

nie. Obserwowane różnice potencjałów elektrokinetycznych  $\xi$  między modyfikowanym tworzywem ceramicznym otrzymanym metodą zol-żel, a korundem i zębem króliczym przemawiają na korzyść tworzywa o modyfikowanej powierzchni, które ma własności najbardziej zbliżone do naturalnego zęba pod względem oddziaływań elektrostatycznych a upostaciowanymi elementami płynów ustrojowych.

## Wnioski

Tworzywo bioceramiczne otrzymywane metodą zol-żel o modyfikowanej powierzchni, poprzez proces silanowania, posiada właściwości elektryczne najbardziej zbliżone do naturalnego zęba króliczego. Stwierdzono, że metoda pomiarów potencjału elektrokinetycznego  $\xi$  może być dogodnym i nieinwazyjnym narzędziem do określania przypuszczalnych oddziaływań elektrostatycznych pomiędzy tworzywami ceramicznymi - implantami a upostaciowanymi elementami płynów ustrojowych. Ostateczne wnioski wymagają jeszcze weryfikacji po-przez przeprowadzenie znacznie większej liczby badań.

## Piśmiennictwo

- [1] Zboromirska-Wnukiewicz B., Zubiński J.: Method of preparation of sol-gel composite by its freezing, in Composite materials - preparation, properties and usage (in Polish), Proceedings of Civil Engineering Institute, Technical University of Wrocław, Wrocław 1997, pp.245-251.  
[2] Sonntag H.: Colloids (in Polish), PWN Warszawa 1982, Chapter 4 and 5.

## References

- [3] Kucharska L., Rheological and physicochemical principles of ceramic processes (in Polish), Wrocław Technical University Pub. Wrocław 1976, Chapter 2.  
[4] Zboromirska-Wnukiewicz B., Sokołowski A., Gasperowicz A., Surface modification of ceramic supports for immobilization improvements for microorganisms used in fermentation processes (in Polish), Wrocław Technical University Pub., Wrocław 2000, pp. 292-296.  
[5] Horitsu H., A study of yeast adsorption on ceramic braeds by zeta potential, Biosc.Biochem. 56, 1992, 1501.  
[6] Zboromirska-Wnukiewicz B., Bioceramic composites prepared by sol-gel method, in Biomaterials and mechanics in dentistry (in Polish), Silesian Medical Academy, Katowice 1998, pp. 259-265.

# PRZYDATNOŚĆ CODOGARDU W PROFILAKTYCE ZESPOŁU PRZEDZIAŁÓW POWIĘZIOWYCH

JACEK ŻOŁNOWSKI\*, ANDRZEJ DYSZKIEWICZ\*\*

\*ODDZIAŁ CHIRURGII URAZOWO-ORTOPEDYCZNEJ  
SZPITALA ŚLĄSKIEGO W CIESZYNIE

\*\*ODDZIAŁ REHABILITACJI  
SZPITALA ŚLĄSKIEGO W CIESZYNIE

## Streszczenie

Przedstawiono 3 przypadki praktycznego zastosowania tworzywa poliamidowo-poliuretanowego Codogard w skomplikowanych urazach kończyn, w celu uniknięcia zespołu przedziałów powięziowych. Zwrócono uwagę na powikłania związane z ciężkimi urazami kończyn oraz możliwości lecznicze. Autorzy opisują nieskomplikowaną i szybką metodę skutecznej, doraźnej interwencji, możliwej do zastosowania w każdym oddziale chirurgicznym.

**Słowa kluczowe:** zespół przedziałów powięziowych, urazy kończyn, Codogard, poliuretan, biomateriały.

# USEFULNESS OF CODOGARD IN THE PREVENTION OF COMPARTMENT SYNDROME

JACEK ŻOŁNOWSKI\*, ANDRZEJ DYSZKIEWICZ\*\*

\*ODDZIAŁ CHIRURGII URAZOWO-ORTOPEDYCZNEJ  
SZPITALA ŚLĄSKIEGO W CIESZYNIE

\*\*ODDZIAŁ REHABILITACJI  
SZPITALA ŚLĄSKIEGO W CIESZYNIE

## Abstract

Three cases of complicated limb injuries are presented, in which the polyamide-polyurethane material Codogard was used in order to avoid the acute compartment syndrome. Attention is drawn to the complications connected with serious limb injuries and possible ways of treatment. The authors describe a simple and quick method of effective immediate intervention, which can be executed in every surgical department.

**Key words:** compartment syndrome, limb injuries, Codogard, polyurethane, biomaterials.

blood elements are close to those of natural rabbit's tooth. The zeta potentials for the unmodified ceramics are significantly different.

## Conclusions

Surface-modified alumina behaves better than its unmodified analogue. N- $\beta$ -aminoethylo- $\gamma$ -amino-propylo-trimethoxy silane makes the implant surface more haemocompatible and increases the surface zeta potential. Evaluation of zeta potential can be a convenient and non-invasive tool in the selection of suitable ceramic implant materials. However, this conclusion requires verification by a larger number of experimental data.

Ciężkie urazy kończyn, zwłaszcza otwarte, sprawiają niezmiernie poważne problemy terapeutyczne wielu oddziałom chirurgicznym. Znajomość możliwych powikłań, pozwala zastosować środki zaradcze. Spośród wielu zagrożeń, na czoło wysuwają się zaburzenia krążenia obwodowego oraz rozwój infekcji, przy czym obydwa te czynniki wykazują wzajemną zależność. Zapewnienie prawidłowego ukrwienia okolicy dotkniętej urazem, jest podstawowym warunkiem dla rekonstrukcji tkanek oraz głównym czynnikiem determinującym przebieg gojenia.

Do jednego z najgroźniejszych zaburzeń ukrwienia kończyn, należy ostry zespół przedziałów powięziowych (ozpp). W 1869 r. Richard von Volkmann opisał przypadki przykurczów mięśniowych w obrębie kończyn górnych, spowodowanych niedokrwieniem [7,9]. Pomimo opisanej w 1911 r. przez Berdenchauera i w 1914r. przez Murphy'ego fascjotomii, dającej możliwości leczenia, przykurcz Volkmana przez wiele dziesiątków lat pozostawał najcięższym, obok utraty kończyny, powikłaniem urazów okolicy ramienia i stawu łokciowego, najczęściej u dzieci i młodzieży [5,7,11].

Mianem zespołu powięziowego, określa się stan, w którym w wyniku zwiększonego ciśnienia w obrębie jakiegoś przedziału anatomicznego kończyny, dochodzi do zaburzeń krążenia krwi oraz następczych zaburzeń unerwienia i czynności mięśni [4,9].

Na wzrost ciśnienia w obrębie przedziałów powięziowych ma wpływ obrzęk mięśni, wywołany zarówno obrażeniami mechanicznymi czy termicznymi, jak i niedokrwieniem spowodowanym uciskiem lub przerwaniem ciągłości naczyń [4,8,11,13]. Wynaczyniona krew dodatkowo powiększa zawartość przedziałów powięziowych.

Częstość występowania ozpp w złamaniach goleni oceniana jest od kilkunastu do nawet 30% [11]. W przypadkach uszkodzeń urazowych naczyń kończyn dolnych, ozpp podudzia, wymagający wykonania fascjotomii stwierdzono w ponad 70% [8]. Objawy ozpp, niezależnie od przyczyny są podobne: narastający ból kończyny, obrzęk, zaburzenia czucia i osłabienie siły mięśniowej [4,8,11]. Najbardziej charakterystycznym a zarazem najwcześniejszym objawem ozpp jest uporczywy ból, nie ustępujący nawet po silnych lekach analgetycznych. Zachowana świadomość chorego znacznie ułatwia rozpoznanie, poprzez niecierpliwe zgłaszanie dolegliwości bólowych a także możliwość oceny czucia i wykonania ruchów czynnych. Skorelowanie powyższych objawów ze stwierdzonym twardym obrzękiem oraz zmianą zabarwienia kończyny, jest wystarczające do podjęcia decyzji o leczeniu odbarczającym [11]. Inaczej przedstawia się sytuacja u chorych nieprzytomnych lub u chorych poddanych długotrwałemu znieczuleniu, u których niezbędne jest zastosowanie obiektywnego pomiaru ciśnienia tkankowego [1,10,11]. Opisano wiele różnorodnych metod pomiaru ciśnienia tkanek w kończynach podejrzanych o rozwój ozpp. Do najczęściej stosowanych należą metody manometryczne opisane przez Whidesidesa, Matse, Mubaraka [1]. Jako wartość progową ciśnienia tkankowego, wymagającego dekompresji, przyjmuje się najczęściej 30 mmHg (dokładna wartość ciśnienia zależy od indywidualnych właściwości reologicznych: gradientu tętniczko-żylnego, oporu naczyniowego i lepkości krwi) [1,5,10,11].

Stosowane dawniej próby leczenia zachowawczego, polegające na ochłodzeniu kończyny, elewacji czy farmakoterapii oraz tzw. "obserwacja kończyn", doprowadzały do poważnych powikłań z utratą kończyny włącznie. Wraz z rozwojem chirurgii naczyniowej, zaczęto dostrzegać korzyści wczesnej dekompresji przedziałów powięziowych, wykonując fascjotomię równocześnie a nawet przed rekonstrukcją naczyń [8,14].

Serious limb injuries, especially compound ones, cause invariably serious therapeutic problems for surgical departments. The knowledge of possible complications enables the application of remedial measures. Among many dangers peripheral circulation disturbances and development of infections take the leading place; both of them being mutually dependent. Maintaining the normal blood supply to the region affected by the injury, is the basic condition for the reconstruction of tissues and the main factor determining the course of healing.

One of the most dangerous disturbances of the limb blood supply is that of acute compartment syndrome. In 1869 Richard von Volkmann described cases of muscular contractures in upper limbs caused by ischaemia [7,9]. Despite fasciotomy, described in 1911 by Berdenchauer and in 1914 by Murphy, which gives some possibilities of treatment, Volkmann's contracture, along with the loss of a limb, have remained the most serious complications in the injuries of arm- and elbow-joint region, especially among children and young people [5,7,11].

The condition, in which an increased pressure in an anatomic compartment of a limb results in blood circulatory disturbances and further nerve supply disturbances, as well as dysfunction of muscles, is called fascial syndrome [4,9]. Myodema has an influence on the pressure rise in fascial compartments and is caused by mechanical or thermal damage as well as ischaemia due to vessel compression or breakage [4,8,11,13]. Extravasated blood additionally enlarges the contents of fascial compartments.

The acute compartment syndrome occurs in up to 30% of shin fractures [11]. In the injuries to lower limb vessels, the acute compartment syndrome in the shank, that required fasciotomy, was affirmed in 70% cases [8]. Signs of acute compartment syndrome, regardless its cause, are similar: increasing pain, swelling, dysaesthesia and decreased muscle power [4,8,11]. Persistent pain, which does not cease even on taking strong analgetic drugs, is the most characteristic and, at the same time, the earliest sign of acute compartment syndrome. Consciousness of the patient makes the diagnosis easier: he impatiently complains of ailments and it is possible to evaluate the sensitivity and performance of active movements. The appearance of the above-mentioned syndromes, as well as the affirmed hard swelling and changed colour of the limb, are sufficient to decide about the decompression treatment [11]. The situation of unconscious patients or patients after a long-lasting anaesthesia is completely different. An objective tissue pressure must be taken in such cases [1,10,11]. Many different methods of taking the tissue pressure in limbs suspected of the acute compartment syndrome have been described. The most often used ones are manometric methods described by Whidesidesa, Matse and Mubaraka [1]. The threshold value of tissue pressure which requires decompression is 30 mmHg (the exact value of the pressure depends on individual rheological properties: arteriovenous gradient, vascular resistance and blood viscosity) [1,5,10,11].

Conservative therapy, which used to be applied, such as: cooling of a limb, elevation or pharmacotherapy and 'observation of a limb', caused serious complications, loss of a limb inclusive. Together with the development of vascular surgery the advantages of early decompression in fascial compartments were noticed and the fasciotomy was carried out simultaneously or even earlier than the reconstruction of vessels [8,14].

Nowadays the immediate execution of extensive fasciotomy is considered to be the only effective way of treat-

Współcześnie uważa się, że jedynym skutecznym leczeniem jest niezwłoczne wykonanie rozległej fascjotomii [4,8,10,11,14]. Istnieje wiele sposobów wykonania fascjotomii w zależności od miejscowych warunków anatomicznych i doświadczenia chirurga. Z punktu widzenia klinicznego w obrębie ramienia, przedramienia, ręki, uda i stopy wyróżnia się po dwa przedziały powięziowe - po stronie zginaczy i po stronie prostowników. Na podudziu rozróżnia się 4 przedziały powięziowe: przedni, boczny, tylny powierzchowny i tylny głęboki [11,15]. Spośród różnego rodzaju fascjotomii, najmniej skuteczną pod względem hemodynamicznym okazała się fascjotomia podskórna a najskuteczniejszą na podudziu - wycięcie kości strzałkowej (fibulektomia) [8]. Wskazania do fascjotomii, najczęściej występują w obrębie podudzia. W przypadkach ozpp po urazach otwartych, należy liczyć się z rozwojem ciężkich, rozległych infekcji. W odbarczeniach ozpp, czynnikiem decydującym o powodzeniu, jest czas upływający od pojawienia się objawów do wykonania fascjotomii oraz jej rozległość. Skuteczność odbarczenia oceniamy po cofnięciu się objawów ozpp. Ranę po fascjotomii pozostawia się na otwarcie, do późniejszego zeszcicia po ustąpieniu obrzęku tkanek lub pokrywa przeszczepem skóry pośredniej grubości [4,8,10]. Niekiedy pokrywa się ranę czasowo środkiem zastępującym skórę np. epigardem [11].

Nie rozpoznany ozpp lub opóźnione wykonanie fascjotomii, jest przyczyną groźnych, najczęściej nieodwracalnych powikłań, od niedowładów nerwów obwodowych, poprzez utrwalone przykurcze mięśniowe, do utraty kończyny włącznie. Należy pamiętać, że do zaburzeń funkcji nerwów dochodzi zaledwie po upływie 30 minut istnienia niedokrwienia, zaś do nieodwracalnych zaburzeń ich czynności, po upływie 12-24 godzin całkowitego niedokrwienia. Zaburzenia czynności mięśni występują po upływie 2-4 godzin niedokrwienia, a zmiany nieodwracalne, już po upływie 4-12 godzin [4,11].

## Opis przypadków

1. Pacjent J.K. lat 50, nr ks. gł. 5025/99, w wyniku wkręcenia prawej kończyny górnej w wał korbowy, doznał otwartego złamania 1/3 dalszej trzonu kości ramiennej II<sup>o</sup> z uszkodzeniem tętnicy ramiennej. Stwierdzono ranę tłuczoną ramienia długości 5 cm oraz cechy stłuczenia skóry w jej okolicy, bez ubytków. Doraźnie, po zrewidowaniu cewnikiem Fogarty'ego i przepłukaniu heparyną, dokonano zespolenia kikutów tętnicy koniec do końca, na poziomie 2cm dogłowowo od trójpodziału. Rewizja nerwów nie wykazała ich uszkodzeń. Następnie po repozycji odłamów kostnych, zespolono je samodociskową płytką A-O.

Z powodu znacznego obrzęku mięśni i niemożności zbliżenia brzegów skóry, dokonano częściowego zeszcicia skóry, a w przestrzeń między oddalonymi brzegami rany, wszyto łatę z Codogardu 15x5cm. Skóra ramienia po zabiegu luźna z wyraźną grą naczyńniową. Łączny czas operacji - 3 godziny. Podwieszenie kończyny operowanej na chustce trójkątnej. Przebieg pooperacyjny niepowikłany. Po 12 dniach od operacji, usunięto Codogard, pokrywając czystą, dobrze ukrwioną ziarninę, przeszczepem skóry pośredniej grubości. W 11 dobie po przeszczepie skóry, wypisano pacjenta z wygojoną raną do leczenia ambulatoryjnego. Dalsze prowadzenie bez unieruchomienia zewnętrznego z wcześniej wdrożoną rehabilitacją. Zrost kostny w ustawieniu anatomicznym oraz powrót funkcji kończyny, bez zaburzeń ukrwienia i unerwienia kończyny, stwierdzono po 4 miesiącach od urazu.

2. Pacjent R.K. lat 22, nr ks. gł. 11347/99, doznał urazu przedramienia prawego szybą drzwiową. Przy przyjęciu do szpitala, stwierdzono dwie poprzeczne rany cięte na powierzchni dłoniowej przedramienia: na wysokości 1/3 dal-

ment [4,8,10,11,14]. There are many ways of executing the fasciotomy; the method depends on local anatomic conditions and the surgeon's experience. From the clinical point of view in arm, forearm, hand, thigh and foot regions there are two fascial compartments: on the flexor and on the extensor muscle side. In the shank there are four fascial compartments: anterior, lateral, posterior superficial and posterior deep [11,15]. Among different kinds of fasciotomy the least effective haemodynamically was the subcutaneous fasciotomy, and the most effective one - in the shank: cutting out the calf bone (fibulaectomy) [8]. Indications for fasciotomy appear most often in the shank region. In the cases of acute compartment syndrome the development of serious and extensive infections should be taken into account. In decompressions of acute compartment syndrome the effectiveness depends on time between the occurrence of symptoms and the execution of fasciotomy and on its extent. The effectiveness of decompression is judged after the subsidence of symptoms of the acute compartment syndrome. The fasciotomy wound is left gaping to be sutured later, when the tissue is no longer swollen, or to be covered by skin graft of mean thickness [4,8,10]. Sometimes the wound is temporarily covered by a substitute material e.g. epigard [11].

Unrecognised acute compartment syndrome or fasciotomy executed too late, may cause dangerous and, most often, irreversible complications such as peripheral nerves paresis, persistent muscular contractions or loss of a limb. It should be remembered that some disturbances of nerve functioning occur after only 30 minutes of ischaemia and the irreversible disturbances - after 12-24 hours of complete ischaemia. Disturbances of muscle functioning occur after 2-4 hours of ischaemia and the irreversible changes - after only 4-12 hours [4,11].

## Description of individual cases

1. Patient J.K. 50 years old, no. 5025/99, as a result of putting his right upper limb in a crankshaft, sustained a compound fracture in the lower 1/3 of the shaft of the humeral bone (II<sup>o</sup>) together with brachial artery damage. A contused, 5-cm long, arm injury and features of skin contusion around it, without defects, were affirmed. Directly on verification by means of Fogarty's catheter and rinsing with heparin, the end-to-end stump anastomosis was executed. Control of the nerves did not indicate any damage. Then, after repositioning, the fragments of fractured bone were joined by means of the autocompressive plate A-O. Because of massive myodema and impossibility of bringing the skin edges closer, partial skin suture was executed and a patch of Codogard (15x5cm) was sutured into the space between the wound edges. The skin on the arm was loose and vascular functions were clearly visible after the operation. Duration of the whole surgical procedure: 3 hours. Suspension of the limb with a triangular bandage. Postoperative course uncomplicated. Twelve days after the operation the Codogard was removed and clean, granulation tissue well supplied with blood, was covered with skin graft of mean thickness. On the eleventh day after the suturing of skin graft, the patient with the healed-up wound was released for ambulatory treatment. Further management without external immobilisation and with early rehabilitation. Union of the fractured bone in anatomic position and return of limb functions, without disturbances in blood or nerve supply, were affirmed 4 months after the injury.

2. Patient R.K. 22 years old, no. 11347/99, suffered from injury to his right forearm caused by a door pane. On admission to hospital two transverse incised wounds were af-

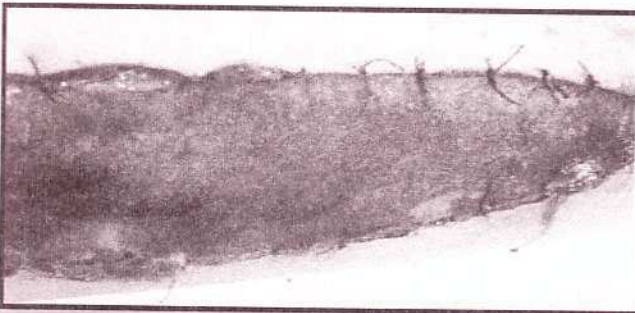
szej, rana długości 10cm i na poziomie nadgarstka rana długości 8 cm. W wyniku zranienia, doszło do całkowitego przecięcia ścięgien powierzchownego i głębokiego zginacza palców od II do V, ścięgna długiego zginacza kciuka, ścięgna promieniowego zginacza nadgarstka, tętnicy promieniowej oraz dwupoziomowego przecięcia nerwu pośrodkowego w odstępnie 3 cm. Po udrożeniu kikutów tętnicy promieniowej cewnikiem Fogaty'ego i przepłukaniu heparyną, wykonano zespolenie tętnicy koniec do końca. Następnie zespolono zmodyfikowanym szwem Kesslera, końce wszystkich przeciętych ścięgien z wyjątkiem promieniowego zginacza nadgarstka i mięśnia dłoniowego długiego. Kikuty nerwu pośrodkowego zespolono szwami epineuralnymi na obu poziomach uszkodzenia. Próba doraźnego zeszczenia ran skóry, nie powiodła się z powodu znacznego obrzęku w obrębie przedramienia. Zdecydowano się na zamknięcie rany częściowo szwami węzłkowymi a oddalone brzegi skóry połączono poprzez wszycie łaty z Codogardu o wymiarach 5x3 cm. Czas trwania zabiegu 3,5 godziny. Po zabiegu skóra w obrębie przedramienia luźna, różowa z żywą grą naczyniową. Złożono szynę gipsową przedramienną. Przebieg pooperacyjny niepowikłany, codzienna zmiana opatrunku z nasączeniem Codogardu środkiem antyseptycznym (Dodosept). Po 7 dniach leczenia szpitalnego, pacjent wypisany bez dolegliwości do dalszego leczenia ambulatoryjnego.

Po 15 dniach od operacji, przyjęty ponownie do szpitala. W znieczuleniu miejscowym, nasiętkowym, usunięto Codogard. Stwierdzono czystą, dobrze ukrwioną ziarninę. Okolica dotknięta urazem bez obrzęku. Po mobilizacji brzożógów, dokonano wtórnego zeszczenia rany. Po kolejnych 14 dniach nastąpiło wygojenie rany. Szynę gipsową usunięto po 6 tygodniach od urazu, wdrażając leczenie usprawniające. Po 3 miesiącach uzyskano powrót pełnej funkcji ruchowej ręki prawej. Z powodu utrzymującego się zaburzenia czucia, skierowano pacjenta do kliniki urazowej w celu wykonania zabiegu rekonstrukcyjnego nerwu pośrodkowego.

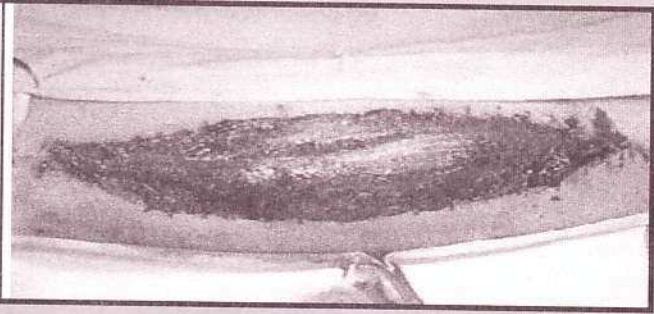
3. Pacjentka A.G. lat 18 nr ks. gł. 3691/00, w wyniku potrącenia przez samochód, doznała otwartego, wieloodłamowego złamania I0 trzonu kości udowej prawej w 1/3 dalszej z uszkodzeniem tętnicy i żyły udowej. Dokonano zespolenia złamania kości udowej stabilizatorem Zespol a następnie wykonano zespolenie żyły udowej koniec do końca oraz wycięcia kilkucentymetrowego odcinka stłuczonej tętnicy udowej. Z użyciem wstawki żyły odpiszczelowej, zrekonstruowano tętnicę, przywracając krążenie w uszkodzonej kończynie. Z powodu dużych trudności w zamknięciu rany operacyjnej, wywołanych masywnym obrzękiem mięśni, wszyto między oddalone brzegi rany, łatę z Codogardu o rozmiarach 25x5cm. Czas trwania operacji 4 godziny. W przebiegu pooperacyjnym, wystąpiła niewielka martwica opuszki palucha oraz niedowład nerwu strzałkowego. Codziennie zmieniano opatrunki, nasączać Codogard płynem dezynfekcyjnym (Dodosept), (RYS. 1). Po 18 dniach leczenia uzyskano znaczne ustąpienie obrzęku uda prawego co pozwoliło usunąć Codogard. Stwierdzono czystą, dobrze ukrwioną ziarninę (RYS. 2). Dokonano zamknięcia rany, zeszywając jej brzegi bez trudności (RYS. 3). Wygojenie tak zeszytej rany uda, nastąpiło po 14 dniach z pozostawieniem liniowej blizny pooperacyjnej (RYS. 4). Wypisano pacjentkę bez unieruchomienia zewnętrznego, do dalszego leczenia ambulatoryjnego. Po 7 tygodniach od operacji, nastąpiła destabilizacja zespolenia. Unieruchomiono prawą kończynę dolną w gipsie stopowo-biodrowym na dalsze 4 tygodnie, uzyskując zrost. Poprzez intensywną rehabilitację w ciągu kolejnych 6 miesięcy, nastąpił powrót funkcji prawej kończyny dolnej z wyjątkiem utrzymującego się porażenia nerwu strzałkowego.

firmed on the palmar surface - on the lower 1/3 a wound of 10 cm and on the wrist level - a wound of 8 cm. The affirmed injuries comprised the tenotomies of: superficial flexor muscle of fingers, deep flexor muscle of fingers II to V, long flexor muscle of thumb, radial flexor muscle of wrist, as well as the arteriotomy of radial artery and the neurotomy of median nerve at two levels, distant by 3 cm. After restoring radial artery patency by means of Fogarty's catheter and rinsing with heparin, end-to-end anastomosis was executed. Then the ends of all the cut tendons, except radial flexor of wrist and long palmar muscle, were joined by modified Kessler's suture. Median nerve stumps were joined at both injured levels by epineural suture. An effort to suture the skin wounds immediately failed because of considerable swelling in the arm region. It was decided that the wound would be partially closed by noose suture and the remote edges joined by means of a Codogard patch (5x3 cm). Duration of the whole operation procedure - 3,5 hours. The skin in the arm region was loose and pink, vascular functions were clearly visible after the operation. Forearm splint plaster was put on. Postoperative course was uncomplicated, dressing was changed every day and the Codogard patch was soaked with antiseptic liquid (Dodosept). After seven days of hospital treatment, the patient was released for further ambulatory treatment. Fifteen days after the operation he was admitted to hospital again. Under local infiltration anaesthesia, the Codogard patch was removed and clean, granulation tissue well supplied with blood was affirmed. The region affected by the injury did not show any swelling. After the mobilisation of wound edges, secondary suture was performed. Fourteen days later the wound was healed-up. The splint plaster was removed 6 weeks after the injury and rehabilitation treatment was introduced. After three months, all motor functions of the right hand returned. Because of remaining dysaesthesia, the patient was referred to hospital for a reconstructive operation on the median nerve.

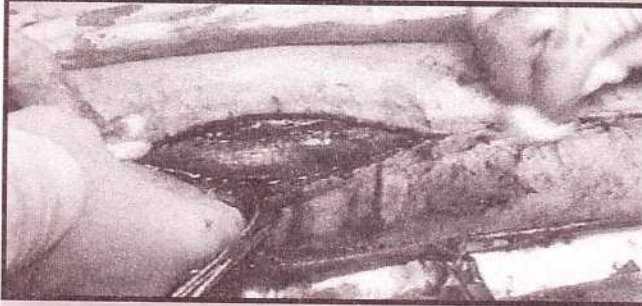
3. Patient A.G. 18 years old no. 3691/00, as a result of being run down by a car suffered from an open comminuted fracture (I0) of the shaft of the thigh bone in the lower 1/3 together with damage to the femoral artery and femoral vein. The fractured thighbone was put together by means of a Zespol stabiliser and then the end-to-end anastomosis of the femoral vein was created. The arterectomy of the contused segment of the femoral artery was executed. The circulation in the injured limb was restored by reconstruction of the artery by means of an intermediate lamella of the saphenous vein. Because of serious difficulties in closing the surgical wound, caused by massive myodema, a patch of Codogard was sutured (25x5cm) between the remote edges of the wound. The duration of the whole operating procedure - 4 hours. During the postoperative course a minor necrosis in the pulp of the hallux and paresis of peroneal nerve occurred. The dressing was changed every day and the Codogard was soaked with antiseptic liquid (Dodosept), (FIG. 1). After eighteen days of treatment the right thigh swelling reduced considerably and removal of the Codogard was possible. Clean, granulation tissue well supplied with blood, was affirmed (FIG. 2). The wound edges were sutured without any difficulties (FIG. 3). Healing of the sutured wound took fourteen days and left a line-shaped postoperative scar (FIG. 4). The patient was released without outside immobilisation for further ambulatory treatment. Seven weeks after the operation destabilisation of the connection occurred. The right lower limb was immobilised in plaster for next four weeks and the union of fractured bone was obtained. By means of intensive rehabilitation during the next six months the functions of the right lower limb returned, except continuing peroneal nerve paralysis.



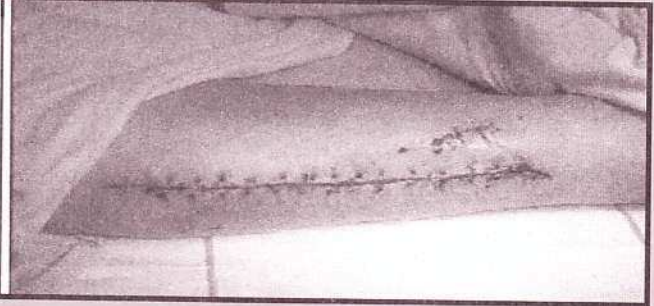
RYS. 1. Rana uda pokryta Codogardem (18 doba).  
FIG. 1. The thigh wound covered with Codogard (18 day).



RYS. 2. Rana uda po usunięciu Codogardu (18 doba).  
FIG. 2. The thigh wound after extraction of Codogard (18 day).



RYS. 3. Zamykanie rany uda szwami wtórnymi (po usunięciu Codogardu).  
FIG. 3. Closing of the thigh wound with secondary sutures after the Codogard extraction.



RYS. 4. 14 doba po wtórnym zeszytciu rany uda.  
FIG. 4. The thigh wound appearance 14 days after laying secondary sutures.

## Omówienie

W przedstawionych przypadkach skomplikowanych urazów kończyn, obok problemu rekonstrukcji naczyń, ścięgien czy kości, wystąpił istotny problem zamknięcia ran. Należy zwrócić uwagę, że w żadnym z tych przypadków nie było pierwotnych ubytków skóry a niemożność zamknięcia rany wynikała z obrzęku tkanek. W zamkniętych urazach, to właśnie obrzęk stłuczonych czy niedokrwionych tkanek jest w stanie wywołać ozpp, co zmusza do wykonania cięć odbarczających (fascjotomii). Z doświadczeń chirurgów naczyniowych wynika jednoznacznie, że w ozpp spowodowanych urazami kończyn, ze współistniejącymi uszkodzeniami naczyniowymi, najlepsze wyniki daje fascjotomia wykonana jednocześnie z rekonstrukcją naczyń (doraźne rozcięcie powięzi, prawie dwukrotnie częściej pozwoliło uratować kończynę) [8,14,15]. W urazach otwartych, lub zamkniętych leczonych operacyjnie, "fascjotomia" jest dokonana w chwili zranienia albo cięcia chirurgicznego. Wynika stąd konieczność pozostawienia rany rozwartej w celu zapobieżenia ozpp.

Obawa przed zakażeniem rany, skłania wielu chirurgów do usiłowania jej zamknięcia za wszelką cenę. Próbuje się zamykać ranę szwami, przy czym w tych razach nie udaje się zeszyć rany warstwowo, zwłaszcza powięzi. Pozostaje więc wentyl bezpieczeństwa w postaci zluźnionej (nie zeszytej) powięzi. Jednakże wynikające z obrzęku naprężenie, przenosi się na skórę i tkankę podskórną, zaciskając sploty naczyniowe skórno-podskórne. Zeszywając zatem jedynie skórę, można uniknąć ciasnoty przedziałów powięziowych lecz nie unika się zmian martwiczych (niedokrwienych) skóry, wiodących do powikłań infekcyjnych [2,3]. Problem rezygnacji z zamykania ran "pod napięciem", jest szeroko omawiany w pracach dotyczących leczenia złamań otwartych [2,3,6,12,16].

Jednym z najczęściej stosowanych sposobów zamykania ran w ubytkach skóry - jest doraźne pokrywanie ich wolnymi przeszczepami pośredniej grubości. W opisywanych przez nas przypadkach nie mieliśmy do czynienia z

## Discussion

In the described cases of the complicated limb injuries, alongside the problems of reconstruction of vessels, tendons or bones, the crucial problem of wound closing occurred. Attention should be drawn to the fact that in none of the cases described the skin was defected and the impossibility of closing the wound was caused by tissue swelling. In simple injuries it is the swelling of tissues, contused or afflicted with ischaemia, that may cause acute compartment syndrome, requiring the execution of decompression cuts (fasciotomy). Vascular surgeons experience proves that in acute compartment syndrome, caused by limb injury connected with damage to vessels, the best results are received when fasciotomy is performed together with the reconstruction of vessels (immediate cut in the fascia enabled saving twice as many limbs) [8,14,15]. In open fractures or simple injuries treated by operation, the fasciotomy occurs when the injury is received or when the surgical cut is performed. Because of that, it is necessary to leave the wound gaping to prevent the acute compartment syndrome.

Fear of infecting the wound makes that many surgeons try to close it at all costs. They make attempts to suture the wound but in such cases it is impossible to close the wound, especially the fascia, in layers. A 'safety valve' is left in a form of loose (not sutured) fascia. But tension resulting from swelling is transferred onto skin and subcutaneous tissue and constricts cutaneous-subcutaneous vascular plexuses. By suturing the skin only, the lack of space in fascial compartments may be avoided but not the necrosis changes (ischaemia) of the skin, which may cause infections [2,3]. The problem of refraining from closing wounds 'under tension' is widely discussed in papers dealing with the compound fractures treatment [2,3,6,12,16].

One of the most often applied methods to close wounds, when defect of skin occurs, is immediate coverage with free grafts of mean thickness. In the cases described we did not

ubytkami skóry a jedynie oddaleniem brzegów rany spowodowanych obrzękiem, dlatego też w zapobieganiu ozpp, po leczeniu operacyjnym uszkodzonych tkanek a także po wykonanych fascjotomiach, zastosowanie Codogardu uważamy za bardziej uzasadnione niż stosowanie przeszczepów skóry.

Codogard jest biomateriałem składającym się z gąbki poliuretanowej połączonej z dzianiną poliamidową, stosowany od wielu lat, głównie w oparzeniach i trudno gojących się ranach.

Po odwzorowaniu kształtu rany, wycięty płat Codogardu przykładaliśmy warstwą poliuretanową do rany, przyszywając jego brzegi do brzegów rany. Codziennie przy zmianie opatrunku smarowaliśmy warstwę poliamidową środkiem antyseptycznym. Wszyty Codogard stanowi opatrunek chroniący ranę przed wysychaniem i infekcją z zewnątrz.

W przedstawionych przypadkach nie stwierdziliśmy żadnych objawów infekcji lub nietolerancji użytego biomateriału. Zmiany opatrunków są niebolesne dla pacjenta w odróżnieniu od prowadzenia rany "na otwarty". Po ustąpieniu obrzęku, średnio po kilkunastu dniach, usuwa się Codogard. Czysta, dobrze ukrwiona rana nadaje się do wtórnego zeszywania. W przypadku małej mobilności skóry, można ranę wtórnie pokryć przeszczepem skóry pośredniej grubości. Gojenie rany zeszytej wtórnie, następuje bez zaburzeń z pozostawieniem liniowej blizny. Przeszczepy skóry natomiast, wgajają się w całości pozostawiając szeroką bliznę oraz dodatkowo bliznę w miejscu biorczym.

## Wnioski

1. Zamknięcie rany Codogardem w przypadkach urazów kończyn, powikłanych urazem naczyń, stwarza dogodne warunki jej gojenia, zapobiegając jednocześnie wystąpieniu ostrego zespołu przedziałów powięziowych.
2. Codogard w sposób dostateczny chroni rany przed infekcją, pozwalając na odroczone ich zamknięcie w optymalnym czasie.
3. W przedstawionych przypadkach nie stwierdzono powikłań lub nietolerancji po stosowaniu Codogardu.
4. Codogard jest cennym biomateriałem, powszechnie dostępnym, możliwym do zastosowania w każdym oddziale chirurgicznym.

## Piśmiennictwo

- [1] Berezowski K., Kozakiewicz E., Tokarowski A.: W sprawie etiopatogenezy, diagnostyki i leczenia zespołów ciasnoty kanałów powięziowych. *Ann. Acad. Med. Siles.*, 18-19, (1989), 133-137.
- [2] Bielawski J., Kwapisiewicz S., Kowal R.: W sprawie leczenia otwartych złamań goleni z rozległymi obrażeniami tkanek miękkich. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 47, (1982), 257-261.
- [3] Bielawski J.: Profilaktyka i leczenie pourazowego zapalenia kości. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 47, (1982), 437-441.
- [4] Dziak A.: Rozpoznawanie i leczenie zespołów przedziałów powięziowych w obrębie kończyny dolnej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 47, (1982), 13-18.
- [5] Dziak A.: Zespoły ciasnoty przedziałów powięziowych w obrębie kończyny górnej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 50, (1985), 1-4.
- [6] Garlicki M.: *Chirurgia urazowa*. PZWL, Warszawa, 1968.
- [7] Koszła M.M.: *Złamania i zwicnięcia u dzieci*. PZWL, Warszawa, 1986.
- [8] Motyka M., Majewski E., Gubała M.: Znaczenie wczesnej dekompresji goleni w leczeniu urazów naczyń podkolanowych. *Pol. Przegl. Chir.*, 64, (1992), 799-806.

encounter any defect of skin but only a distance between skin edges caused by swelling. Because of that, we consider the application of Codogard more justified than skin grafts, in the prevention of acute compartment syndrome after operation procedures on the injured tissues.

Codogard is a biomaterial, which consists of polyurethane sponge and polyamide fabric. It has been used for many years especially in cases of burned skin and wounds difficult to heal.

The patch of Codogard, with the shape matching that of the wound, was cut out and put on the wound, polyurethane side down, and its edges were sutured to the edges of the wound. Every day, on changing the dressing, antiseptic liquid was applied to the polyamide side of Codogard. The sutured Codogard patch constitutes a dressing, which protects the wound against xerosis and infection from the outside.

In the cases described, there were no symptoms of infection or intolerance against the biomaterial used. The changes of dressing are painless to the patient as opposed to 'gaping wound'. When the swelling ceased, after a dozen days or so on average, the Codogard was removed. The clean wound well supplied with blood could be sutured again. The healing of such a wound takes place without any disturbances and leaves a line-shaped scar. In the cases of low skin mobility the wound may be secondarily covered by a skin graft of mean thickness but the whole graft heals in and leaves a wide scar and an additional scar in the donor site.

## Conclusions

1. Closing the injury with Codogard, in cases of limb injury complicated by vessel injury, creates good conditions for healing and, at the same time, prevents acute compartment syndrome.
2. Codogard protects the wound against infection sufficiently and allows it to be closed later, when it is advantageous for the patient.
3. In the cases described no complication or intolerance was observed on using Codogard.
4. Codogard is a valuable biomaterial widely accessible and can be used in every surgical department.

## References

- [9] Oestern H. J.: Kompartment syndrom. Definition, Etiologie, Pathophysiologie. *Unfallchirurgie*, 94, (1991), 210.
- [10] Ovre S., Hvaal K., Holm I., Stromsoe K., Nordsletten L., Skjeldal S.: Compartment pressure in nailed tibial fractures. A threshold of 30 mmHg for decompression gives 29% fasciotomies. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.*, 118, (1998), 29-31.
- [11] Piotrowski W.: Współczesne poglądy na patogenezę i leczenie ostrego zespołu przedziałów powięziowych. *Pol. Przegl. Chir.*, 71, (1999), 535-545.
- [12] Ramotowski W.: Uszkodzenia goleni. W: *Traumatologia narządu ruchu*, red. Tylman D., Dziak A., t.II, PZWL, Warszawa, 1996.
- [13] Wong L., Spence R. J.: Escharotomy and fasciotomy of the burned upper extremity. *Hand Clin.*, 16, (2000), 165-174. *Prace medyczne*, PWN, Warszawa-Wrocław, 1981.
- [14] Zapalski S., Chęciński P., Dyszkiewicz W.: Znaczenie fascjotomii w leczeniu ostrego niedokrwienia kończyn. *Pol. Przegl. Chir.*, 56, (1984), 419-422.