



# Application of negative pressure wound management in the treatment of burn and difficult wounds

## Zastosowanie ujemnego ciśnienia atmosferycznego w leczeniu oparzeniowych i trudno gojących się ran

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 3 (11) 2008

Original article/Artykuł oryginalny

AGNIESZKA MIERZEWSKA-CISOWSKA<sup>1</sup>, MAREK KAWECKI<sup>1</sup>, MARIUSZ NOWAK<sup>1</sup>, JUSTYNA GLIK<sup>1</sup>, BOGUSŁAW PODLEWSKI<sup>1</sup>, ALEKSANDER SIEROŃ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich  
Dyrektor: lek. med. Mariusz Nowak

<sup>2</sup> Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego  
Kierownik: Prof. dr hab. n. med. Aleksander Sieroń

Address for correspondence/Adres do korespondencji:

Agnieszka Mierzevska-Cisowska

Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich

ul. Jana Pawła II 2, 41-100 Siemianowice Śląskie, Poland

tel. + 48 32 229 20 00, fax +48 32 228 82 20; e-mail: clo@clo.com.pl

### Statistic/Statystyka

Word count/Liczba słów 2128/1588

Tables/Tabele 2

Figures/Ryciny 17

References/Piśmiennictwo 21

Received: 28.04.2008

Accepted: 21.05.2008

Published: 10.07.2008

### Summary

*Background.* In patients with defined type of burn wounds locally applied negative pressure is the method of choice in these wounds treatment.

*Material and methods.* The condition under which this method is successful is to ensure appropriate local treatment of the wound bed, followed by permanent maintaining of the negative pressure within given wound. The study was based on applying of the computer controlled system generating negative pressure in the wound. It was conducted in the group of 31 patients with burn wounds of the alternative/defined current origin, after thermic-crushed trauma and in the selected types of infected wounds.

*Results.* The results suggest that such a system implementation have essential impact on wound healing in pre-selected cases.

**Keywords:** Topical Negative Pressure, burn wounds

### Streszczenie

*Wstęp.* U chorych z wybranym typem ran oparzeniowych miejscowe stosowanie ujemnego ciśnienia atmosferycznego jest metodą z wyboru.

*Materiał i metody.* Warunkiem powodzenia tej metody jest zapewnienie prawidłowego pierwotnego opracowania rany, a następnie - utrzymanie ujemnego ciśnienia w jej obrębie w trakcie trwania procesu leczenia. We wszystkich przypadkach u chorych zastosowano pompę wytwarzającą ujemne ciśnienie atmosferyczne kontrolowane komputerowo. Badaniem objęto 31 chorych z ranami po oparzeniu elektrycznym, urazie termiczno-zmiażdżeniowym oraz z ranami zakażonymi.

*Rezultaty.* Uzyskane wyniki sugerują, że włączenie pompy generującej ujemne ciśnienie ma istotny wpływ na poprawę procesu gojenia się ran w wybranych przypadkach.

**Słowa kluczowe:** miejscowa terapia podciśnieniem (MTP), rany oparzeniowe

## INTRODUCTION

Despite of huge progress that took place in contemporary antibiotic therapy, still local surgical treatment of infected wound is crucial for obtaining its full healing. Nevertheless, how it has been proved, even complete removal of necrotic tissues together with local treatment of the infection is not effective in all cases and it not always leads to wounds' healing.

These observations made to search alternative methods of proceeding with wounds. One of them is creation of environment of negative pressure in the wound. Negative pressure is produced by computer-controlled partial vacuum pump.

The method of local underpressure treatment (LUT) was a subject of studies, carried out for many years in various centres, concerning treatment of acute and chronic infected and/or complicated wounds of various origins, including burn wounds. First scientific papers about that topic come from before 30 years [1,2]. The method consists in production in a wound constant pressure, lower than atmospheric one and in isolation the wound from external environment. In case of acute wounds it leads to protect the place of injury against external infection, in case of chronic wounds – it limits infection of the wound and accelerates its healing [3]. It also enables to drain of the exudate that accumulates in the wound with simultaneous assurance of optimal humidity of the wound's environment [3, 4, 5].

First reports concerning usage of subatmospheric pressure in the wounds' therapy occurred in 1983 [1,2]. At that time the treatment of so called "open abdomen" with use of wet dressing with assistance of partial vacuum pump, what aimed at preparation to deferred surgical procedure (elimination of oedema, limitation of infection threat) was described. Chariker i Jeter published original paper proving crucial signification of closed suction drainage in the therapy of enterocutaneous fistulas complicating wounds of abdominal integuments. Turning point consisted in tight closure of the area of the wound and fistula to peritoneum and in creation of a barrier between them and the external environment [6]. In 1995 results of studies on usage of wound's drainage with polyvinyl sponge (with micropores) were published [7]. In 1997 Louis Argenta and Michael Morykwas [8, 9, 10] described usage of polyurethane sponge of big, open pores in surgery, what enabled more effective drainage of the exudate from a wound.

From that time, local underpressure treatment of wounds become a method arousing bigger and bigger interest, wider and wider used and improved with lapse of time and gaining new experiences.

There are few ways of local usage of partial vacuum in the treatment of wounds. The following ones belong to them:

- the technique of Vacuum Assisted Closure (VAC) with usage of foam dressings
- the technique of Kreml, where the wound is protected with stiff and convex dressing

## WSTĘP

Mimo ogromnego postępu, jaki dokonał się we współczesnej antybiotykoterapii, w dalszym ciągu miejscowe chirurgiczne leczenie rany zakażonej jest decydujące dla uzyskania jej pełnego zagojenia. Niemniej, jak udowodniono, nawet całkowite usunięcie tkanek martwiczych połączone z miejscowym leczeniem zakażenia nie są skuteczne we wszystkich przypadkach i nie zawsze prowadzą do wygojenia ran.

Takie obserwacje skłoniły do poszukiwania alternatywnych metod postępowania z ranami. Jedną z nich jest stworzenie środowiska ujemnego ciśnienia w ranie. Ujemne ciśnienie wytwarzane jest przez pompę podciśnieniową sterowaną komputerowo.

Metoda miejscowej terapii podciśnieniem (MTP) jest przedmiotem badań prowadzonych od wielu lat w różnych ośrodkach w leczeniu ostrych i przewlekłych zakażonych i/lub powikłanych ran różnego pochodzenia, w tym ran oparzeniowych. Pierwsze opracowania naukowe dotyczące tego przedmiotu pochodzą sprzed 30 lat [1,2]. Metoda polega na wytworzeniu w obrębie rany stałego ciśnienia, niższego niż atmosferyczne oraz na izolacji rany od środowiska zewnętrznego. W przypadku ran ostrych prowadzi to do zabezpieczenia miejsca urazu przed zakażeniem zewnątrzpochodnym, w przypadku ran przewlekłych – ogranicza infekcję rany oraz przyspiesza jej gojenie [3]. Umożliwia również odprowadzenie wysięku gromadzącego się w obrębie rany przy jednoczesnym zapewnieniu optymalnej wilgotności środowiska rany [3, 4, 5].

Pierwsze doniesienia dotyczące zastosowania podciśnienia w leczeniu ran pojawiły się w 1983 roku [1,2]. Opisano wtedy leczenie tzw. „otwartego brzucha” przy wykorzystaniu wilgotnych opatrunków ze wspomaganie pompą podciśnieniową, co miało na celu przygotowanie do odroczonego zabiegu operacyjnego (likwidacja obrzęku, ograniczenie zagrożenia infekcją). Chariker i Jeter opublikowali oryginalną pracę, udowadniając przełomowe znaczenie zamkniętego drenażu ssącego w leczeniu przetok skórno-jelitowych wklajających rany powłok jamy brzusznej. Przełom polegał na szczelnym zamknięciu okolicy rany i przetoki do otrzewnej oraz na stworzeniu bariery między nimi a środowiskiem zewnętrznym [6]. W roku 1995 opublikowano wyniki badań zastosowania drenażu rany za pomocą gąbki poliwinylowej (z mikroporami) [7]. W roku 1997 Louis Argenta i Michael Morykwas [8, 9, 10] opisali zastosowanie w chirurgii gąbki poliuretanowej o dużych, otwartych porach, co umożliwiło skuteczniejszy drenaż wysięku z rany.

Od tej pory miejscowe leczenie ran podciśnieniem stało się metodą wzbudzającą coraz większe zainteresowanie, coraz szerzej stosowaną oraz udoskonalaną w miarę upływu czasu i zdobywania nowych doświadczeń.

Istnieje kilka sposobów miejscowego zastosowania podciśnienia w leczeniu ran. Należą do nich:

- technika Vacuum Assisted Closure (VAC) z wykorzystaniem opatrunków piankowych

- the technique of Miller – modification of Kreml's technique, in which dressings are softer and more elastic, easier to shape them
- the technique of Chariker – Jeter, in which a single layer of non-adherent gauze is placed on the wound, then silicone drain and then successive layer of gauze are put on it and the wholeness is sealed up with transparent, semipermeable dressing.

## AIM OF THE PAPER

The aim of the paper is an evaluation of usage of the pump producing computer-controlled negative atmospheric pressure in the treatment of burn wounds and chosen cases of difficult healing wounds of other origins, including infected ones.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out on the group of 31 patients at age from 21 to 83 (average age: 56) treated in the Centre of Burns Treatment in Siemianowice Śląskie in 2005 – 2008 because of electric burns, crash and thermal injuries of extremities, infected wounds of small area and Fournier gangrene. There were 5 women and 26 men in the examined group, and in that group 6 patients were with electric burns, 6 with crush and thermal injuries, 4 with Fournier gangrene, 4 with infection of tissues in the process of diabetic foot and 11 with infected wounds of other origins. In case of 2 patients local therapy with subatmospheric pressure was used on infected wounds of stumps after amputation of thigh in the course of chronic ischaemia of lower extremities, in 1 – on infected wound after endoprosthesis of the right knee joint and removal of the right patella. One of the patients has been admitted from another hospital after local underpressure treatment with polyurethane sponge deeply grown into a wound. In the examined group there was also a patient after gynaecological operation with abdominal dropsy and extensive necrosis of abdominal integument reaching for transversal fascia with microfistulas to the peritoneum. Before local use of negative atmospheric pressure all patients underwent surgical debridement of wounds by excision of necrotic tissues to assure homeostasis.

Table 1 presents the analysis of the group of patients with taking into consideration the reason of the treatment in the system of local underpressure therapy and the number of patients in the given group.

Two types of devices producing negative atmospheric pressure are used in the Centre of Burns Treatment in Siemianowice Śląskie.

One of them is equipped with polypropylene drain with a head of a diameter of 25-30 mm. In the last stage of surgical procedure the wound is precisely covered with sterile polyurethane or polyvinyl sponge. Then, a suction head is placed on the sponge. Micropore polyvinyl sponge is white and macropore polyurethane sponge is blacks to facilitate distinguishing them. The vicinity of the wound is then sealed with foil and connected with a drain to the

- technika Kremla, gdzie rana zabezpieczona jest opatrunkiem sztywnym i wypukłym
- technika Millera – modyfikująca technikę Kremla, w której opatrunki są bardziej miękkie i elastyczne, łatwiejsze do ukształtowania
- technika Charikera – Jeter, w której na ranę nakłada się pojedynczą warstwę nieprzywierającej gazy, następnie silikonowy dren, po czym kolejną warstwę gazy a całość uszczelnia się przezroczystym, pół-przepuszczalnym opatrunkiem.

## CEL PRACY

Celem pracy jest ocena zastosowania pompy wytwarzającej ujemne ciśnienie atmosferyczne kontrolowane komputerowo w leczeniu ran oparzeniowych i wybranych przypadków trudno gojących się ran innego pochodzenia, w tym zakażonych.

## METODY I MATERIAŁY

Badanie przeprowadzono na grupie 31 pacjentów w wieku od 21 do 83 lat (średnio 56 lat) leczonych w Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich w latach 2005 – 2008 z powodu oparzeń prądem elektrycznym, urazów zmiżdżeniowo – oparzeniowych kończyn, zakażonych ran o niewielkiej powierzchni oraz w zespole Fourniera. W grupie badanej było 5 kobiet oraz 26 mężczyzn, w tym 6 pacjentów z oparzeniem prądem elektrycznym, 6 z urazami zmiżdżeniowo – oparzeniowymi, 4 ze zgorzelą Fourniera, 4 z zakażeniem tkanek w przebiegu stopy cukrzycowej i 11 z ranami zakażonymi o innym pochodzeniu. U 2 chorych miejscowa terapia podciśnieniem została zastosowana na zakażone rany kikutów po uprzednio wykonanej amputacji uda w przebiegu przewlekłego niedokrwienia kończyn dolnych, u 1 – na zakażoną ranę po endoprotezie prawego stawu kolanowego i usunięciu prawej rzepki. Jeden z pacjentów został przyjęty z innego szpitala po miejscowym leczeniu podciśnieniem, z gąbką poliuretanową głęboko wrosniętą w ranę. W grupie badanej była także chora po operacji ginekologicznej, z puchliną brzuszną i rozległą martwicą powłok brzusznych sięgającą do powięzi poprzecznej z mikroprzetokami do jamy otrzewnej. Przed miejscowym zastosowaniem ujemnego ciśnienia atmosferycznego u wszystkich pacjentów opracowano chirurgicznie rany, wycinając martwicę i zapewniając hemostazę.

Tabela 1 przedstawia rozbiór grupy pacjentów z uwzględnieniem przyczyny leczenia w systemie miejscowej terapii podciśnieniem i liczby pacjentów w danej grupie.

W Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich stosujemy dwa różne typy urządzeń wytwarzających ujemne ciśnienie atmosferyczne.

Jedno z nich jest wyposażone w polipropylenowy dren z głowicą o średnicy 25-30 mm. W ostatnim etapie zabiegu chirurgicznego opracowania rana pokrywana jest dokładnie porowatą sterylną gąbką poliuretanową lub

suction pump. The suction pump of that type can produce negative atmospheric pressure in the range from – 50 to –200 mm of the column of mercury – according to indications. Important for the procedure is maintaining the negative pressure within the wound, what is assured by foil tightly adhering to healthy skin in the vicinity of the wound.

poliwinylową. Następnie na gąbkę nakładana jest głowica ssąca. W celu ułatwienia rozróżnienia – mikroporowata gąbka poliwinylowa jest biała, makroporowata poliuretanowa – czarna. Okolice rany jest następnie uszczelniana folią i podłączana drenem do pompy ssącej. Pompa ssąca tego typu może wytworzyć podciśnienie w przedziale od -50 do –200 mm słupa rtęci – według wska-

**Tab. 1.** Analysis of the group of patients treated with local underpressure treatment

Initial cause		Number of patients in the group	Number of men in the group	Number of women in the group
Electric burns		6	5	1
Thermal and crash injuries		6	5	1
Infected wounds:	Diabetic foot	4	4	1
	Fournier gangrene	4	2	1
	Other	11	10	1
Total		31	26	5

**Tab. 1.** Rozbiór grupy chorych leczonych miejscową terapią podciśnieniem

Przyczyna wyjściowa		Liczba pacjentów w grupie	Liczba mężczyzn w grupie	Liczba kobiet w grupie
Oparzenie prądem elektrycznym		6	5	1
Uraz termiczno-zmiażdżeniowy		6	5	1
Rany zakażone:	Stopa cukrzycowa	4	4	1
	Zgorzel Fourniera	4	2	1
	Inne	11	10	1
Razem		31	26	5

**Tab. 2.** Causes of the treatment with local underpressure with taking into consideration the time of the therapy

Initial cause		Number of patients in the group	Average time of application of LUT for given cause	Total time of application of LUT for given cause
Electric burns		6	20	5-80
Thermal and crash injuries		6	17	7-31
Infected wounds:	Diabetic foot	4	17	8-30
	Fournier gangrene	4	29	20-47
	Other	11	23	15-99
Total		31		

**Tab. 2.** Przyczyny leczenia miejscową terapią podciśnieniem z uwzględnieniem czasu leczenia

Przyczyna wyjściowa		Liczba pacjentów w grupie	Średni czas stosowania MTP dla danej przyczyny	Całkowity czas stosowania MTP dla danej przyczyny
Oparzenie prądem elektrycznym		6	20	5-80
Uraz termiczno-zmiażdżeniowy		6	17	7-31
Rany zakażone:	Stopa cukrzycowa	4	17	8-30
	Zgorzel Fourniera	4	29	20-47
	Inne	11	23	15-99
Razem		31		

Another device for local underpressure therapy differs from previous one with the way of placing the dressings that fill the wound (in that system on the basis of the Chariker-Jeter's method). Non-adherent single layer of gauze is placed on surgically prepared wound. Flexible silicone drain is then placed on the gauze and next layer of loose gauze is put on it. Then, that dressing is sealed with transparent, semipermeable foil. Drain is connected with a pump producing negative atmospheric pressure.

The described suction pump generates pressures up to  $-100$  mm Hg, recommended range of the pressure is from  $-40$  to  $-80$  mm Hg.

Analysis of the examined group of patients with taking into consideration the cause of the treatment in the system of local underpressure therapy and average total period of application of partial vacuum pump in given diagnosis is presented in table 2.

zań. Istotne dla procedury jest utrzymanie ujemnego ciśnienia w obrębie rany, co jest zapewnione przez folię szczelnie przylegającą do zdrowej skóry w okolicy rany.

Kolejne urządzenie do miejscowej terapii podciśnieniem różni się od poprzedniego sposobem zakładania opatrunków wypełniających ranę (w tym systemie w oparciu o metodę Charikera-Jeter). Na chirurgicznie opracowaną ranę nakładana jest pojedyncza warstwa nieprzywierającej gazy. Na gazie umieszczany jest giętki silikonowy dren, a na nim – kolejna warstwa luźno utkanej gazy. Następnie opatrunek jest uszczelniany przezroczystą, półprzepuszczalną folią. Dren połączony jest z pompą wytwarzającą podciśnienie.

Opisana pompa ssąca generuje ciśnienia do  $-100$  mm Hg, zalecany przedział ciśnień to  $-40$  do  $-80$  mm Hg.

Rozbiór grupy pacjentów z uwzględnieniem przyczyny leczenia w systemie miejscowej terapii podciśnieniem oraz średniego całkowitego okresu stosowania pompy podciśnieniowej w określonym rozpoznaniu przedstawia tabela 2.



**Fig. 1.** The device producing negative atmospheric pressure. Wound's filling with polyvinyl or polyurethane sponge

**Ryc. 1.** Urządzenie wytwarzające ujemne ciśnienie atmosferyczne. Wypełnienie rany za pomocą gąbek poliwinylowej lub poliuretanowej



**Fig. 2.** The device producing negative atmospheric pressure. Wound filling with gauze according to Chariker-Jeter's method

**Ryc. 2.** Urządzenie wytwarzające ujemne ciśnienie atmosferyczne. Wypełnienie rany gazą według metody Charikera-Jeter



## RESULTS

The negative atmospheric pressure was applied in case of patients undergoing medical treatment for a period of 4 to 99 days (19 days on average). In 26 patients clean areas of the granulation tissue appeared, upon which medium thickness free skin grafts were applied. In case of all patients in this group the grafts were healed and the patients were discharged home. In case of some patients the negative atmospheric pressure was also applied locally upon the skin grafts. In case of 2 patients cleaning of the soft tissues of femoral stumps was obtained, which allowed to perform reamputation and healing of the stumps. One patient died exhibiting symptoms of an acute respiratory and circulatory failure in the course of the ischemic heart disease complicated with a myocardial infarction, one patient after a crush and thermal injury was discharged home upon her own request with residual fields after a medium thickness free skin graft. In case of a patient suffering from an extensive deep necrotic wound of the abdominal integuments and abdominal dropsy, with microfistulas to the peritoneum, the underpressure treatment caused a significant reduction of the fluid volume in the abdominal cavity and closure of the fistulas. Obtained granulation tissue allowed to cover the wound with a medium thickness free skin graft with a good effect. The tolerance of the applied method in the group subjected to the tests was very good – the patients reported minor pain in the body areas where the treatment had been applied. Furthermore, acceleration of cleaning of the wound, acceleration of the granulation tissue development and decrease of the frequency of dressing changes were observed in comparison to the traditional method of wounds' treating (surgical debridement of a wound + dressing). In the group of patients subjected to the treatment no complications relating to the applied treatment procedure were confirmed, apart from a case of a patient admitted from another hospital, after a prolonged application of underpressure on an extensive post-

## WYNIKI

Ujemne ciśnienie atmosferyczne było stosowane w grupie leczonych chorych przez okres od 4 do 99 dni (średnio przez 19 dni). U 26 pacjentów uzyskano czyste obszary ziarniny, na które następnie położono wolne przeszczepy skóry pośredniej grubości (wpspg). U wszystkich chorych w tej grupie uzyskano wgojenie wpspg i zostali wypisani do domu. U części chorych ujemne ciśnienie atmosferyczne stosowano także miejscowo na przeszczepy skóry. U 2 pacjentów uzyskano oczyszczenie tkanek miękkich kikutów udowych, pozwalające na wykonanie reamputacji i wygojenie się kikutów. Jedna chora zmarła wśród objawów ostrej niewydolności oddechowo-kръżeniowej w przebiegu choroby niedokrwiennej serca powikłanej zawałem mięśnia sercowego, jedna chora po urazie zmiążdżeniowo-termicznym została wypisana na własne żądanie z polami resztkowymi po wolnym przeszczepie skóry pośredniej grubości. U chorej z rozległą, głęboką martwiczą raną powłok i puchliną brzuszną, z mikroprzetokami do otrzewnej leczenie podciśnieniem doprowadziło do znacznej redukcji objętości płynu w jamie brzusznej i zamknięcia przetok. Uzyskana ziarnina pozwoliła na pokrycie rany wolnym przeszczepem skóry pośredniej grubości z dobrym efektem. Tolerancja zastosowanej metody w grupie badanej była bardzo dobra – chorzy zgłaszali niewielkie dolegliwości bólowe okolic leczonych. Ponadto obserwowano przyspieszenie oczyszczania rany, przyspieszenie ziarninowania i zmniejszenie częstotliwości zmian opatrunków w porównaniu z tradycyjną metodą leczenia ran (chirurgiczne opracowanie + opatrunek). W badanej grupie nie stwierdzono powikłań związanych z zastosowaną procedurą leczniczą, poza przypadkiem chorego przyjętego z innego szpitala, po przedłużonym stosowaniu podciśnienia w rozległej ranie pourazowej, z przerośniętą ziarnina gąbką poliuretanową. Konieczne było chirurgiczne usunięcie gąbki, co w efekcie spowodowało przedłużenie okresu przygotowania rany do przeszczepu skóry.



**Fig. 3.** Treatment with the use of the LUT device in case of a patient with a thermal and crash injury

**Ryc. 3.** Leczenie za pomocą urządzenia MTP u chorego z urazem termiczno - zmiążdżeniowym



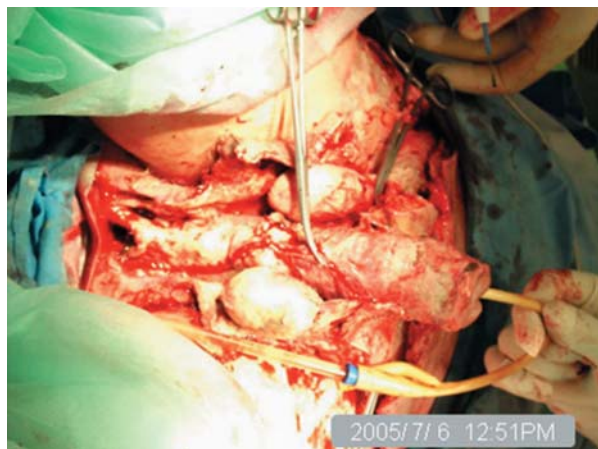
**Fig. 4.** Patient with a thermal and crash injury on the 35<sup>th</sup> day of the treatment

**Ryc. 4.** Chory z urazem termiczno - zmiążdżeniowym w 35 dniu leczenia



**Fig. 5.** Patient with Fournier's gangrene (at admission). Inflammatory infiltration with necrosis of the hypogastrium and the perineum. Two perirectal abscesses

**Ryc. 5.** Chory ze zgorzelą Fourniera (przy przyjęciu). Naciek zapalny z martwicą podbrzusza i krocza. Dwa ropnie okołoodbytnicze



**Fig. 6.** Patient with Fournier's gangrene. Surgical treatment – excision of necrotic tissues, evacuation of perirectal abscesses. Second day of the underpressure treatment

**Ryc. 6.** Chory ze zgorzelą Fourniera. Leczenie operacyjne – wycięcie tkanek martwiczych, ewakuacja ropni okołoodbytniczych. Drugi dzień leczenia podciśnieniem



**Fig. 7.** Patient with Fournier's gangrene. Patient with Fournier's gangrene. After application of the local underpressure treatment (LUT)

**Ryc. 7.** Chory ze zgorzelą Fourniera. Chory ze zgorzelą Fourniera. Po zastosowaniu miejscowej terapii podciśnieniem (MTP)



**Fig. 8.** Patient with Fournier's gangrene. Early results after LUT and a medium thickness free skin graft and further LUT – 8<sup>th</sup> day of treatment

**Ryc. 8.** Chory ze zgorzelą Fourniera. Wczesne wyniki po MTP i wolnym przeszczepie skóry pośredniej grubości oraz dalszej MTP - 8 dzień leczenia



**Fig. 9.** Patient with Fournier's gangrene. Results on the 112<sup>th</sup> day of the total combined treatment

**Ryc. 9.** Chory ze zgorzelą Fourniera. Wyniki w 112 w 112 dniu całkowitego, skojarzonego leczenia



**Fig. 10.** Patient with a diabetic foot. On the day of admission to the Burns Treatment Centre

**Ryc. 10.** Chory ze stopą cukrzycową w dniu przyjęcia do CLO





**Fig. 11.** Patient with a diabetic foot. After application of the local underpressure treatment (LUT)

**Ryc. 11.** Chory ze stopą cukrzycową po zastosowaniu miejscowej terapii podciśnieniem (MTP)



**Fig. 12.** Patient with a diabetic foot. After the procedure of a medium thickness free skin graft – 32<sup>nd</sup> day of the treatment

**Ryc. 12.** Chory ze stopą cukrzycową po wykonaniu wolnego przeszczepu skóry pośredniej grubości (WPSPG) - 32 dzień leczenia



**Fig. 13.** Patient with a diabetic foot. After the local application of the underpressure therapy upon a medium thickness free skin graft – 32<sup>nd</sup> day of the treatment

**Ryc. 13.** Chory ze stopą cukrzycową po zastosowaniu miejscowej terapii podciśnieniem na wolny przeszczep skóry pośredniej grubości (WPSPG) - 32 dzień leczenia



**Fig. 14.** Patient with a diabetic foot. Results on the 128<sup>th</sup> day of the total treatment

**Ryc. 14.** Chory ze stopą cukrzycową. Wyniki w 128 dniu całkowitego leczenia



**Fig. 15.** Patient with a thermal and crush injury. On the day of admission to the Burns Treatment Centre

**Ryc. 15.** Chory z urazem termiczno – zmiążdżeniowym w dniu przyjęcia do CLO



**Fig. 16.** Patient with a thermal and crush injury. Filling the wound with gauze according to Chariker-Jeter method

**Ryc. 16.** Chory z urazem termiczno – zmiążdżeniowym. Wypełnienie rany gazą według metody Charikera-Jeter





**Fig. 17.** Patient with a thermal and crush injury. Treated with MTP according to Chariker-Jeter method. 42<sup>nd</sup> day of the total treatment  
**Ryc. 17.** Chory z urazem termicznie – zmiążdżeniowym. Leczony MTP wg metody Chariker-Jeter. 42 dzień całkowitego leczenia

traumatic wound, with a polyurethane sponge overgrown with the granulation tissue. Surgical removal of the sponge was necessary, which prolonged the period of the wound preparation for a skin graft.

## DISCUSSION

During the study it was proven that a local application of a negative atmospheric pressure has a positive impact in the treatment of selected kinds of wounds. Significant advantage of combined surgical treatment with the application of the negative atmospheric treatment in the wound over surgical debridement of a wound with traditional dressings was confirmed in the collected material [11]. Computer-controlled underpressure in a wound decreases risk of ischemic injury of soft tissues, improving their local perfusion and it increases the patients' comfort thanks to reducing pain [12]. The application of semi-permeable foil isolating a wound from the external environment decreases a risk of an exogenous infection, it ensures appropriate humid environment appropriate for a wound healing, as well as it reduces a risk for the development of anaerobic flora thanks to the diffusion of oxygen into a wound [13, 14]. Devices generating a negative pressure allow to control – within determined limits – the values of the programmed underpressure; the optimal underpressure for supporting the granulation process is the underpressure of up to 125 mm Hg [8]. In order to obtain the treatment efficiency with the use of this method it is necessary to prepare a wound locally by its surgical debridement with the excision of necrotic areas, removal of any foreign bodies, infected tissues, fibrin; careful haemostasis is indispensable. It is also necessary to avoid placing dressings for a local underpressure therapy in the direct vicinity of exposed blood vessels and nerves, as well as vascular connections. Due to a risk of the occurrence of bleeding it is necessary to be particularly careful with patients taking antithrombotic drugs, patients suffering from haemorrhagic diathesis, subjected to radiation, with sharp bone chips in a wound on which dressings for the underpressure treatment are applied. Thanks to numerous studies, it has lately been confirmed that the mechanisms of the discussed method

## DYSKUSJA

W trakcie badania wykazano, że miejscowe zastosowanie ujemnego ciśnienia atmosferycznego ma pozytywne znaczenie w leczeniu wybranych rodzajów ran. W zebranych materiałach potwierdzono istotną przewagę skojarzonego leczenia chirurgicznego z zastosowaniem ujemnego ciśnienia w ranie nad chirurgicznym opracowaniem rany z tradycyjnymi opatrunkami [11]. Komputerowo sterowane podciśnienie w ranie zmniejsza niebezpieczeństwo niedokrwiennego uszkodzenia tkanek miękkich, poprawiając ich miejscową perfuzję i zwiększa komfort chorych dzięki ograniczeniu dolegliwości bólowych [12]. Stosowanie półprzepuszczalnej folii izolującej ranę od środowiska zewnętrznego zmniejsza ryzyko zakażenia egzogenego, zapewnia odpowiednie dla gojenia rany wilgotne środowisko i jednocześnie ogranicza niebezpieczeństwo rozwoju flory beztlenowej dzięki dyfuzji tlenu do rany [13, 14]. Urządzenia generujące ujemne ciśnienie pozwalają na sterowanie – w określonych granicach – wartościami programowanego podciśnienia; optymalne dla wspomaganego ziażminowania jest podciśnienie do 125 mm Hg [8]. W celu osiągnięcia skuteczności w leczeniu tą metodą należy przygotować ranę miejscowo poprzez jej chirurgiczne opracowanie z wycięciem pól martwicy, usunięciem ciał obcych, zakażonych tkanek, włókniaka; niezbędna jest staranna hemostaza. Należy także unikać umieszczania opatrunków do miejscowej terapii podciśnieniem w bezpośrednim sąsiedztwie odsłoniętych naczyń krwionośnych i nerwów oraz zespołów naczyniowych. Ze względu na ryzyko wystąpienia krwawienia należy zachować szczególną ostrożność u pacjentów przyjmujących leki przeciwzakrzepowe, ze skazą krwotoczną, napromienianych, z ostrymi odłamami kostnymi w ranie, na którą stosuje się opatrunki do leczenia podciśnieniem. Dzięki licznym badaniom uzyskano ostatnio potwierdzenie wielokierunkowości mechanizmów działania omawianej metody. Należą do nich znaczące zmniejszenie miana bakterii w ranie dzięki ewakuacji zakażonego, toksycznego eksudatu, co ogranicza infekcję bakteryjną i nie pozwala na wniknięcie bakterii w głąb tkanek [15, 16, 17]. Kolejną korzyść płynącą ze stosowania MTP to ewakuacja z rany enzymów proteolitycz-

bring about manifold benefits. These include a substantial decrease of the bacteria titre in a wound thanks to the evacuation of an infected, toxic exudates, which limits bacteria infections and does not allow bacteria to penetrate tissues [15, 16, 17]. Another advantage coming from the application of LUT is the evacuation of proteolytic enzymes from a wound – inhibitors of cell mitoses of the growth factors, stimulating *in vitro* the proliferation of keratinocytes, fibroblasts and the endothelium cells. Stimulating impact upon the excitation of angiogenesis is also executed by mechanical forces exerted by a dressing [18, 19, 20].

Filling a wound with non-adherent gauze does not make the tissues overgrow it, due to which a patient does not suffer pain when changing a dressing and the granulation tissue developed is not damaged [2, 21]. Non-compliance with the control programme of the therapy and leaving a polyurethane sponge in a wound for a longer period of time results in the overgrowth of the granulation tissue in its micropores and a necessity to separate it surgically, and consequently it prolongs the period of the wound preparation for a skin graft. Prior to the application of the underpressure therapy it is necessary to discuss the principles and discipline of the therapy with a patient. In the initial phase of the system application we observed a tendency of some of our patients to manipulate computer controllers or to disconnect the appliance.

The therapy with the application of a controlled underpressure decreases treatment costs and it reduces the necessity of providing nursing care, which today, in the times of costs monitoring, is not insignificant.

## CONCLUSIONS

1. The method of a local negative atmospheric pressure effectively supports the surgical treatment of wounds after electric burns, thermal and crash injuries and in selected cases of infected wounds, it allows to prepare a clean, granulating basis for placing medium thickness free skin grafts and it helps the healing process of a skin graft.
2. The application of this method shortens the healing period, decreases the risk of limbs amputation and/or it reduces the range of amputation.

nych – inhibitorów mitoz komórkowych czynników wzrostu, stymulujących *in vitro* proliferację keratynocytów, fibroblastów i komórek śródbłonna. Stymulujący wpływ na pobudzenie angiogenezy wywierają także siły mechaniczne wywierane przez opatrunek [18, 19, 20].

Wypełnienie rany nieprzylegającą gazą nie powoduje wrastania w nią tkanek, dzięki czemu pacjent nie odczuwa dolegliwości podczas zmiany opatrunku, a powstająca ziarnina nie jest uszkodzana [2, 21]. Nieprzestrzeganie programu kontroli terapii i pozostawienie w ranie gąbki poliuretanowej na dłuższy czas skutkuje przerośnięciem ziarniny w jej mikroporach i koniecznością chirurgicznego jej oddzielenia, w efekcie przedłuża okres przygotowania rany do przeszczepu skóry. Przed zastosowaniem terapii podciśnieniem należy omówić z chorym zasady i dyscyplinę leczenia. W początkowej fazie stosowania systemu obserwowaliśmy u niektórych naszych pacjentów skłonności do samodzielnego manipulowania sterownikami komputerowymi lub odłączania aparatury.

Terapia z użyciem kontrolowanego podciśnienia zmniejsza koszty leczenia oraz ogranicza konieczność opieki pielęgniarskiej, co w dzisiejszej dobie monitorowania kosztów także nie pozostaje bez znaczenia.

## WNIOSKI

1. Metoda miejscowego ujemnego ciśnienia atmosferycznego dobrze wspomaga chirurgiczne leczenie ran po oparzeniach elektrycznych, urazach termicznych-zmiazdzeniowych oraz w wybranych przypadkach ran zakażonych, pozwala na dobre przygotowanie czystego, ziarninującego podłoża do położenia wolnych przeszczepów skóry pośredniej grubości i wspomaga gojenie przeszczepu skóry.
2. Zastosowanie metody skraca czas gojenia się ran, zmniejsza ryzyko amputacji kończyn i/lub ogranicza zakres amputacji.

## References/Piśmiennictwo:

1. Fleck CA, Frizzell LD: *When negative is positive: a review of negative pressure wound therapy. Extended Care Products News* 2004; 3-4: 20-25
2. Miller MS, McDaniel C: *Treating wound dehiscence with an alternative system of delivering topical negative pressure. J Wound Care* 2006; 7; 15: 321-324
3. Zieliński M, Pukacki F: *Zastosowanie miejscowej terapii podciśnieniowej w leczeniu ran. W: Oszkinis G, Gabriel M, Pukacki M (red.) leczenie ran trudno gojących się. Wyd. 1 Warszawa: Blackhorse; 2006, 316 – 321.*
4. Pox JW. 4th, Golden GT: *The use of drains in subcutaneous surgical procedures. Am J Surg* 1976; 132: 673-674
5. Fay MF: *Drainage systems: their role in wound healing. AORN J* 1987; 46: 422-455
6. Chariker ME, Jeter KH, Tintle ED et al.: *Effective management of incisional and cutaneous fistulae with closed suction wound drainage. Contemp Surg* 1989; 34: 59-63
7. Fleischmann W, Becker U, Bischoff M, Hoekstra H: *Vacuum sealing: indication, technique and results. Eur J Orthop Surg Trauma* 1995; 5:37-40
8. Morykwas MJ, Argenta LC, et al.: *Vacuum Assisted Closure: A new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. Ann Plast Surg* 1997; 38: 553-562
9. Morykwas MJ, Argenta LC: *Vacuum Assisted Closure: A new method for wound control and treatment: clinical experience. Ann Plast Surg* 1997; 38: 563-577
10. Morykwas MJ, Argenta LC: *Nonsurgical modalities to enhance healing and care of soft tissue wounds. J South Orthop Assoc* 1997; 6: 279-288
11. Joseph E, Hamori CA, Bergman S, et al.: *Prospective randomized trial of Vacuum-Assisted Closure versus Standard Therapy of Chronic non-Healing wounds. Wounds* 2000; 12: 60-67
12. Wackenfors A, Sjoegren J, Gustafson R et al.: *Effects of vacuum-assisted closure therapy on inguinal wound edge microvascular blood flow. Wound Rep Regen* 2004; 1: 600-606
13. Field CK et al.: *Overview of wound healing in a moist environment. Am J Surg* 1994; 167: 2S – 6S
14. Mendez-Estman S: *Guidelines for using negative pressure wound therapy. Adv Skin Wound Care* 2001; 14: 314-422.
15. Mullner T, Mrkonjic L, Kwasny O: *The use of negative pressure to promote the healing of tissue defects: a clinical trial using the vacuum sealing technique. Br J plast Surg* 1997; 50: 194-199
16. Mendez-Eastman S: *Guidelines for use negative pressure wound therapy. Adv skin wound care* 2001; 14: 314-322; 14: 314-322
17. Giovanni UM, Drmaria R, Teot L: *Benefits of negative pressure therapy In infected surgical wounds after cardiovascular surgery. Wounds* 2001; 132: 82-87
18. Yager DR, Nwomeh BC: *The proteolytic environment of chronic wounds. Wound Repair Regen* 6; 1999; 7: 443 - 4417: 443 – 441
19. Falanga V: *Growth factors and chronic wounds: the need to understand the microenvironment. J Dermatol* 11; 1992; 19: 667 – 672
20. Urschel JD, Scott PG, Williams HT: *The effect of mechanical stress on soft and hard tissue repair; a review. Br J Plast Surg* 1988; 41: 182-186
21. Shirakawa M., Isseroff RR: *Topical negative pressure devices: use for enhancement of healing chronic wounds. Arch Dermatol* 11; 2005;141: 1449-1453.