burns* 2003; 29: 626–627.
36. Patman RD, Thompson JE. Fasciotomy in peripheral vascular surgery. Report of 164 patients. *Arch Surg.* 1970; 101: 663–672.
37. Feliciano DV, Cruse PA *et al.* Fasciotomy after trauma to the extremities. *Am J Surg.* 1988; 156: 533–536.
38. Garner AJ, Handa A. Screening Tools in the Diagnosis of Acute Compartment Syndrome. *Angiology* 2010; 61: 475–481.
39. Moed B, Thorderson P. Measurement of intracompartmental pressure: a comparison of the slit catheter, side-ported needle and simple needle. *J Bone Joint Surg Am.* 1993; 75A: 231–235.
40. Boody AR, Wongworawat MD. Accuracy in the measurement of compartment pressures: a comparison of three commonly used devices. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87: 2415–2422.
41. Williams P, Russel I *et al.* Compartment pressure monitoring — current UK orthopaedic practice. *Injury* 1998; 29: 229–232.
42. Arbabi S, Brundage S, Gentilello LM. Near-infrared spectroscopy: a potential method for continuous, transcutaneous monitoring for compartmental syndrome in critically injured patients. *J Trauma* 1999; 47: 829–841.
43. Gentilello LM, Sanzone A *et al.* Near-infrared spectroscopy versus compartment pressure for the diagnosis of lower extremity compartmental syndrome using electromyography-determined measurements of neuromuscular function. *J Trauma* 2001; 51: 1–9.
44. Gianotti G, Cohn S, Brown M *et al.* Utility of near-infrared spectroscopy in the diagnosis of lower extremity compartment syndrome. *J Trauma* 2000; 48: 396–401.
45. Hawkins S, Brown C, Stuart R, McAndrew A. Phlegmasia coerulea dolens: a rare cause of compartment syndrome. *Injury Extra* 2010; 51: 51–52.
46. Revelon G, Rahmouni A *et al.* Acute swelling of the limb: magnetic resonance pictorial review of fascial and muscle signal changes. *Eur J Radiol.* 1999; 30: 11–21.
47. Wiger P, Styf JR. Effects of limb elevation on abnormally increased intramuscular pressure, blood perfusion pressure, and foot sensation: an experimental study in humans. *J Orthop Trauma* 1998; 12: 343–347.
48. Branco BC, Inaba K *et al.* Incidence and predictors for the need for fasciotomy after extremity trauma: A 10-year review in a mature level I trauma centre. *Injury* 2011; 42: 1157–1163.
49. Abouezzi Z, Nassoura Z, Ivatury RR. A critical reappraisal of indications for fasciotomy after extremity vascular trauma. *Arch Surg.* 1998; 133: 547–551.
50. Lagerstrom CF, Reed RLR II, Rowlands BJ, Fischer RP. Early fasciotomy for acute clinically evident posttraumatic compartment syndrome. *Am J Surg.* 1989; 158: 36–39.
51. Jensen SL, Sandermann J. Compartment syndrome and fasciotomy in vascular surgery. A review of 57 cases. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997; 13: 48–53.
52. Ravn H, Bjorck M. Popliteal artery aneurysm with acute ischemia in 229 patients. Outcome after thrombolytic and surgical therapy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007; 33: 690–695.
53. Singh S, Trikha SP, Lewis J. Acute compartment syndrome. *Curr Orthop.* 2004; 18: 468–476.
54. Currie I, Wakelin S *et al.* Plasma creatine kinase indicates major amputation or limb preservation in acute lower limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2007; 45: 733–739.
55. Sheridan GW, Matsen FA. Fasciotomy in the Treatment of the Acute Compartment Syndrome. *J Bone Joint Surg.* 1976; 58: 112–115.
56. Kashuk JL, Moore EE *et al.* Lower extremity compartment syndrome in the acute care surgery paradigm: safety lesson learned. *Patient Saf Surg.* 2009; 3: 11–16.
57. Constantini V, Lenti M. Treatment of acute occlusion of peripheral arteries. *Thrombosis Research* 2002; 106: 285–294.
58. Huynh T, Pham M *et al.* Management of distal femoral and popliteal arterial injuries: an update. *Am J Surg.* 2006; 192: 773–778.
59. Fowler J *et al.* The importance of surgical sequence in the treatment of lower extremity injuries with concomitant vascular injury: A meta-analysis. *Injury* 2009; 40: 72–76.
60. Bouachour G, Cronier P *et al.* Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double blind placebo-controlled trial. *J Trauma* 1996; 41: 333–339.
61. Williams AB, Luchette FA, Papaconstantinou HT *et al.* The effect of early versus late fasciotomy in the management of extremity trauma. *Surgery* 1997; 122: 861–866.
62. McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome in tibial diaphyseal fractures *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78: 95–98.
63. Aune S, Tippestad A. Operative mortality and long-term survival of patients operated on for acute lower extremity ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1998; 15: 143–146.
64. Bywaters EGL. Ischaemic muscle necrosis, crushing injury, traumatic edema, the crush syndrome, traumatic anuria, compression syndrome: a type of injury seen in air raid casualties following burial beneath debris. *JAMA* 1944; 124: 1103–1109.
65. Chatzizisis Y. S, Misiril G, Hatzitolios A, Giannoglou G. The syndrome of rhabdomyolysis: Complications and treatment. *Eur J Intern Med.* 2008; 19: 568–574.
66. Gabow PA, Kaehny WD, Kelleher SP. The spectrum of rhabdomyolysis. *Medicine* 1982; 61: 141–153.
67. Abela CB, Homer-Vanniasinkham S. Clinical implications of ischemia-reperfusion injury. *Pathophysiology* 2003; 9: 229–240.
68. Parks DA, Granger DN. Contributions of ischaemia and reperfusion to mucosal lesion formation. *Am J Physiol.* 1986; 250: 749–753.
69. Shah DM, Bock DEM *et al.* Beneficial effects of hypertonic mannitol in acute ischaemia-reperfusion injuries in human. *Cardiovasc Surg.* 1996; 4: 97–100.
70. Shaikh N. Common complication of crush injury, but a rare compartment syndrome. *Journal of Emergencies, Trauma and Shock* 2010; 3: 177–181.
71. Lyem H, Eren MN. Should embolectomy be performed in late acute lower extremity arterial occlusions? *Vasc Health Risk Manag.* 2009; 5: 621–626.
72. Ljungman C, Adami H-O, Bergquist D *et al.* Risk factors for early limb loss after embolectomy for acute limb occlusion: a population-based case-control study. *Br J Surg.* 1991; 78: 1482–1485.
73. Earnshaw JJ, Hopkinson BR, Makin GS. Acute critical ischaemia of the limb: a prospective evaluation. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1990; 4: 365–368.
74. Ljungman C, Eriksson I, Ronquist G *et al.* Muscle ATP and lactate and the release of myoglobin and carbanhydrase III in acute lower-limb ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1991; 5: 407–414.
75. Adiseshiah M, Round JM, Jones DA. Reperfusion injury in skeletal muscle: a prospective study in patients with acute limb ischemia and claudicants treated with revascularization. *Br J Surg.* 1992; 79: 1026–1029.
76. Nanobashvili J, Neumayer C *et al.* Ischaemia/reperfusion injury of skeletal muscle: plasma taurine as a measure of tissue damage. *Surgery* 2003; 133: 91–100.

Adres do korespondencji (Adress for correspondence):

dr n. med. Dariusz Stańczyk
 Klinika Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej, Angiologii i Flebologii
 ul. Złotowa 45/47, Katowice
 tel. 609 612 819
 e-mail: darekstańczyk@interia.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 10.10.2015 r.