



## Treatment of a forearm cut wound using localised hyperbaric oxygen therapy – a case report

### Leczenie rany ciętej przedramienia przy użyciu miejscowej hiperbarycznej terapii tlenowej – opis przypadku

Jarosław Pasek<sup>1,2</sup>, Dariusz Majda<sup>3</sup>, Grzegorz Cieślar<sup>2</sup>, Tomasz Pasek<sup>4</sup>, Aleksander Sieroń<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Wychowania Fizycznego, Turystyki i Fizjoterapii, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

<sup>2</sup>Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>3</sup>Oddział Chirurgii Dzieci, Szpital Specjalistyczny nr 2 w Bytomiu

<sup>4</sup>Oddział Rehabilitacji Neurologicznej, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny Nr 5 im. Św. Barbary w Sosnowcu

#### ABSTRACT

The treatment of hard-to-heal wounds is still a serious interdisciplinary medical problem. In recent years, modern methods of physical medicine have been increasingly and successfully used to treat diseases and traumas of locomotor organs, soft tissues and chronic wounds. The paper presents the beneficial effect of the treatment of a postoperative wound in a 7-year-old patient with a cut injury to the right forearm using localised hyperbaric oxygen therapy. A series of 10 daily treatments led to complete healing of the wound after the performed surgery, provided pain relief, and improved the quality of life of the patient resulting from the recovery of unaided existence.

#### KEY WORDS

localized hyperbaric oxygen therapy, cut injury to forearm, postoperative wound

#### STRESZCZENIE

Leczenie trudno gojących się ran stanowi nadal poważny, interdyscyplinarny problem medyczny. W ostatnich latach w leczeniu schorzeń i urazów narządu ruchu, tkanek miękkich, a także przewlekłych ran coraz częściej z powodzeniem wykorzystywane są nowoczesne metody medycyny fizykalnej. W artykule przedstawiono korzystny efekt leczenia rany pooperacyjnej u 7-letniego pacjenta po urazie ciętym przedramienia prawego, po użyciu miejscowej hi-

Received: 06.07.2016

Revised: 29.08.2016

Accepted: 02.09.2016

Published online: 30.06.2017

Address for correspondence: Dr n. o kult. fiz. Jarosław Pasek, Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Stefana Batorego 15, 41-902 Bytom, tel. +48 505 014 331, e-mail: jarus\_tomus@o2.pl

Copyright © Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach  
www.annales.sum.edu.pl



perbarycznej terapii tlenowej. Po serii 10 codziennych zabiegów uzyskano całkowite wygojenie się rany po przeprowadzonym zabiegu operacyjnym, ustąpienie dolegliwości bólowych, a także poprawę jakości życia pacjenta wynikającą z odzyskania samodzielnej egzystencji.

#### KEY WORDS

miejscowa hiperbaryczna terapia tlenowa, uraz cięty przedramienia, rana pooperacyjna

### INTRODUCTION

Wound healing is a multi-stage process leading to the repair of damaged tissues. The development of therapeutic strategies is now a major challenge for many medical specializations. Due to the coexistence of numerous local and systemic factors interfering with the normal course of wound healing, this issue has gained even greater importance. For various reasons, the physiological cycle of healing may be stopped, and consequently chronic wounds are formed [1,2].

All surgical procedures leave a wound that should heal spontaneously. However, some wounds, for various reasons, do not heal properly, reducing the quality of life of the patient. In addition, local tissue loss associated with extensive necrosis can cause many life-threatening complications and have a significant negative impact on the whole future life of the patient [3,4].

Wound healing is a complex and dynamic process of tissue repair following a traumatic event. Trauma activates mechanisms of homeostasis, including vasoconstriction, platelet aggregation and clot formation. Neutrophils migrate into the wounded site and phagocytise bacteria and cell fragments, but also produce prostaglandins, preparing the wound for closure. Angiogenesis, that is the formation of new blood vessels from existing ones, is also observed. This process is necessary for proper wound healing and reconstruction of the damaged vascular network. Granulation disorders cause further tissue damage due to the insufficient supply of oxygen and nutrients to the wound [1,5].

So far, medicine has not had one golden remedy that can be used to treat hard-to-heal wounds. Properly conducted treatment requires a comprehensive, interdisciplinary approach, and during the whole therapeutic process – consistent with current knowledge – physical medicine (physiotherapy) should be implemented to accelerate wound healing, reduce pain, increase the effectiveness of postoperative rehabilitation, prevent the onset of complications such as hypertrophic scars and keloids, as well as to have a positive effect on the quality of life of patients [6,7].

Clinical trials aimed, for example, at determining the efficacy of pure oxygen or a mixture of gases with a high oxygen content close to 100% at a pressure of

### WPROWADZENIE

Gojenie ran jest wieloetapowym procesem prowadzącym do naprawy uszkodzonych tkanek. Opracowywanie strategii leczniczych stanowi obecnie duże wyzwanie dla lekarzy wielu specjalności. Z uwagi na współistnienie licznych czynników lokalnych oraz ogólnych, zakłócających prawidłowy przebieg gojenia ran, zagadnienie to nabiera jeszcze większego znaczenia. W ranie z różnych przyczyn może dojść do zatrzymania fizjologicznego cyklu gojenia i w konsekwencji powstania rany o charakterze przewlekłym [1,2].

Następstwem każdego przeprowadzonego zabiegu operacyjnego jest rana, która powinna samoistnie się wygoić. Niektóre z różnych przyczyn nie goją się prawidłowo, pogarszając jakość życia pacjenta. Ponadto miejscowy ubytek tkanek z towarzyszącą rozległą martwicą może być przyczyną bardzo wielu groźnych dla życia powikłań i wywierać istotny, negatywny wpływ na całe późniejsze życie pacjenta [3,4].

Gojenie się rany jest złożonym i dynamicznym procesem naprawy tkanek po przebytych urazach. W następstwie urazu zostają uruchomione mechanizmy homeostazy obejmujące obkurczenie naczyń, agregację płytek krwi i tworzenie skrzepu. Napływające do miejsca zranienia neutrofile nie tylko fagocytują bakterie i resztki komórkowe, lecz także produkują prostaglandyny przygotowując ranę do jej zamknięcia. Następuje również proces angiogenezy – tworzenie nowych naczyń krwionośnych z naczyń już istniejących. Jest ona warunkiem koniecznym prawidłowego przebiegu gojenia oraz przebudowy uszkodzonej sieci naczyniowej. Zakłócenie tworzenia tkanki ziarninowej prowadzi do dalszego uszkodzenia tkanek, wynikającego z niedotlenienia rany oraz niedoboru składników odżywczych [1,5].

Do tej pory medycyna nie dysponuje jednym złotym środkiem, który można zastosować w leczeniu trudno gojących się ran. Właściwie prowadzone leczenie wymaga kompleksowego, interdyscyplinarnego podejścia, a w trakcie całego procesu leczenia – zgodnie z aktualnym stanem wiedzy – nieodzowne powinno być wdrażanie do terapii zabiegów z zakresu medycyny fizykalnej (fizykoterapii), które przyspieszają proces gojenia ran, zmniejszają odczucia bólu, zwiększają



more than 1 atmosphere for the treatment of wounds of different aetiology have been carried out for several years [8,9,10,11]. Under the conditions of hyperbaric oxygen therapy, the partial pressure of oxygen in the alveolar air is increased, thus increasing the alveolar-capillary oxygen gradient. According to Henry's law, the diffusion and solubility of oxygen in plasma increases. Under such conditions haemoglobin is almost completely saturated with oxygen (apart from a small fraction of physiologically inactive haemoglobin). A further increase in oxygen transport can only be achieved by increasing its physical solubility in plasma. Hyperbaric oxygen therapy additionally intensifies angiogenesis, improves arterial and venous blood flow and tissue perfusion increases, which makes this therapy highly effective in the treatment of wounds, including post-traumatic, postoperative and complicated ones [11,12].

The aim of the paper is to present the beneficial effects of localised hyperbaric oxygen therapy in the treatment of a post-traumatic cut wound in the forearm in a 7-year-old child.

## CASE REPORT

A 7-year-old patient (JM) with a cut injury to the right forearm (glass cut) was admitted to the *Department of Paediatric Surgery*, Specialist Hospital no. 2 in Bytom, Poland (Fig. 1). On admission an extensive 18 cm-long cut wound, reaching deep into the fascia of the forearm, infected with mixed bacterial flora, was found.



Fig. 1. Status of local wound on admission to hospital department.  
Ryc. 1. Stan miejscowy rany przy przyjęciu na oddział szpitalny.

On the admission day the patient received antibiotic therapy (Biofuroxime) and analgesics (Dolcontral, Paracetamol), topical Agrosulfan, and wound dressings containing Rivanol and Betadine. Due to the fact that the patient was admitted to the department in the afternoon, biological material was collected for labora-

efektywność prowadzonej rehabilitacji pooperacyjnej, zapobiegają występowaniu powikłań, takich jak prze-rośnięte blizny i keloidy, a także korzystnie wpływają na jakość życia pacjentów [6,7].

Od kilku lat prowadzone są m.in. badania kliniczne mające na celu określenie skuteczności 100-procentowego tlenu lub mieszaniny gazów o wysokiej zawartości tlenu, bliskiej 100%, pod ciśnieniem powyżej 1 atmosfery w leczeniu ran o różnej etiologii [8,9,10,11]. W warunkach tlenoterapii hiperbarycznej dochodzi do zwiększenia prężności tlenu w powietrzu pęcherzykowym, wzrasta gradient pęcherzykowo-włośniczkowy tlenu. Zgodnie z prawem Henry'ego rośnie siła dyfuzji i rozpuszczalność tlenu w osoczu. W takich warunkach hemoglobina ulega praktycznie całkowitemu wysyceniu tlenem (pomijając niewielką ilość hemoglobiny fizjologicznie nieczynnej). Dalsze zwiększenie transportu tlenu można uzyskać jedynie poprzez wzrost jego fizycznej rozpuszczalności w osoczu. Pod wpływem hiperbarii tlenowej dodatkowo nasilają się procesy angiogenezy, poprawia się ukrwienie tętnicze i żylnie oraz wzrasta perfuzja tkankowa, co zapewnia wysoką efektywność terapii w leczeniu ran, zarówno pourazowych, jak i pooperacyjnych, a także ran powikłanych [11,12].

Celem pracy jest przedstawienie korzystnych efektów terapii z użyciem miejscowej hiperbarii tlenowej w leczeniu pourazowej rany ciętej przedramienia u 7-letniego dziecka.

## OPIS PRZYPADKU

Na Oddział Chirurgii Dzieci Szpitala Specjalistycznego nr 2 w Bytomiu został przyjęty 7-letni pacjent (J.M.) po urazie ciętym (przecięcie szybą) przedramienia prawego (ryc. 1). Przy przyjęciu stwierdzono rozległą ranę ciętą o długości około 18 cm, której głębokość dochodziła do powięzi przedramienia, zakażoną florą bakteryjną mieszaną.

U pacjenta w dniu przyjęcia wdrożono antybiotykoterapię (Biofuroksym) oraz środki przeciwbólowe (Dolcontral, Paracetamol), miejscowo Agrosulfan, opatrunki z Rivanolu i Betadine. Z uwagi na fakt, iż pacjent został przyjęty na oddział w godzinach popołudniowych, pobrano materiał do badań laboratoryjnych, przygotowano pacjenta i w drugim dniu hospitalizacji przeprowadzono zabieg operacyjny. Opracowano chirurgicznie ranę, dokonując wszycia płata skór- nego na bardzo cienkiej szypule.

## Zastosowane leczenie fizykalne

Celem przyspieszenia gojenia się rany pooperacyjnej pacjenta przekazano na Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej



tory tests, the patient was prepared for surgery and on the second day of hospitalization surgery was performed. The wound was surgically treated by suturing a skin patch on a very thin pedicle.

### Applied physical therapy

To accelerate postoperative wound healing, the patient was transferred to the Department of Internal Diseases, Angiology and Physical Medicine, MUS in Bytom, where after the initial diagnosis (physical examination, consultation by an internist and angiologist), the patient was qualified for localised hyperbaric oxygen therapy using an OXYBARIA-S device from Fasser, Poland. A single therapeutic cycle included 10 treatments performed once a day for 5 days, with a Saturday-Sunday break. During the treatment (lasting 30 minutes each) the patient was in the sitting position and the operated on limb was placed directly inside the applicator chamber, to which oxygen from a tank was supplied via special hoses at a fixed pressure of 1.5 atmospheres (Fig. 2). A protective dressing was applied on the wound after each completed treatment.

## RESULTS

During the therapeutic cycle, postoperative wound healing with gradual formation of new granulation tissue and progressive epithelialization was observed. Eventually, on day 14 of therapy, the wound was completely healed and the congestion of the skin around the scar was considerably reduced. Hyperbaric therapy promoted proper wound healing. Under natural conditions, without the use of physical therapy, the average healing time of a surgically treated wound is approximately 14 days. After this period, the wound is remodelled and this process can last even over a year. At the end of the therapeutic cycle, the postoperative site was painless and the scar became softer and more elastic, free from any blisters or excessive hypertrophy. In the course of treatment the patient did not report any side effects. The area of the postoperative wound after the end of therapy (10 treatments in total) is shown in Figure 3.

The positive result of treatment allowed the patient to regain unaided existence and effectively perform activities of daily living, which significantly improved the quality of life, especially considering the patient's young age and his high level of physical activity before the limb injury.

SUM w Bytomiu, gdzie po wstępnej diagnostyce (badanie fizykalne, konsultacja lekarza internisty i lekarza angiologa) pacjenta zakwalifikowano do leczenia za pomocą miejscowej hiperbarycznej terapii tlenowej z użyciem urządzenia OXYBARIA-S firmy Fasser Polska. Cykl terapeutyczny obejmował 10 zabiegów wykonywanych raz dziennie przez 5 dni w tygodniu z przerwą sobotnio-niedzielną. Podczas zabiegu (trwającego każdorazowo 30 minut) pacjent przebywał w pozycji siedzącej, a operowana kończyna znajdowała się bezpośrednio w komorze aplikatora, do którego za pomocą specjalnych przewodów podawano tlen z butli o stałej wartości ciśnienia wynoszącej 1,5 atmosfery (ryc. 2). Po zakończeniu zabiegu na ranę zakładano opatrunek ochronny.



Fig. 2. OXYBARIA-S device for localised hyperbaric oxygen therapy.  
Ryc. 2. Aparat OXYBARIA-S do prowadzenia zabiegów miejscowej hiperbarycznej terapii tlenowej.

## WYNIKI

Podczas trwania cyklu terapeutycznego obserwowano gojenie się rany pooperacyjnej ze stopniowym powstawaniem nowej ziarniny i postępującym procesem naskórkowania. Ostatecznie w 14 dniu terapii rana uległa całkowitemu zagojeniu, a ponadto znacznie zmniejszyło się przekrwienie skóry wokół blizny. Zastosowana hiperbaria wspomogła proces prawidłowego gojenia rany. W warunkach naturalnych, bez stosowania terapii fizykalnej, przeciętny czas gojenia się chirurgicznie opracowanej rany wynosi około 14 dni. Po tym okresie następuje jej przebudowa, a ten proces może trwać nawet ponad rok.

Po zakończeniu cyklu terapeutycznego okolica po wykonanej operacji była niebolesna, a blizna stała się bardziej miękka i elastyczna, bez obecności jakichkol-



Fig. 3. Wound after completed cycle of hyperbaric oxygen therapy.  
Ryc. 3. Stan miejscowy po zakończeniu cyklu leczenia hiperbaryczną terapią tlenową.

## DISCUSSION

The treatment of wounds, especially those hard-to-heal, should be conducted in a comprehensive manner, since therapeutic procedures provided by basic health care centres in many cases are insufficient and do not bring fully satisfactory results. Because of the complex etiopathogenesis of wounds, the best therapeutic effects are achieved using a comprehensive, multidisciplinary treatment model that takes into account the synergistic effect of individual therapeutic methods, including physical ones [13,14].

In recent years, significant progress has been made in field of understanding the processes associated with the healing of acute and chronic wounds. This has given rise to the introduction of many innovative therapeutic methods that accelerate the healing process and improve the final aesthetic and functional effects. Conventional treatment methods involving only the daily changing of dressings and topical application of pharmacological substances are currently insufficient. Physical treatments implemented at the right time, with suitably adjusted parameters and considering contraindications, are a valuable complementary modality, and in many cases can be used as the only effective therapeutic method. A comprehensive therapeutic plan combined with localised hyperbaric oxygen therapy, whose therapeutic mechanism of action includes, for example, improved tissue perfusion and increased partial pressure of oxygen supplied to tissues, promotes the regeneration of injured tissues and enhances epithelialization, thus reducing wound healing time and improving the quality and appearance of the scar [15,16,17].

The search for a variety of complex solutions that improve the efficacy of wound treatment is currently a major challenge in clinical practice and requires extensive knowledge and skills in planning treatment.

wiek pęcherzy i nadmiernych przerostów. Pacjent podczas leczenia nie zgłaszał żadnych efektów ubocznych. Stan miejscowy okolicy rany pooperacyjnej po zakończeniu cyklu terapeutycznego (łącznie 10 zabiegów) przedstawiono na rycinie 3.

Pozytywny wynik leczenia pozwolił pacjentowi powrócić do samodzielnej egzystencji i efektywnego wykonywania czynności dnia codziennego (*Activities of Daily Living*), co miało istotny wpływ na poprawę jakości jego życia, zwłaszcza biorąc pod uwagę młody wiek i dużą aktywność ruchową wykazywaną przed urazem kończyny.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Leczenie ran, zwłaszcza trudno gojących się, powinno być prowadzone w sposób kompleksowy, gdyż procedury terapeutyczne zapewniane przez podstawowy poziom opieki medycznej w wielu przypadkach są niewystarczające i nie przynoszą w pełni zadowalających efektów. Ze względu na ich złożoną etiopatogenezę, najkorzystniejsze efekty terapeutyczne daje kompleksowy, wielokierunkowy model leczenia uwzględniający synergistyczne oddziaływanie poszczególnych metod terapeutycznych, w tym metod fizykalnych [13,14]. W ostatnich latach dokonał się znaczący postęp w dziedzinie poznawania procesów zachodzących w trakcie gojenia się ostrych i przewlekłych ran. Dało to podstawy do wprowadzania wielu innowacyjnych metod terapeutycznych, które wpływają na przyspieszenie procesu gojenia oraz poprawę jakości końcowych efektów estetycznych i czynnościowych. Tradycyjne sposoby leczenia polegające jedynie na codziennych zmianach opatrunków oraz aplikacji miejscowo działających substancji farmakologicznych obecnie są niewystarczające. Zabiegi fizykalne wdrożone we właściwym czasie, przy odpowiednio dobranych parametrach i uwzględnieniu przeciwwskazań stanowią cenną uzupełniającą metodę leczniczą, a w wielu przypadkach mogą być wykorzystywane jako jedyna skuteczna metoda leczenia. Dołączenie do programu kompleksowej terapii również lokalnej hiperbarycznej terapii tlenowej, której mechanizm działania terapeutycznego obejmuje m.in. poprawę ukrwienia tkanek i zwiększenie prężności dostarczanego do nich tlenu, sprzyja pobudzeniu procesów regeneracji uszkodzonych w wyniku urazu tkanek i nasilaniu procesów naskórkowania, tym samym skracając proces gojenia, poprawiając ponadto jakość i wygląd blizny [15,16,17]. Poszukiwanie różnych kompleksowych rozwiązań mogących poprawić efektywność leczenia ran stanowi obecnie duże wyzwanie kliniczne i wymaga szerokiej wiedzy oraz umiejętności w planowaniu leczenia. W dotychczasowej praktyce medycznej wiedza ta jest często niepełna bądź występują ograniczenia wynika-



In current medical practice, this knowledge is often incomplete or limited due to the lack or high cost of appropriate equipment, hence routine therapeutic procedures are most often used.

The obtained therapeutic outcome of the presented case and numerous scientific reports [4,6,7,9,15] indicate that hyperbaric oxygen therapy has a strong biostimulating effect and may be an effective method to support conventional wound treatment, especially since the device used in this method is relatively inexpensive and easy to operate. This method is well tolerated by patients and does not cause adverse side effects [16]. Considering the above factors, it seems that localised hyperbaric oxygen therapy should become increasingly widely used in domestic and foreign medical centres specializing in the treatment of complicated and chronic wounds.

### CONCLUSIONS

Even the short-term use of localised hyperbaric oxygen therapy, in the treatment of a postoperative wound promoted complete wound healing with a good aesthetic effect, allowing early and effective postoperative rehabilitation and improvement of the patient's quality of life.

jące z braku odpowiedniej aparatury lub jej wysokich kosztów, stąd zwykle przeważa stosowanie rutynowych procedur terapeutycznych.

Uzyskane wyniki leczenia przedstawionego przypadku, a także liczne doniesienia naukowe [4,6,7,9,15] wskazują, że hiperbaryczna terapia tlenowa wykazuje silne działanie biostymulacyjne i może stanowić efektywną metodę wspomagającą klasyczne leczenie ran, zwłaszcza, że urządzenie stosowane w tej metodzie jest relatywnie tanie i proste w obsłudze. Metoda ta jest dobrze tolerowana przez pacjentów i nie powoduje niekorzystnych działań ubocznych [16]. Uwzględniając powyższe uwarunkowania wydaje się, że miejscowa hiperbaryczna terapia tlenowa powinna znaleźć coraz szersze zastosowanie w krajowych i zagranicznych ośrodkach specjalizujących się w leczeniu powikłanych i przewlekłych ran.

### WNIOSKI

Nawet krótkotrwałe stosowanie miejscowej hiperbarycznej terapii tlenowej w leczeniu rany pooperacyjnej wspomogło proces pełnego wygojenia rany z dobrym efektem kosmetycznym, umożliwiając prowadzenie wczesnej i skutecznej rehabilitacji pooperacyjnej oraz poprawę jakości życia pacjenta.

### REFERENCES

1. Potempa M., Jończyk P., Janerka M., Kucharzewski M., Kawczyk-Krupka A. Rany przewlekłe – epidemiologia i czynniki wpływające na proces gojenia. *Leczenie Ran*. 2014; 11(2): 43–50.
2. Bumpus K., Maier MA. The ABC's of wound care. *Curr. Cardiol. Rep*. 2013; 15(4): 346.
3. Brongel L., Duda K. *Mnogie i wielonarządowe obrażenia ciała*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa 2001.
4. Kamolz L.P., Lumena H.B., Kazzinger M. Tissue engineering for cutaneous wounds: an overview of current standards and possibilities. *Eur. Surg*. 2008; 40(1): 19–26.
5. Rojczyk-Gołębiowska E., Wilemska-Kucharzewska K., Pałasz A., Kucharzewski M. Rola angiogenezy w gojeniu ran. *Leczenie Ran* 2015; 12: 1–7.
6. Vowden P., Apelqvist J., Moffat C. Wound complexity and healing. in: *European Wound Management Association (EWMA). Position Document: Hard-to-heal wounds: a holistic approach*. MEP Ltd. London 2008, s. 1–9.
7. Shores J.T., Gabriel A., Gupta S. Skin substitutes and alternatives: a Review. *Adv. Skin Wound Care* 2007; 20(9): 493–508.
8. *Podręcznik angiologii*. Red. A. Sieroń, L. Cierpka, Z. Rybak, A. Stanek.  $\alpha$ -medica press. Bielsko-Biała 2009, s. 274–276.
9. Taradaj J., Franek A., Dolibog P., Cierpka L., Błaszczak E. Physical treatment of wounds. *Rehabilitacja w Praktyce* 2008; 3(1): 34–35.
10. Plafki C., Peters P., Almeling M., Welslau W., Busch R. Complications and side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Aviat. Space Environ. Med*. 2000; 71(2): 119–124.
11. Sahni T., Singh P., John M.J. Hyperbaric oxygen therapy: current trends and applications. *J. Assoc. Physicians India* 2003; 51: 280–284.
12. *Zarys medycyny hiperbarycznej*. Red. A. Sieroń, G. Cieślars, M. Kaweckii. II wydanie.  $\alpha$ -medica press. Bielsko-Biała 2007.
13. Baumgartner M., Tanner D., Hunziker T. Local treatment of chronic skin wounds in a Swiss out-patient wound centre 2010. *Ther Umsch*. 2011; 68(3): 153–158.
14. Park H., Copeland C., Henry S., Barbul A. Complex wounds and their management. *Surg. Clin North Am*. 2010; 90(6): 1181–1194.
15. Flint L., Meredith J.W., Schwab C.W. *I wsp. Trauma: contemporary principles and therapy*. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2008.
16. Pasek J., Sieroń A. OXYBARIA-S – nowatorskie urządzenie do hiperbarycznej terapii tlenowej. *Rehabilitacja w Praktyce* 2015; 1: 56.
17. Pasek J., Majda D., Cieślars G., Sieroń A. Wound Treatment after Congenital Syndactyly Separation with 100% Oxygen Therapy: A Case Report. *Surgery: Current Research*. 2015; 5: 245.