



M. Kawecki^{1,2}, K. Mikuś¹, J. Glik^{1,3},
M. Dudzik¹, M. Nowak¹

¹ Centrum Leczenia Oparzeń
w Siemianowicach Śląskich

² Wydział Nauk o Zdrowiu Akademii
Techniczno-Humanistycznej
w Bielsku-Białej

³ Wyższa Szkoła Nauk Stosowanych
w Rudzie Śląskiej

Address for correspondence/
Adres do korespondencji:
M. Kawecki
Centrum Leczenia Oparzeń
ul. Jana Pawła II 2
41-100 Siemianowice Śląskie,
email: m.kaw@poczta.fm

Received: 02.02.2012
Accepted: 05.03.2012
Published: 20.04.2012

STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów	2265/1745
Tables Tabele	3
Figures Ryciny	7
References Piśmiennictwo	16

The evaluation of the influence of local ozonotherapy on the level of chronic wound eradication – preliminary report

Ocena wpływu formy stosowania ozonoterapii miejscowej na stopień eradykacji rany przewlekłej – doniesienie wstępne

Original article/Artykuł oryginalny

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 2 (28) 2012

Summary

Wstęp. The authors describe the properties of ozone, its wide application in medicine and the methods and techniques ozonotherapy.

The aim of this study was to assess the impact of local forms ozonotherapy: dry bath ozone tube and liquid with ozone for external use -the degree of eradication of chronic wounds.

Material and methods. The authors described the results of treatment of 17 patients with chronic wounds treated at the Burn Treatment Center in Siemianowice Slaskie from November 2011 until January 2012.

Conclusions. The study showed the effectiveness of ozone therapy used local, encourage continued research on a larger group of patients. Applied to the local ozone for external use reduced the number of *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus Aureus*. During treatment, there were no side effects.

Key Words: ozonotherapy, chronic wounds

Streszczenie

Wstęp. Autorzy pracy opisali właściwości ozonu, jego szerokie zastosowanie w medycynie oraz metody i techniki ozonoterapii.

Celem pracy była ocena wpływu formy stosowania ozonoterapii miejscowej: suchych kąpiei ozonowych przy użyciu rękawa ozonowego, ozonowanych płynów do zastosowań zewnętrznych – na stopień eradykacji ran przewlekłych.

Material i metody. Autorzy opisali wyniki leczenia 17 chorych z ranami przewlekłymi leczonych w Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich od listopada 2011 roku do stycznia 2012 roku.

Wnioski. Przeprowadzone badania wykazały skuteczność stosowanej ozonoterapii miejscowej, zachęcają do dalszego badania na większej grupie pacjentów. Zastosowana ozonoterapia miejscowa przy użyciu przymoczek zredukowała liczbę szczepów *Acinetobacter Baumannii*, *Staphylococcus Aureus*. W trakcie leczenia nie odnotowano działań ubocznych.

Słowa kluczowe: ozonoterapia, rany przewlekłe

INTRODUCTION

Ozonotherapy, a method applied for a long time now in medicine, supports basic treatment, especially in cases where routine treatment does not give satisfactory results. It consists in using in the treatment a mixture of ozone and oxygen in an appropriate concentration.

THE NATURE OF OZONE

Ozone is a colourless, well dissolvable gas in water. The high level of solubility, conditioned by the bipolarity of the molecule, ensures an easy diffusion to the tissues. It occurs in all states of matter, in which it shows great instability. The gas decomposes depending on temperature, that is why we cannot store the produced oxygen. For medical aims it should be produced systematically, as the need arises (1,2).

OZONE IN TISSUES

Characteristics of the biological oxygen (1,3)

- 15 times better soluble in plasma than oxygen,
- It increases the absorption of oxygen in bronchic cells together with an enhancement of oxygen partial pressure in blood, facilitates oxygen diffusion to haematids influencing their cell membranes,
- It improves blood circulation in vessels thanks to the elasticity of erythrocytes cell membrane, as a result of which haematids more easily translocate through blood capillaries,
- It prevents from elementary bodies aggregation,
- It causes a growth in organism resistance through stimulating the immunological system and the production of lymphocytes T,
- It revitalizes defence mechanisms, having an advantageous influence on the disposal or reduction of the inflammatory processes,
- It shows strong bacteriocidal, antifungal and antiprotozoan action, as well as virucidal action (1,2).

THE APPLICATION OF OZONE IN MEDICINE; METHODS AND TECHNIQUES OF CARRYING OUT OZONOTHERAPY

Ozonotherapy or in other words treatment with a mixture of oxygen and ozone is carried out with the use of different administration techniques (1,3). Ozone may be applied:

- a) Internally in the form of: autohemotransfusion, intramuscularly, subcutaneously, to the body cavities.
- b) Externally in the form of: compresses with ozonated fluid, ointments, gas baths.

Ozonotherapy is applied in: generalised atherosclerosis and limbs obliterative atherosclerosis, ischemic heart disease of the cardiac muscle, ischemic syndrome of the brain, polyneuropathy, multiple sclerosis, viral hepatitis, carrier-state of the antigene of hepatitis C virus, liver cirrhosis, gas gangrene, thoracic empyemas, fistulas, bone infection, infections related to total joint arthroplasty, contagious complications of diabetic foot and retinopathy, inflammations and ulceration of the large bowel, inflammations of the sinuses and the middle ear, disease

WSTĘP

Ozonoterapia, metoda stosowana od dawna w medycynie, wspomaga leczenie podstawowe, zwłaszcza w przypadkach, w których leczenie rutynowe nie daje zadowalających wyników. Polega na wykorzystaniu w leczeniu mieszanki ozonu i tlenu w odpowiednim stężeniu.

ISTOTA OZONU

Ozon to bezbarwny gaz, dobrze rozpuszczalny w wodzie. Wysoka rozpuszczalność, uwarunkowana dwubiegunowością cząsteczki, zapewnia łatwą dyfuzję do tkanek. Występuje we wszystkich stanach skupienia, w których wykazuje dużą niestabilność. Gaz rozkłada się w zależności od temperatury, w związku z czym nie można magazynować wytworzonego ozonu. Do celów medycznych musi być produkowany na bieżąco, w zależności od potrzeby (1,2).

OZON W TKANKACH

Cechy oddziaływania biologicznego ozonu (1,3)

- 15 razy lepiej rozpuszczalny w osoczu niż tlen,
- zwiększa absorpcję tlenu w pęcherzykach płucnych z następowym wzrostem ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi, ułatwia dyfuzję tlenu do krwinek czerwonych poprzez wpływ na ich błony komórkowe,
- poprawia krążenie krwi w naczyniach dzięki uelastycznieniu błony komórkowej erytrocytów, przez co krwinki czerwone łatwiej przemieszczają się przez naczynia włosowate,
- zapobiega agregacji płytek krwi,
- powoduje wzrost odporności organizmu poprzez pobudzenie układu immunologicznego i produkcję limfocytów T,
- aktywizuje mechanizmy obronne, mające korzystny wpływ na likwidację lub redukcję procesów zapalnych,
- wykazuje silne działanie bakteriobójcze, grzybobójcze i pierwotniakobójcze, a także inaktywuje wirusy (1,2).

ZASTOSOWANIE OZONU W MEDYCYNIE, METODY I TECHNIKI WYKONYWANIA OZONOTERAPII

Ozonoterapię czyli leczenie mieszaniną tlenowo - ozonową, przeprowadzamy przy użyciu różnych technik podawania (1,3). Ozon możemy stosować:

- a) Wewnętrznie w postaci: autohemotransfuzji, domięśniowo, podskórnio, do jam ciała.
- b) Zewnętrznie w postaci: przemoczek nawilżonych na-ozonowanym płynem, maści, kąpeli gazowych.

Ozonoterapię stosujemy w przypadku: miażdżycy uogólnionej i miażdżycy zarostowej kończyn, choroby niedokrwiennej mięśnia sercowego, zespołu niedokrwienego mózgu, polineuropatii, stwardnienia rozsianego, wirusowego zapalenia wątroby, nosicielstwa antygenu wirusa zapalenia wątroby, marskości wątroby, zgorzeli gazowej, ropniakach opłucnej, przetok, zakażeń kości, zakażeń związanych z endoprotezo plastyką stawów, powikłaniach zakaźnych stopy cukrzycowej i retinopatii, stanach zapalnych i owrzodzeniach jelita grubego, stanach zapalnych zatok i ucha środkowego, chorób o podłożu

of an allergic base, disease of a bacterial, viral and fungal nature, some neoplastic diseases (1).

Externally, the ozone is applied in case of not healed wounds or wounds healed with difficulty, decubitus, diabetic foot, ulceration due to disorders of venous capillaries, mycosis, burns, empyemas, furuncles, acne and herpes, eczema (1,4,5).

Depending on ozone dosage in therapy, we obtain an appropriate action (1):

1. a dose of 60-75µg/ml – anti-bacterial, fungal and viral action,
2. a dose of 40-45µg/ml – improvement of tissues oxygenation,
3. a dose of 20-30µg/ml – immunostimulating action.

FORMS OF APPLYING OZONE IN CHRONIC WOUNDS

A chronic wound is a wound which does not heal according to an organized scheme, in conformity with stages of healing, in a defined time bracket (6). When one or more stages of healing is disturbed, the wound is not healed, then some authors call it a chronic wound (7). When the wound is settled with bacterial strains, it results in the inhibition of the healing process. As a consequence, the so far local treatment, often with the use of antibiotics, becomes ineffective and leads even to the worsening of the state of the wound and antibiotic resistance of the bacterial flora.

OBJECTIVE OF THE WORK

The objective of the work is to evaluate the influence of local ozonotherapy on the level of chronic wounds eradication with the use of:

- dry ozone baths with the use of an ozone arm
- ozone fluids for external use.

MATERIAL AND METHOD:

In the Centre of Burn Treatment in Siemianowice Śląskie, between November 2011 and January 2012, 32 patients underwent ozone therapy. We used the apparatus for ozonotherapy ATO3 produced by the company Metrum Cryo Flex. Fig.1,2.



Phot. 1. Apparatus for ozonotherapy ATO3 made by Metrum Cryo Flex
Fot. 1. Aparat do ozonoterapii ATO3 firmy Metrum Cryo Flex

alergicznym, chorób o podłożu bakteryjnym, wirusowym i grzybiczym, niektórych chorobach nowotworowych (1).

Zewnętrznie ozon stosowany jest w przypadku nie gojących się lub trudno gojących się ran, odleżyn, stopy cukrzycowej, owrzodzeń z powodu schorzeń naczyń żylnych, grzybic, oparzeń, ropni, czyraków, trądziku i opryszczce, egzemie (1,4,5).

W zależności od sposobu dawkowania ozonu w terapii osiągamy odpowiednie działanie (1):

1. dawki 60-75µg/ml - działanie bakterio- grzybo- wirusobójczo,
2. dawki 40-45µg/ml - poprawa utlenowania tkanek,
3. dawki 20-30µg/ml - działanie immunostymulujące.

FORMY ZASTOSOWANIA OZONU W RANACH PRZEWLEKŁYCH

Rana przewlekła, to rana, która nie ulega gojeniu według uporządkowanego schematu zgodnego z etapami gojenia, w określonym przedziale czasu (6). Kiedy jeden lub więcej etapów gojenia ulega zakłóceniu, rana nie ulega zagojeniu, wówczas przez niektórych autorów określana jest jako rana przewlekła (7). Zasiedlenie ran przez szczepy bakteryjne skutkuje zahamowaniem procesu gojenia. W konsekwencji dotychczasowe leczenie miejscowe, często z zastosowaniem antybiotyków, staje się nieskuteczne a nawet dochodzi do pogorszenia się stanu miejscowego rany oraz antybiotykooporności flory bakteryjnej.

CEL PRACY

Celem pracy jest ocena wpływu formy stosowania ozonoterapii miejscowej na stopień eradykacji ran przewlekłych przy zastosowaniu:

- suchych kąpieli ozonowych przy użyciu rękawa ozonowego
- ozonowanych płynów do zastosowań zewnętrznych.

MATERIAŁ I METODA

W Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich od listopada 2011 roku do stycznia 2012 roku terapią ozonem objęto 32 chorych. Do badań zastosowano aparat do ozonoterapii ATO3 produkcji firmy Metrum Cryo Flex. Zdj. 1,2.



Phot. 2. Apparatus for ozonotherapy ATO3 made by Metrum Cryo Flex
Fot. 2. Aparat do ozonoterapii ATO3 firmy Metrum Cryo Flex

The patients were divided into two groups according to the form of ozone application: the first included 12 patients treated with the use of a bath arm in an oxygen and ozone mixture. In the second group, 5 patients underwent ozone treatment in the form of compresses. 10 patients with a partial cycle of 10 ozonations were excluded from the examination and 5 patients, in whom the smear results before and after the ozonations cycle were sterile. Fig.1. The number and sex of patients is presented in Table 1.

The following patients were qualified for examinations:

- with ulcerations of lower limbs in the course of diabetes - 4 patients
- stanchion ulcerations in the course of venous insufficiency - 8 patients
- burn wounds – 4 patients
- fistula in the course of the Leśniowski-Crohn disease - 1 patient.

Patients with life-threatening complications and pregnant women were excluded from the group.

The effectiveness of the therapy was estimated by the authors by way of the level of the colonization of the wound with bacterial flora in time intervals 0-5-10 days. The material was transferred onto transport base of Stuart type, and then it was cultivated on an appropriate medium. Isolated microorganisms were defined in terms

Pacjentów podzielono ze względu na formę stosowania ozonu na dwie grupy: pierwszą stanowiło 12 pacjentów leczonych przy użyciu rękawa do kąpieli w mieszaninie tlenowo-ozonowej. W drugiej grupie 5 pacjentów poddano leczeniu ozonem w postaci przymoczek. Z badania wyłączono 10 pacjentów z niepełnym cyklem 10 ozonowań oraz 5 pacjentów u których wyniki wymazów przed i po cyklu ozonowań były jałowe. Ryc1. Liczbę i płeć chorych przedstawia Tab.1.

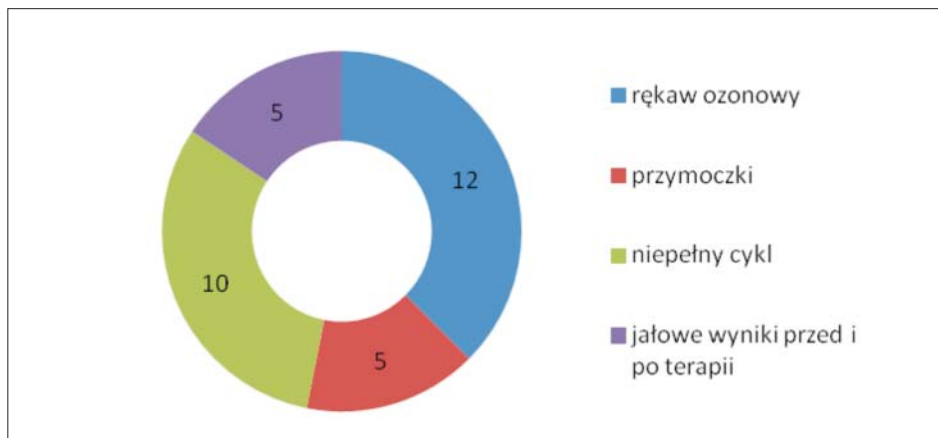
Do badań zakwalifikowano chorych z:

- owrzodzeniami kończyn dolnych w przebiegu cukrzycy - 4 chorych
- owrzodzeniami goleni w przebiegu niewydolności żyłnej - 8 chorych
- ranami oparzeniowymi - 4 chorych
- przetoką w przebiegu choroby Leśniowskiego-Crohna - 1 chora.

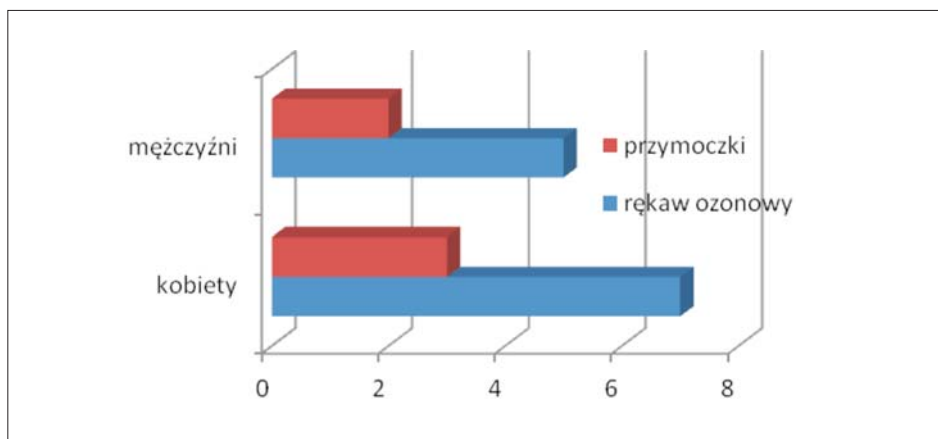
Kryterium wyłączenia z grupy badanej stanowili pacjenci z powikłaniami zagrażającymi życiu oraz kobiety ciężarne.

Jako ocenę skuteczności terapii autorzy przyjęli stopień kolonizacji rany florą bakteryjną w interwałach czasowych 0-5-10 dni. Materiał przenoszono na podłoża transportowe typu Stuart, a następnie posiewano na odpowiednie podłoża hodowlane. Wyizolowane drobnoustroje określano jakościowo i ilościowo, tzn. okre-

Fig. 1. The structure of the examined group
Ryc. 1. Struktura grupy badanej



Tab. 1. The number and sex in examined groups
Tab. 1. Liczba i płeć w grupach badanych



of quality and semiquantitatively, that is defining the growth as mean (+), abundant (++) and very abundant (+++). After identifying the bacterial strain, we defined the drug sensitivity with the use of diffuse and ring-shaped method. We also estimated the stages of healing the wound, cleansing the surface and the creation of clear granulation tissue portending further epithelialisation and potential opportunity of carrying out free skin graft of an intermediate thickness. In all examined patients, we applied a conservative treatment including dressings, edema-protective agents. Each patient qualified for examination underwent ozonotherapy in a 10-day cycle.

Ozone in the examination was administered with the use of an arm for bath in an oxygene and ozone mixture, as well as in the form of dressings with the use of ozonated distilled water.

The bath procedure in an oxygen and ozone mixture consists in a sequence application of an insulated wristband of an ozoneresistant material of 30x80cm. We introduced to the wristband an oxygen and ozone mixture of a concentration of 75 gamma O₃/mlO₂; the ozone procedures were carried out once a day and lasted 15 minutes.

We use distilled water for the compresses lubricated with ozonated solutions. The distilled water was ozonated up to the concentration of 75 gammaO₃/mlO₂, the lubricated dressing was put on the wound.

The outcomes of the examination were presented in the form of photographic records and results of microbiological examinations.

CONCLUSIONS

The results of the researches showed a positive influence of local ozone application. In all patients undergoing the treatment there was surface cleansing and the creation of clear granulation tissue anticipating further epithelialisation. In 7 (41%) cases the created granulation tissue constituted a good base for skin graft. In order to show

ślając wzrost jako skąpy (+), obfity (++) i bardzo obfity (+++). Po zidentyfikowaniu szczepu bakteryjnego określano lekowrażliwość przy użyciu metody dyfuzyjno - krążkowej. Oceniano również etapy gojenia rany, oczyszczenia powierzchni i powstania czystej ziarniny rokującej dalsze naskórkowanie oraz ewentualną możliwość wykonania wolnego przeszczepu skóry pośredniej grubości. U wszystkich badanych pacjentów zastosowano leczenie zachowawcze obejmujące opatrunki, leki flebotropowe. U każdego zakwalifikowanego do badania wykonywano w cyklu 10-dniowym zabiegi ozonoterapii.

Ozon w badaniu był podawany przy użyciu rękawa do kąpeli w mieszaninie tlenowo-ozonowej, oraz w formie opatrunków z wykorzystaniem naozonowanej wody destylowanej.

Zabieg kąpeli w mieszaninie tlenowo-ozonowej polega na odcinkowym założeniu uszczelnionego mankietu z tworzywa ozonoodpornego o wymiarach 30x80cm. Do wnętrza mankietu podawana była mieszanina tlenowo-ozonowa o stężeniu 75 gamma O₃/mlO₂, zabiegi ozonowe wykonywane były raz dziennie i trwały 15 min.

Do przymoczek nawilżonych naozonowanym roztworem, wykorzystano wodę destylowaną, poddaną naozonowaniu do stężenia 75 gammaO₃/mlO₂, nawilżony opatrunek nakładano na ranę.

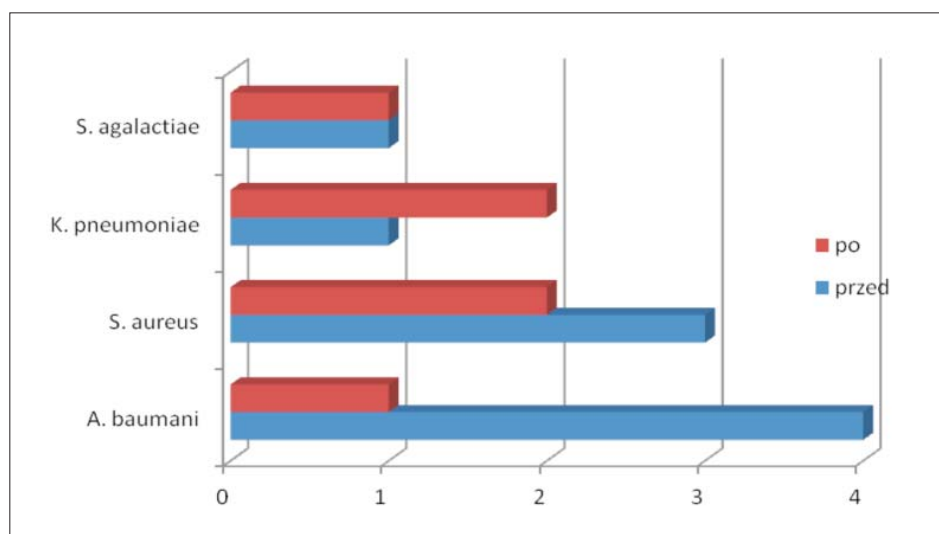
Efekty badania zapisano w postaci dokumentacji fotograficznej oraz wyników badań mikrobiologicznych.

WYNIKI

Wyniki badań wykazały korzystny wpływ stosowania miejscowego ozonu. U wszystkich pacjentów poddanych badaniu doszło do oczyszczenia powierzchni i powstania czystej ziarniny rokującej dalsze naskórkowanie. W 7 (41%) przypadkach, powstała ziarnina stanowiła dobre podłoże do przeszczepu skóry. W celu wykazania skuteczności ozonoterapii w eliminacji bakterii zasiedlających rany wykonywano badania mikrobiologiczne. W grupie bada-

Tab. 2. Bacteria settling the wounds before and after ozonotherapy with the use of ozonated compresses

Tab. 2. Bakterie zasiedlające rany przed i po ozonoterapii przy użyciu przymoczek naozonowanych



the efficacy of ozonotherapy in the elimination of bacteria settling the wound, we carried out microbiological examinations. In the group of examined patients treated with ozone compresses, we obtained in 4 (80%) patients a decline in the number of *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* strains; out of it in 2 (40%) we achieved their complete eradication. Tab. 2. In the group of patients treated with an ozone and oxygen mixture, we obtained in 6 (50%) people a decline in the number of strains *Staphylococcus aureus* in 3 (25%) cases, *Proteus mirabilis* in 2 (17%) cases, *Streptococcus B-hemolyticus* in 1 case (0,83%). Tab.3. Total eradication was obtained in 2 people (16,6%); in one of them, the eradication concerned *Staphylococcus aureus* and in one case *Proteus mirabilis*. The *Pseudomonas aeruginosa* strains in 5 (42%) patients and *Acinetobacter baumannii* in this examined group in 2 patients (17%) remained on the same level both before and after ozonotherapy cycle. Tab.3.

DISCUSSION

Our report on applying local ozonotherapy confirms its positive influence on the process of the treatment course of chronic wounds. In Poland, ozonotherapy was applied in the 80ties by professor Zygmunt Antoszewski in Silesia (1). One method of choice in the treatment of wounds healing with difficulty is to close the surface by means of net grafts – a free full thickness skin graft – FTSG. However, the main problem in those cases constitutes the creation of a granulation tissue in such a state which would enable to take the graft. In the examination of patients in whom local ozonotherapy was applied, we obtained in 7 (41%) people a preparation of the excipient for FTSG. Figures 3,4. Ozone administered locally causes hyperemia and oxygenation of tissues; it favours a better cell respiration, it improves the permeability of the cell membrane, what ensures a better use of oxygen, and so accelerates the healing of wounds (3,5). Besides sur-

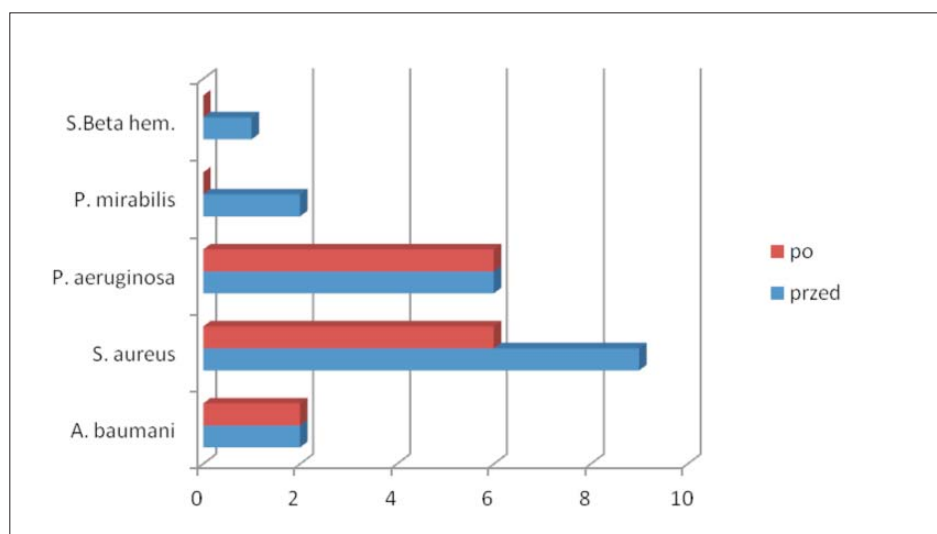
nich pacjentów leczonych w formie przymoczek ozonowych uzyskano u 4 (80%) pacjentów spadek liczby szczepów *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus*, w tym u 2 (40%) uzyskano całkowitą ich eradykację. Tab. 2. W grupie pacjentów leczonych mieszaniną ozonowo-tlenową uzyskano u 6 (50%) osób zmniejszenie liczby szczepów *Staphylococcus aureus* w 3 (25%) przypadkach, *Proteus mirabilis* w 2 (17%) przypadkach, *Streptococcus B-hemolyticus* w 1 przypadku (0,83%). Tab.3. Całkowitą eradykację uzyskano u 2 osób (16,6%) w tym u 1 pacjenta eradykacja dotyczyła *Staphylococcus aureus* i w 1 przypadku *Proteus mirabilis*. Szczepy *Pseudomonas aeruginosa* u 5 (42%) pacjentów oraz *Acinetobacter baumannii* w tej grupie badanej u 2 pacjentów (17%) utrzymywały się na stałym poziomie zarówno przed jak i po cyklu ozonoterapii. Tab.3.

DYSKUSJA

Nasze doniesienie na temat stosowania ozonoterapii miejscowej potwierdza jej korzystny wpływ na proces leczenia ran przewlekłych. W Polsce ozonoterapia zastosowana została w latach osiemdziesiątych przez prof. Zygmunta Antoszewskiego na Śląsku (1). Metodą z wyboru w leczeniu trudno gojących się ran jest zamknięcie powierzchni przy pomocy przeszczepów siatkowych – wolny przeszczep skóry pośredniej grubości – wpspg. Jednakże zasadniczym problemem w tych przypadkach jest wytworzenie ziarniny w takim stanie, który umożliwi przyjęcie przeszczepu. W badaniu u chorych u których zastosowano miejscowo ozonoterapię uzyskano u 7(41%) osób przygotowanie podłoża do wpspg. Zdj.3,4. Ozon podany miejscowo powoduje przekrwienie i natlenowanie tkanek, sprzyja sprawniejszemu oddychaniu komórkowemu, poprawia przepuszczalność błony komórkowej, co zapewnia lepsze wykorzystanie tlenu a tym samym przyspiesza gojenie ran (3,5). Obok chirurgicznej demarkacji tkanek z reguły u chorych stosuje się różnego ro-

Tab. 3. Bacteria settling the wound before and after ozonotherapy with the use of an ozone arm

Tab. 3. Bakterie zasiedlające rany przed i po ozonoterapii przy użyciu rękawa ozonowego



gical demarcation of tissues, we usually, as a rule, apply different types of compresses to patients, e.g. 3% boric acid. So, the treatment with ozone constitutes, besides pharmacological treatment, an additional therapy used to obtain bright red, clean granulation tissue, portending that the graft took (1). A significant and still relevant issue appearing during the treatment of patients with chronic wounds is the infection of the wound. As a result, there is an asthenia of resistance forces and the process of healing (5,8). Among microorganisms most frequently isolated from chronic wounds are non-fermenting bacilli gram-negative: *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter Baumannie* (9). They are especially dangerous due to the specific structure of the cell wall, which contains in its external membrane LPS- lipopolisacharyd. In serious infections, the presence in blood of a great number of bacteria producing LPS constitutes a serious life-risk for the patient. *Pseudomonas aeruginosa* triggers infections in patients with lowered resistance and is one of the

dzaju przymoczki np. 3% kwas borny. Leczenie ozonem stanowi zatem obok leczenia farmakologicznego, terapię dodatkową wykorzystywaną do uzyskania żywoczerwonej, czystej ziarniny, rokującej przyjęcie się przeszczepu (1). Istotnym i wciąż aktualnym problemem pojawiającym się w czasie leczenia chorych z ranami przewlekłymi jest zakażenie rany. W jego wyniku dochodzi do osłabienia sił odpornościowych i procesu gojenia (5,8). Wśród drobnoustrojów najczęściej izolowanych z ran przewlekłych są niefermentujące pałeczki Gram-ujemne: *Pseudomonas aeruginosa* i *Acinetobacter Baumannie* (9). Są one szczególnie niebezpieczne ze względu na specyficzną budowę ściany komórkowej, która posiada w części błony zewnętrznej LPS- lipopolisacharyd. W ciężkich infekcjach obecność we krwi dużej liczby bakterii produkujących LPS stanowi poważne zagrożenie dla życia pacjenta. *Pseudomonas aeruginosa* wywołuje zakażenia u chorych z obniżoną odpornością i jest jedną z głównych przyczyn powstawania posocznicy (9). Era-



Phot. 3. Stanchion ulcerations in the course of venous insufficiency before ozonotherapy

Fot. 3. Owrzodzenia goleni w przebiegu niewydolności żylniej przed ozonoterapią



Phot. 4. Stanchion ulcerations in the course of venous insufficiency after ozonotherapy

Fot. 4. Owrzodzenia goleni w przebiegu niewydolności żylniej po ozonoterapii



Phot. 5. Diabetic foot before ozonotherapy

Fot. 5. Stopa cukrzycowa przed ozonoterapią



Phot. 6. Diabetic foot after ozonotherapy

Fot. 6. Stopa cukrzycowa po ozonoterapii

main causes of haematosepsis (9). *Acinetobacter baumannii* eradication constitutes one of the most difficult and not fully solved problems in the treatment of chronic wounds. In case of this bacteria, all resistance mechanisms to antibiotics – lactamic are described (production of β -lactamase, modification of protein binding penicillins and limitation of permeability of the cell membrane for this group of medicines) (10). The immunization of microorganisms to the applied bacteriocidal preparations and antibiotics make the effectiveness of the therapy significantly more difficult. That is why in patients with chronic wound it is necessary to examine the bacterial flora settled in the wound repeatedly together with the antibiogram in order to select the proper treatment. The effectiveness of the described method showing bacteriocidal action may be evaluated on the basis of the results of *Acinetobacter baumannii* eradication in group treated with ozonotherapy with the use of compresses. In this group, we reported a 80% effectiveness of ozone action on this bacterial strain. The bacteriocidal action of ozone was also reported in other studies (5,8,11). This observation inclines to further researches on a greater number of patients. The studies so far do not tackle the issue of comparing the form of applying ozone locally, that is why it is difficult to refer to the studies. Bocci et al. compare the treatment of patients with the use of hyperbaric chamber and ozonotherapy (12). Treatment with the use of hyperbaric chamber (HBO) consists in oxygen therapy under augmented pressure from 1,5 to 3,0 atmosphere (HBO), whose essence consists in oxygenation of ischemic sites (13). In damaged tissues of the organism, an increase of ischemia and anoxia occurs; the inflammatory process develops causing local edema in the mechanism of the inflammatory process. In regular atmospheric conditions, the oxygen needed for the metabolism of tissues is transferred by the erythrocytes haemoglobin. Only its small amount is physically dissolved in blood serum. In case of an increased amount of oxygen dissolved physically in the plasma, e.g. during HBO treatment, there would be a considerable increase of its permeability to peripheral tissues and those less supplied with blood (13). The authors underline that both the treatment with the use of a chamber and the ozone give good treatment effects. Bocci admits that it is not possible to compare those two methods due to the fact that in the hyperbaric chamber the oxygen is administered under high pressure whereas in the oxygen molecule it constitutes its component (12). In both groups there is the reduction in bacterial growth of *Staphylococcus aureus*. On the basis of the analysis of the research results of other authors (8,11,14) we can indirectly conclude that the elongation of the time of ozone bath session up to 45 minutes may lead to total eradication of *Staphylococcus aureus* from the wound. Ozonotherapy was proved to be applicable in the treatment of not healing feet ulcerations in patients with diabetes, in so-called diabetic foot (1,15,16). In the research, in 4 patients during the treatment of wounds formed in the course of diabetes, loca-

dykacja *Acinetobacter baumannii* stanowi jeden z najtrudniejszych i nie w pełni rozwiązanych problemów w leczeniu ran przewlekłych. W przypadku tej bakterii opisywane są wszystkie mechanizmy oporności na antybiotyki β -laktamowe (produkcja β -laktamaz, modyfikacja białek wiążących penicyliny oraz ograniczenie przepuszczalności błony komórkowej dla tej grupy leków) (10). Uodparnianie się drobnoustrojów na stosowane preparaty bakteriobójcze oraz antybiotyki znacznie utrudnia skuteczną terapię. Dlatego u chorych z ranami przewlekłymi konieczne jest wielokrotne badanie flory bakteryjnej zasiedlającej ranę łącznie z antybiogramem celem dobrania właściwego leczenia. Skuteczność opisywanej przez nas metody wykazującej działanie bakteriobójcze można ocenić na podstawie wyników eradykacji *Acinetobacter baumannii* w grupie leczonej ozonoterapią przy użyciu przymoczek. W grupie tej odnotowaliśmy 80% skuteczność działania ozonu na ten szczep bakterii. Bakteriobójcze działanie ozonu odnotowali również badacze w innych pracach (5,8,11). Obserwacja ta skłania do dalszych badań na większej liczbie pacjentów. Dotychczasowe prace nie poruszają problematyki porównania formy stosowania miejscowo ozonu dlatego trudno odnieść się do prac. Bocci i wsp. porównują leczenie pacjentów przy użyciu komory hiperbarycznej i ozonoterapii (12). Leczenie przy użyciu komory hiperbarycznej (HBO) polega na terapii tlenem pod zwiększonym ciśnieniem od 1,5 do 3,0 atmosfery (HBO), której istotą jest natlenienie miejsc niedokrwionych (13). W uszkodzonych tkankach organizmu narasta niedokrwienie i niedotlenienie, rozwija się proces zapalny powodując obrzęk miejscowy w mechanizmie procesu zapalenia. W normalnych warunkach atmosferycznych, tlen potrzebny do metabolizmu tkanek przenoszony jest przez hemoglobinę erytrocytów. Tylko mała jego ilość jest fizycznie rozpuszczona w surowicy krwi. W przypadku zwiększonej ilości tlenu rozpuszczonego fizycznie w osoczu np. w trakcie leczenia HBO, nastąpi znaczne zwiększenie jego przenikania do tkanek peryferyjnych oraz gorzej ukrwionych (13). Autorzy podkreślają że zarówno leczenie przy użyciu komory, jak i ozonu daje dobre efekty leczenia. Bocci uznaje iż, nie możliwe jest porównanie tych dwóch metod ze względu na fakt iż, w komorze hiperbarycznej tlen jest podawany pod wysokim ciśnieniem natomiast w cząsteczce ozonu jest on jego składową (12). W obu naszych grupach badanych zwraca uwagę redukcja wzrostu bakterii *Staphylococcus aureus*. Na podstawie analizy wyników badań innych autorów (8,11,14) możemy pośrednio wnioskować, iż wydłużenie czasu seansu kąpieli ozonowych do 45 minut może doprowadzić do całkowitej eradykacji z rany *Staphylococcus aureus*. Ozonoterapia znalazła również udokumentowane badaniami, zastosowanie w leczeniu niegojących się owrzodzeń stóp u diabetyków tzw. stopie cukrzycowej (1,15,16). W badaniu u 4 chorych podczas leczenia ran powstałych w przebiegu cukrzycy, zlokalizowanych głównie na kończynach dolnych użycie worka wypełnionego ozonem przyniosło oczyszczenie ran oraz wspomogło gojenie. Zdj.5,6.

ted mainly in lower limbs, the use of a bag filled with ozone brought the cleansing of wounds and supported the healing process. Figures.5,6.

The results of ozonotherapy treatment depend on the correct qualification to therapy, concentration of oxygen and ozone mixture, the number of carried out interventions and therapy duration. The applied ozonotherapy in chronic wounds requires further researches, however it should be applied in combined therapy of wounds.

CONCLUSIONS

- The researches showed the effectiveness of the applied local ozonotherapy, they encourage further examination on a greater group of patients.
- The applied local ozonotherapy with the use of compresses reduced the number of *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* strains;
- we did not report side effects during the treatment.
- Local ozonotherapy in the form of compresses is a simple and relatively cheap method, and its application may be an effective supplement to the antibacterial treatment without fearing the presence of microorganism ozone resistance.

Wyniki leczenia ozonoterapią zależne są od prawidłowej kwalifikacji do terapii, stężenia mieszaniny tlenowo-ozonowej, ilości wykonywanych zabiegów oraz czasu stosowania terapii. Stosowane leczenie ozonem w ranach przewlekłych wymaga dalszych badań, jednak powinno ono znaleźć zastosowanie w leczeniu skojarzonym ran.

WNIOSKI

- Przeprowadzone badania wykazały skuteczność stosowanej ozonoterapii miejscowej, zachęcają do dalszego badania na większej grupie pacjentów.
- Zastosowana ozonoterapia miejscowa przy użyciu przymoczek zredukowała liczbę szczepów *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus*.
- W trakcie leczenia nie odnotowano działań ubocznych.
- Ozonoterapia miejscowa w postaci przymoczek jest metodą prostą i stosunkowo tanią, a stosowanie jej może być skutecznym uzupełnieniem leczenia przeciwbakteryjnego bez obawy wystąpienia oporności drobnoustrojów.

References/Piśmiennictwo:

1. Antoszewski Z, Madej P, et al. Ozonoterapia i jej zastosowanie w medycynie. *Medica Press. Bielsko-Biala pp.17-49,107-127.*
2. Sunnen G.V. Ozone therapies today and tomorrow. *International congress - New Horizons for Ozone Therapies, Spain, June 5-6, 2009.*
3. Altman N. How is Ozone therapy Applied? Chapter 5 of the *Oxygen Prescription. 2011.*
4. Valacchi G, Fortino V, Bocci V. The dual action of ozone on the skin. *British Journal of Dermatology 2005;153(6):1096-100.*
5. Kim HS, Noh SU, Han YW, et al. Therapeutic effects of topical application of ozone on acute cutaneous wound healing. *Journal of Korean Medical Science 2009;24(3):368-74.*
6. F. Werdin, M. Tennenhaus, H.-E. Schaller, et al. Evidence-based Management Strategies for Treatment of Chronic Wounds. *Eplasty. 2009; 9: e19.*
7. Mustoe TA, O'Shaughnessy K, Kloeters O. Chronic wound pathogenesis and current treatment strategies: a unifying hypothesis. *J Plast Reconstr Surg. 2006;117:35-41.*
8. Kaluża G., Rybak Z., Skóra J., et al. Ocena skuteczności ozonoterapii miejscowej w eliminacji patogenów bakteryjnych zasiedlających owrzodzenia żyłne. *Przeg.Flebologiczny; 2003, 11 (1);7-11.*
9. Bielecki P, Glik J, Kawecki M, Martins dos Santos VA. Towards understanding *Pseudomonas aeruginosa* burn wound infections by profiling gene expression. *Biotechnol Lett. 2008 May; 30(5):777-90.*
10. Glik J., Gaździk T.SZ., Kawecki M. Rokowanie u chorych po urazie termicznym z posocznica. *The Journal of Orthopaedics Trauma Surgery and Related Research 3/2010.*
11. Białoszewski D, Kowalewski M. Superficially, longer, intermittent ozone therapy in the treatment of the chronic, infected wounds. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja 2003; 5(5): 652-8.*
12. Bocci V. Ozone- A new medical drug. The dilemma between hyperbaric oxygen therapy (HOT) and ozone therapy. 2nd ed, 2011, Chapter 10, 227-230.
13. Szymańska B, Kawecki M, Knefel G. Clinical aspects of hyperbaric oxygenation. *Wiad Lek. 2006;59(1-2):105-9.*
14. de Monte A, van der Zee H, Bocci V. Major ozonated autohe-motherapy in chronic limb ischemia with ulcerations. *Journal of Alternative and Complementary Medicine 2005;11:363-7.*
15. Martinez-Sanchez G, Al-Dalain SM, Menendez S, Re L, et al. Therapeutic efficacy of ozone in patients with diabetic foot. *European Journal of Pharmacology 2005;523:151-61.*
16. Glik J.