

Zagrożenie ostrym zespołem ciasnoty przedziałów powięziowych stopy po złamaniu kości piętowej

Compartment Syndrome of the Foot after Calcaneal Fractures

Grzegorz Kierzynka^{1(A,B,C,D,E,F)}, Paweł Grala^{2(A,D,F)}

¹ Oddział Chirurgii Urazowej i Obrażeń Wielonarządowych, ZOZ, Poznań, Nowe Miasto

² Klinika Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego, Poznań

¹ Department of Trauma Surgery and Multiorgan Injuries, Health Care Management Unit, Poznań Nowe Miasto

² Department of Trauma Surgery, Treatment of Burns and Plastic Surgery, Karol Marcinkowski Memorial Medical University, Poznań

STRESZCZENIE

Wstęp. Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) to stan, w którym w wyniku wzrostu ciśnienia w obrębie przedziału anatomicznego kończyny dochodzi do zaburzenia krążenia krwi, unerwienia i czynności mięśni. W następstwie nie leczonego ZCPP dochodzi do niedokrwienia, martwicy, przykurczy i zwłóknenia oraz nieodwracalnego upośledzenia funkcji zajętej części kończyny. Złamaniom kości piętowej oraz innym obrażeniom stopy może towarzyszyć rozwijający się ostry ZCPP na stopie. Zespół ten może prowadzić do zniekształceń, szczególnie pod postacią palców szponiastych, osłabienia mięśni i w efekcie do zaburzenia funkcji chodu.

Materiał i metody. Badaniu poddano pacjentów ze złamaniem kości piętowej po jednej stronie. Dane były zbierane na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego i inwazyjnego pomiaru ciśnienia w trzech przedziałach powięziowych stopy. Grupę kontrolną stanowiła druga zdrowa stopa.

Wyniki. Ciśnienia w przedziałach powięziowych stopy po złamaniu kości piętowej były znamiennie statystycznie wyższe niż po stronie zdrowej: przedział piętowy średnio 68,6 mmHg vs 18.8 mmHg p=0.0002, przedział boczny średnio 49,0 mmHg vs 14,4 mmHg p=0,0003, przedział przyśrodkowy 45,9 mmHg vs 11,8 mmHg p=0.0003. Wysokość ciśnienia koreluje z natężeniem bólu określonym przez pacjenta w skali dziesięciopunktowej.

Wnioski. 1. Złamaniom kości piętowej towarzyszy wzrost ciśnienia w przedziałach powięziowych oraz objawy wzmożonego ciśnienia międzymiędzypowięziowego. 2. Ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych stopy w naszych warunkach jest bardzo rzadko rozpoznawany i tylko w wyjątkowych przypadkach leczony odbarczeniem przedziału, a nie leczony wraz ze zniekształceniami wynikającymi bezpośrednio ze złamania kości piętowej może doprowadzić do kalectwa.

Słowa kluczowe: zespół ciasnoty, stopa, kość piętowa, złamanie

SUMMARY

Background. A compartment syndrome is a condition in which high pressure within a closed fascial space causes reduced blood flow with nerve and muscle ischaemia. Untreated compartment syndrome leads to ischaemia with necrosis, contractures, myofibrosis and irreversible functional impairment in the involved part of the limb. Calcaneal fractures and other kinds of foot trauma may cause acute compartment syndrome of the foot. This condition may lead to foot deformities, including clawing of the toes, weakness of the foot muscles and, ultimately, a gait disorder.

Material and methods. We studied 13 patients with unilateral calcaneal bone fractures. The healthy feet were examined as a control group. Data were derived from histories, physical examinations and measurements of intracompartimental pressure in three muscle compartments of the foot.

Results. Pressure in the foot with a calcaneal fracture was significantly higher than that on the healthy side, with pressures of 68.6 mmHg vs. 18.8 mmHg (p=0.0002) in the calcaneal (central) compartment, 49.0 mmHg vs. 14.4 mmHg (p=0.0003) in the lateral compartment, and 45.9 mmHg vs. 11.8 mmHg (p=0.0003) in the medial compartment. The pressures correlated with pain intensity rated by patients on a 10-point scale.

Conclusions. Calcaneal fractures are accompanied by elevated intracompartimental pressure and symptoms of compartment syndrome. Acute compartment syndrome of the foot is very rarely diagnosed in Poland and only exceptionally treated by compartmental decompression. If left untreated, combined with deformities directly related to the fracture, it may lead to disability.

Key words: compartment syndrome, foot, calcaneal bone, calcaneus, fracture

WSTĘP

Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) to stan, w którym w wyniku wzrostu ciśnienia w obrębie przedziału anatomicznego kończyny dochodzi do zaburzeń krążenia krwi, unerwienia i czynności mięśni.

W następstwie nie leczonego ZCPP dochodzi do niedokrwienia, martwicy, przykurczy i zwłóknienia oraz nieodwracalnego upośledzenia funkcji zajętej części kończyny.

Złamaniom kości piętowej oraz innym obrażeniom stopy może towarzyszyć rozwijający się ostry ZCPP na stopie. Zespół ten może prowadzić do zniekształceń, szczególnie pod postacią palców szponiastych, osłabienia mięśni stopy i w efekcie do zaburzenia funkcji chodu.

Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) powstaje w wyniku zwiększenia ciśnienia w obrębie zamkniętej anatomicznie przestrzeni, jaką jest przedział powięziowy, czyli komora mięśni [1]. W przypadku złamania kości piętowej wzrost ciśnienia śródtkankowego jest spowodowany zwiększeniem zawartości przedziału na skutek krwawienia ze złamanej kości i uszkodzonych w mechanizmie urazu bezpośredniego naczyń oraz wzrostu przepuszczalności naczyń włosowatych i obrzęku.

W zakresie fizjologicznym średnie ciśnienie włośniczkowe wynosi około 25 mmHg, natomiast ciśnienie w początkowym odcinku żyłek za siecią wło-

BACKGROUND

A compartment syndrome is a condition in which the elevation of pressure within a closed fascial space leads to reduced blood flow, nerve and muscle ischaemia.

Untreated compartment syndrome leads to ischaemia with necrosis, contractures, myofibrosis and irreversible functional impairment in the involved part of the limb.

Calcaneal fractures and other kinds of foot trauma may cause an acute compartment syndrome of the foot. This condition may lead to foot deformities, such as clawing of the toes, weakness of the foot muscles and, ultimately, a gait disorder.

A compartment syndrome results from the elevation of pressure in the anatomically closed space of a fascial compartment, i.e. a muscular chamber [1]. In calcaneal fractures, the elevation of interstitial pressure is caused by an increased volume of the compartment contents due to bleeding from the fractured bone and vessels damaged in a direct trauma and an increase in capillary permeability and oedema.

Mean normal capillary pressure is approx. 25 mmHg, and approx. 16 mmHg in the initial post-capillary segment of venules [2]. Through compression of low-pressure thin-walled venules of the post-capillary system, elevated intracompartmental pressure causes an increase of intravascular pressure in venules, and subsequently in capillaries.



Ryc. 1. Złamanie prawej kości piętowej. Widoczne podbiegnięcie krwawe, obrzęk i pęcherz oraz zniekształcenie zarysu stopy prawej
Fig. 1. Right calcaneal bone fracture. A visible ecchymosis, oedema and a blister as well as deformation of the right foot outline

śniczek (venula) wynosi około 16 mmHg [2]. Zwiększone ciśnienie w przedziale powięziowym powoduje poprzez ucisk niskociśnieniowych i cienkościennych żyłek układu zawłośniczkowego wzrost ciśnienia śródnaaczyniowego w żyłkach, a następnie włośniczkach.

Wzrost ciśnienia przenoszony wstecznie poprzez sieć włośniczek powoduje zmniejszenie przepływu włośniczkowego, a po przekroczeniu krytycznej wartości progowej zamknięcie naczyń włośniczkowych i zatrzymanie mikrokrążenia, co w konsekwencji prowadza do niedokrwienia mięśni i pozostałych struktur zajętego lub zajętych przedziałów powięziowych [1,2,3].

Wartość progowa ciśnienia tkankowego, przy której rozpoznajemy ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych i która jest jednocześnie wskazaniem do wykonania fasciotomii wynosi 40 mmHg dla pacjentów z ciśnieniem tętniczym w granicach normy.

Skutkiem nie leczonego ostrego ZCPP może być przykurcz Volkmana dotyczący zajętej grupy mięśni. Jest to rozwój zniekształceń uwarunkowanych zbliznowacением i skróceniem mięśni oraz zwyrodnieniem nerwów, które uległy uszkodzeniu na skutek ZCPP [4]. W zespole Volkmana dominuje zanik i przykurze mięśni. Rodzaj zniekształceń zależy od zajęcia poszczególnych przedziałów mięśniowych.

The pressure elevation is transferred in a retrograde manner through the capillary network and reduces capillary flow. When the pressure exceeds a critical threshold value, it leads to capillary occlusion and cessation of microcirculation, and then to ischaemia of the muscles and of the remaining structures in the fascial compartment(s) [1,2,3].

The threshold value of tissue pressure which is the basis for a diagnosis of acute compartment syndrome and at which fasciotomy is recommended is 40 mmHg in patients with normal arterial pressure.

Untreated acute compartment syndrome may result in a Volkmann contracture in the affected muscle group. Volkmann's contracture refers to the development of deformities resulting from muscle cicatrization and shortening as well as degeneration of the nerves damaged in the course of the compartment syndrome [4]. The predominant manifestations of Volkmann's syndrome include muscle atrophy and contractures. The type of deformities depends on the involvement of specific muscle compartments.

The main symptom of acute compartment syndrome is pain that is out of proportion to the pathology and whose intensity is not compatible with the injury. The pain is continuous, gradually increasing and is not relieved by analgesics [2,5,6].

Other signs of compartment syndrome, i.e. pain on passive stretching of the affected muscle group,



Ryc. 2. Rok po złamaniu kości piętowej – widoczne zniekształcenie, spłaszczenie stopy i szponiaste ustawnie palców oraz zmiany troficzne skóry

Fig. 2. One year following calcaneal fracture – foot deformity and flattening, clawing of the toes and trophic lesions of the skin

Objawem wiodącym ostrego ZCPP jest ból nieproporcjonalny do procesu patologicznego, nieadekwatnie silny w stosunku do doznanych obrażeń, ciągły i stopniowo narastający, nie ustępujący pomimo podawania środków przeciwbólowych [2,5,6].

Pozostałe objawy ZCPP, jak bolesność przy biernym rozciąganiu zajętej grupy mięśni, nasilenie bólu podczas napinania i osłabienie zajętych mięśni oraz masywny obrzęk kończyny z napiętą i błyszczącą skórą i niekiedy pęcherzami mogą towarzyszyć również złamaniu bez ZCPP. Również pozostałe objawy z tzw. pięciu „P” czyli pallor – bladość, paraesthesia – samoistne wrażenia czuciowe, paralysis/paresis – porażenie, niedowład i pulselessness – brak tętna nie muszą towarzyszyć ZCPP.

Leczeniem zagrażającego lub rozwijającego się ZCPP jest fasciotomia [1,3,6,7,8].

Fasciotomia to operacyjne odbarczenie przedziału powięziowego poprzez rozległe nacięcie powięzi wszystkich zajętych przedziałów [9,10].

MATERIAŁ I METODY

Badaniu poddano 13 pacjentów Oddziału Chirurgii Urazowej i Obrażeń Wielonarządowych Szpitala ZOZ Nowe Miasto w Poznaniu z jednostronnym złamaniem kości piętowej. Grupy kontrolnej pacjentów nie było. Zamiast tego dla kontroli zbadano zdrową kończynę pacjentów włączonych do badania.

Badanie inwazyjne ciśnienia tkankowego w poszczególnych przedziałach powięziowych było wykonane za pomocą aparatu Intra-Compartmental Pressure Monitor Set firmy Stryker z jednorazowym sterylnym zestawem do nakłucia. Badanie było wykonane z uwzględnieniem zasad aseptyki w warunkach standardowych w pozycji leżącej z podudziem na poziomie serca.

Kryteria wyłączenia z badania

1. Obrażenia obydwu kończyn dolnych
2. Odchylenia od normy w badaniu kończyny „zdrowej” – bez złamania kości piętowej (np. stan po amputacji, przewlekłe zaburzenia ukrwienia, krążenia żylnego, zaburzenia czuciowe, ruchowe)

Dane były zbierane na podstawie wywiadu i badania przedmiotowego oraz inwazyjnego pomiaru ciśnienia w trzech przedziałach powięziowych podezwowych stopy odpowiadających trzem grupom mięśniowym: przyśrodkowej, pośredniej i bocznej, chociaż przedziałów mięśniowych na stopie rozróżnia się od 4 do 9 [11,12]. Ewentualne badanie w pozostałych przedziałach ze względu na ich małą objętość jest trudne technicznie.

Pomiaru inwazyjnego dokonano na powierzchni podezwowej stopy w trzech miejscach na wysoko-

pain increasing on muscle tensing, weakening of the involved muscles and a massive oedema of the limb with stretched, glossy skin and sometimes blisters may also accompany a fracture without compartment syndrome. The remaining symptoms of the so called "5 Ps" (i.e. pallor, paraesthesia, paralysis/paresis, pulselessness) do not necessarily accompany a compartment syndrome.

An imminent or developing compartment syndrome is treated by fasciotomy [1,3,6,7,8].

Fasciotomy is the surgical decompression of the compartment via extensive incision of the fascia of all involved compartments [9,10].

MATERIAL AND METHODS

13 patients with unilateral calcaneal fracture were involved in the study. They were all treated in at the Department of Trauma Surgery and Multiorgan Injuries of the Nowe Miasto Health Care Management Unit Hospital in Poznań. There was no control group; the healthy limb of each patient was examined instead.

Invasive measurements of intracompartmental pressure in specific fascial compartments were performed with a Stryker Intra-Compartmental Pressure Monitor Set with a disposable sterile puncture set. The measurements were performed in aseptic conditions, in a standard setting with the patients in recumbent position and the lower leg at heart level.

Exclusion criteria.

1. Injuries to both lower limbs.
2. Abnormalities on examination of the "healthy" (calcaneus not fractured) limb (e.g. status post amputation, chronic impairment of perfusion/venous circulation, sensory/motor disorders).

Data were derived from histories, physical examinations and measurements of intracompartmental pressure in three plantar muscle compartments of the foot corresponding to three muscle sections: central, medial and lateral. There are 4-9 muscle compartments in the foot altogether [11,12], but performing measurements in the remaining compartments would pose a technical problem due to their small size.

The measurements were performed on the plantar surface of the foot at three sites along the border of the proximal third of its length (between the proximal and central third):

ści jednej trzeciej bliższej jej długości (na grani- cy 1/3 bliższej i środkowej)

1. w mięśniach wyniosłości przyśrodkowej (m. odwodziciel, zginacz krótki i przywodziciel palucha) – krawędź przyśrodkowa
2. w mięśniach wyniosłości pośredniej (m. zginacz krótki palców, m. czworoboczny podeszwy) – w jednej trzeciej bliższej osi podłużnej stopy oraz
3. w mięśniach wyniosłości bocznej (m. odwodziciel, zginacz krótki i przeciwwstawiacz palca małego) – krawędź boczna.

Wszyscy badani pacjenci mieli ciśnienie tętnicze w granicach ciśnienia prawidłowego czyli pomiędzy 100/60 a 140/90

WYNIKI

Ciśnienia w przedziałach powięziowych obu stóp były zgodne z rozkładem normalnym.

Ciśnienia w przedziałach powięziowych stopy po złamaniu kości piętowej były znamiennie statystycznie wyższe niż po stronie zdrowej: przedział piętowy (pośredni) średnio 68,6 mmHg vs 18,8 mmHg $p=0.0002$, przedział boczny średnio 49,0 mmHg vs 14,4 mmHg $p=0.0003$, przedział przyśrodkowy 45,9 mmHg vs 11,8 mmHg $p=0.0003$.

Wysokość ciśnienia międzymiędzypowięziowego koreluje z natężeniem bólu określonym przez pacjenta w skali dziesięciopunktowej (NRS Numerical Rating Scale od 1 do 10, podobnej do VAS), odchylenie standardowe sy. $x=20,363$, a wartość $P<0,0001$.

1. in medial eminence muscles (abductor muscle, flexor hallucis brevis and adductor hallucis) – medial edge
2. in intermediate eminence muscles (flexor digitorum brevis, quadratus plantar) – at the proximal third of the foot longitudinal axis, and
3. in lateral eminence muscles (abductor muscle, flexor digiti minimi brevis, opponens digiti minimi) – lateral edge.

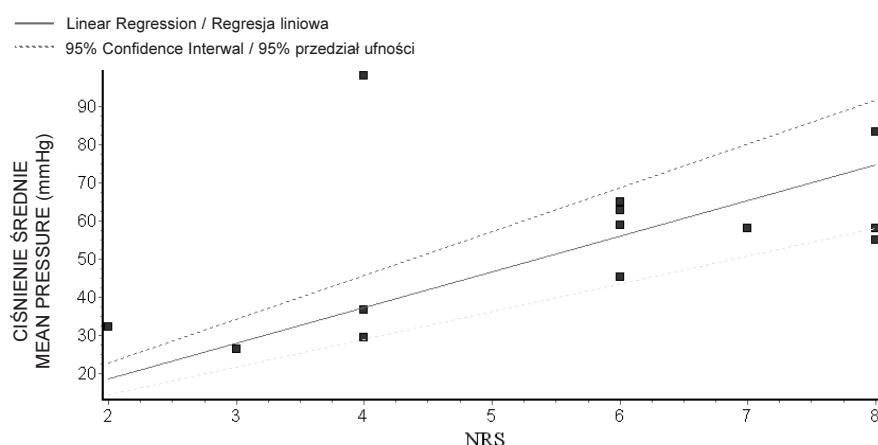
Blood pressure was within normal limits, i.e. between 100/60 and 140/90, in all patients.

RESULTS

The distribution of pressures in the fascial compartments of both feet followed a normal distribution.

The pressures in the fractured feet were significantly higher than those on the healthy side, with pressures of 68.6 mmHg vs. 18.8 mmHg ($p=0.0002$) in the calcaneal (central) compartment, 49.0 mmHg vs. 14.4 mmHg ($p=0.0003$) in the lateral compartment, and 45.9 mmHg vs. 11.8 mmHg ($p=0.0003$) in the medial compartment.

The level of intercompartmental pressure correlated with pain intensity rated by patients in a 1 to 10 scale (Numerical Rating Scale [NRS], similar to the VAS pain scale), standard deviation $sy.x=20.363$, $p<0.0001$.



Ryc. 3. Natężenie bólu w skali dziesięciopunktowej (NRS) do średniego ciśnienia z trzech przedziałów powięziowych stopy w mmHg

Fig. 3. Pain intensity in a 1 to 10 scale (NRS) vs. mean pressure in three fascial compartments of foot in mmHg

DYSKUSJA

Ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych stopy w naszych warunkach jest bardzo rzadko rozpoznawany i tylko w wyjątkowych przypadkach leczony odbarczeniem przedziału. Nieleczony ostry ZCPP wraz ze zniekształceniami wynikającymi bezpośrednio ze złamania kości piętowej może doprowadzić do kalectwa [1]. Należy zwrócić uwagę, że złe wyniki leczenia zachowawczego złamań kości piętowej wynikają między innymi właśnie z rozwinienia ostrego ZCPP na stopie [13,14]. W przeciwnieństwie do leczenia zachowawczego złamań kości piętowej, leczenie operacyjne wiążące się z otwarciem przedziałów powięziowych na stopie, a przy właściwym doborze metody zespolenia złamania do rodzaju złamania, daje lepsze wyniki czynnościowe [14].

Otwarcie przedziału powięziowego, czyli fasciotomia na stopie ze zmiażdżonymi tkankami miękkimi na skutek urazu bezpośredniego, który jest najczęściej przyczyną złamania kości piętowej, może doprowadzić do zakażenia [10]. Zakażenie rozległej martwicy tkanek miękkich stopy z ostrym ZCPP może doprowadzić do ostrego, a następnie przewlekłego zapalenia złamanej kości piętowej [10,11].

Należy rozważyć konsekwencje takiego powikłania z amputacją stopy włącznie, a z drugiej strony wynikające z jałowego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych zniekształcenia polegające na zbliżowaniu, przykurczu i zaniku mięśni stopy wraz z wynikłymi zaburzeniami funkcji stopy.

WNIOSKI

1. Złamaniom kości piętowej towarzyszy wzrost ciśnienia w przedziałach powięziowych stopy oraz objawy wzmożonego ciśnienia międzymiędzypowięziowego.
2. U wszystkich badanych pacjentów ciśnienia śródtkankowe w trzech badanych przedziałach powięziowych stopy ze złamaniem kości piętowej były znamiennie statystycznie wyższe niż na stopie zdrowej.
3. Średnie ciśnienie i mediana ciśnienia w badanych przedziałach po stronie ze złamaniem przewyższały 40 mmHg, co u pacjentów z ciśnieniem tętniczym w granicach normy odpowiada ostremu zespołowi ciasnoty przedziałów powięziowych stopy.
4. Wysokość ciśnienia międzymiędzypowięziowego koreluje z natężeniem bólu.

DISCUSSION

Acute compartment syndrome of the foot is very rarely diagnosed in Poland and only exceptionally treated by compartmental decompression. If left untreated, combined with deformities directly related to the fracture, it may lead to disability [1]. It should be noted that the development of acute compartment syndrome of the foot is one of the causes of unsatisfactory outcomes of conservative treatment of calcaneal fractures [13,14]. Unlike conservative treatment of calcaneal fractures, surgical opening of foot fascial compartments leads to better functional outcomes if an appropriate fixation method is chosen that matches the fracture pattern [14].

Opening a fascial compartment (fasciotomy) of a foot with soft tissue crushed in a direct trauma (the most frequent cause of calcaneal fractures) may lead to infection [10]. Infections of extensive soft tissue necrosis in the foot with an acute compartment syndrome may lead to an acute and, consequently, chronic inflammation of the fractured calcaneal bone [10,11].

The consequences of this complication including amputation need to be considered and weighed against deformities related to cicatrization, contracture, atrophy of foot muscles and functional disorders of the foot that can arise as sequelae of an aseptic compartment syndrome.

CONCLUSIONS

1. Calcaneal fractures are accompanied by elevated intracompartmental pressure and symptoms of compartment syndrome.
2. Interstitial pressures measured in three fascial compartments of the foot with a calcaneal fracture were significantly higher than those on the healthy side in all patients included in the study.
3. Mean pressure and the median of the pressure measured in compartments of the fractured foot were over 40 mmHg, which corresponds to an acute compartment syndrome in patients whose blood pressure is within normal limits.
4. The level of intercompartmental pressure correlates with pain intensity.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Fabian TC. Extremity compartment syndrome. Cameron JL, editors. Current surgical therapy. 8th Ed, Philadelphia: Mosby; 2005; 989-994.
2. Hofmann AA, Manning JB. Lower extremity. Walcott MW, editors. Ambulatory Surgery and the Basics of Emergency surgical Care. 2nd Ed, Philadelphia: J.B. Lippincott Com.; 1988; 628-632.
3. Ketch LL. Zespół przestrzeni powięziowych. Abenathy CM, Harken AH, editors. Sekrety Chirurgii. 2nd Ed, D.W. Publishing; Poland; 97-98.
4. Marciniak W. Inne zmiany stopy. Dega W, Senger A, red. Ortopedia i Rehabilitacja. IV wyd., Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1996. T II: 364-365.
5. Matloub HS, Yousif NJ. Urazy i zakażenia ręki. London RE, Nygus LM, red. Kompendium Postępowania Chirurgicznego. II wyd., Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1995: 142.
6. Aluisio FV, Christensen CP, Urbaniak JR. Ortopedia. Wrocław: Urban and Partner; 2000; 79-84.
7. Szmidt J, Red. Podstawy chirurgii. I wyd. Kraków: Medycyna Praktyczna; 2003. I tom: 687-688, 729, 753-754.
8. Gaździk TS. Ortopedia i Traumatologia. I wyd. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1998: 213-215.
9. Heim U, Baltensweiler J. Kompendium traumatologii. I wyd. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1995: 43-45.
10. Myerson M, Manoli A. Compartment Syndromes of the Foot After Calcaneal Fractures. Clinical Orthopaedics and related Research 1993; 290:142-150.
11. Kamel R, Sakla FB. Anatomical compartments of the sole of the foot. Anat Res 1961; 140: 57.
12. Loeffler RD, Ballard A. Plantar spaces of the foot and proposed surgical approach. Foot Ankle 1980; (4): 11.
13. Dolezal S. Leczenie zachowawcze złamań kości piętowych. Wiadomości lekarskie 1995; 481 (12):108-10.
14. Rapała K. 30 lat doświadczeń dotyczących leczenia 150 stawowych złamań kości piętowych. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska 1998; 63(5):407-12.

Liczba słów/Word count: 3123

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 3

Piśmiennictwo/References: 14

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Lek. med. Grzegorz Kierzynka

61-285 Poznań, ul. Szwajcarska 3

Tel./fax: (0-61) 873-92-18, e-mail: grzegorz_kierzynka@poczta.onet.pl

Otrzymano / Received

Zaakceptowano / Accepted

29.04.2008 r.

21.07.2008 r.