



# Zastosowanie termografii i planimetrii w ocenie efektów tlenoterapii hiperbarycznej w leczeniu trudno gojących się ran podudzi

## Evaluation of hyperbaric oxygen therapy effects in hard to heal wounds studied by thermal imaging and planimetry

Beata Englisz<sup>1</sup>, Armand Cholewka<sup>1</sup>, Grzegorz Kniefel<sup>2</sup>, Grzegorz Liszka<sup>1</sup>, Marek Kawecki<sup>2</sup>, Mariusz Nowak<sup>2</sup>, Karolina Sieroń<sup>3</sup>, Agata Stanek<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instytut Fizyki im. A. Chełkowskiego, Zakład Fizyki Medycznej, Uniwersytet Śląski, ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice, englisz.beata@gmail.com, armand.cholewka@gmail.com

<sup>2</sup> Centrum Leczenia Oparzeń im. dr Stanisława Sakiela w Siemianowicach Śląskich, ul. Jana Pawła II 2, 41-100 Siemianowice Śląskie

<sup>3</sup> Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Zakład Medycyny Fizykalnej Katedry Fizjoterapii, ul. Medyków 12, 40-752 Katowice

<sup>4</sup> Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Batorego 154, 1-902 Bytom

### Streszczenie

### Abstract

Badania prowadzone w Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich mają na celu wykorzystanie nieinwazyjnej techniki, jaką jest obrazowanie termograficzne w ocenie zmian mapy termicznej podudzi wskutek tlenoterapii hiperbarycznej. Ponadto w pracy skupiono się na próbie korelacji pomiędzy powierzchnią otrzymaną z badań planimetrycznych a obszarami izotermicznymi wynikającymi ze zmian metabolicznych tkanek miękkich.

Grupa badawcza stanowiła 25 pacjentów (11 kobiet i 14 mężczyzn) cierpiących na trudno gojące się rany podudzi w wieku  $65 \pm 17$ , leczonych za pomocą tlenoterapii hiperbarycznej. Każdy pacjent poddany był 30 zabiegom w komorze hiperbarycznej, gdzie pojedynczy zabieg trwał 86 minut. Obrazowanie termiczne wykonywano każdorazowo przed, jak i po pojedynczej sesji tlenoterapii. Otrzymane wyniki analizowano zarówno uwzględniając pojedyncze sesje w komorze hiperbarycznej, jak i biorąc pod rozważania pełny cykl leczenia, grupując wyniki pacjentów w poszczególnych okresach trwania całego cyklu: pierwsza część leczenia (0-10 zabiegów) – okres I, druga część (10-20) – II oraz trzecia część leczenia (20-30) – okres III.

Przeprowadzone badania pokazały różnice w parametrach otrzymanych z pomiarów planimetrycznych oraz termicznych.

Na podstawie otrzymanych wyników wydaje się, iż zastosowanie diagnostyki termowizyjnej w przypadku trudno gojących się ran podudzi może dać istotne informacje nie tylko w ocenie efektów leczenia, ale być może w kwalifikacji pacjentów do tlenoterapii hiperbarycznej.

Nasuwa się również wniosek, aby połączyć obie techniki obrazowania, tak aby jednocześnie lekarz miał możliwość oceny rany zarówno na poziomie strukturalnym, jak i zasięgu intensywności procesów metabolicznych, gdyż obie techniki wydają się uzupełniać, co może nieść korzyści w procesie oceny stopnia rozwoju choroby.

**Słowa kluczowe:** termowizja, planimetria, tlenoterapia hiperbaryczna, trudno gojące się rany

The research carried out at the Burn Treatment Center in Siemianowice Śląskie aims to use a non-invasive technique, which is thermographic imaging in assessing changes in the thermal map of hard-healing wounds of the lower leg under the influence of hyperbaric oxygen therapy. In addition, a correlation is sought between the values obtained from planimetric studies with isothermal areas in the context of assessment of metabolic changes in soft tissues.

The research group consisted of 25 patients (11 women and 14 men) suffering from poorly healing wounds in the age of  $65 \pm 17$ , treated with hyperbaric oxygen therapy. Each patient underwent 30 treatments in a hyperbaric chamber, where a single operation lasted 86 minutes.

Thermal imaging was performed each time before and after a single session of oxygen therapy. The obtained results were analyzed both taking into account individual sessions in the hyperbaric chamber and taking into consideration the full course of treatment, grouping the results of patients in individual periods of the whole cycle: first part of treatment (0-10 treatments) – period I, second part (10-20) – II and the third part of treatment (20-30) – period III.

The conducted research showed differences in the parameters obtained from planimetric and thermal measurements. On the basis of the obtained results, it seems that the use of thermovision diagnostics in the case of venous leg ulcers can give important information not only in the assessment of treatment effects, but perhaps in the patients' qualification for this type of therapy.

It also comes to the conclusion that both imaging techniques should be combined so that at the same time the doctor can assess the wound both at the structural level and the extent of metabolic processes, as both techniques seem to complement each other, which may benefit the process of assessing the disease's development.

**Key words:** thermal imaging, planimetry, hyperbaric oxygen therapy, hard-to-heal wounds

otrzymano / received:

06.03.2018

poprawiono / corrected:

04.05.2018

zaakceptowano / accepted:

07.05.2018

## Wprowadzenie

W obecnych czasach problem trudno gojących się ran dotyka sporą część ludności na całym świecie. W dużej mierze do powstania przewlekłych ran przyczyniamy się sami. Choroby metaboliczne, cukrzyca, zakażenia, przewlekła niewydolność żylna są bezpośrednią przyczyną tworzenia się ran. Problem leczenia wciąż narasta, na co wpływ ma nie tylko tryb naszego życia, dieta, ale również zaniedbywanie leczenia, problemy finansowe, jak i starzejące się społeczeństwo [1].

Trudno gojące się rany stanowią poważne powikłania powiązanych ze sobą chorób układu krwionośnego. Zaburzenia te wynikają z miejscowych redukcji przepływu krwi, co w sposób bezpośredni zaburza zaopatrzenie tkanek w składniki odżywcze oraz tlen, w konsekwencji prowadząc do występowania zmian troficznych skóry [2]. Pacjenci kierowani są na leczenie za pomocą tlenoterapii hiperbarycznej, podczas której przebywają w warunkach podwyższonego ciśnienia ok. 2-3-krotnie niż atmosferyczne. Często jednak nie widać, co tak naprawdę dzieje się wewnątrz rany, a możliwości obserwacji leczenia opierają się na wizualnej ocenie lekarza prowadzącego. Stąd też wydaje się koniecznym, aby ułatwić i przyspieszyć chorym drogę diagnostyczną oraz czas ewentualnej hospitalizacji i rekonwalescencji. Należy dążyć do jak najskuteczniejszych metod, dających możliwość nieinwazyjnego, szybkiego i bezbolesnego w przeprowadzaniu monitorowania efektów leczenia oraz jego dalszego prognozowania.

Dlatego połączenie techniki oceny strukturalnej, jaką jest planimetria, z techniką oceny zmian metabolicznych, jaką jest termowizja, może nieść istotne informacje dla procesu diagnostycznego oraz leczniczego.

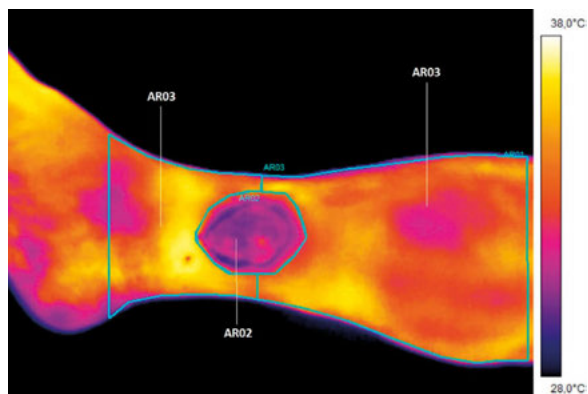
## Prowadzenie badań

Badania prowadzone były we współpracy z Centrum Leczenia Oparzeń im. dra Stanisława Sakiela w Siemianowicach Śląskich. Ocena termiczna, jak i planimetryczna wykonywana była każdorazowo w tych samych warunkach oraz w jednakowym pomieszczeniu. Pacjenci przed przystąpieniem do badań byli poddani procesowi aklimatyzacji do temperatury otoczenia, która wynosiła średnio 22,5 [°C].

Grupę badawczą stanowiło 25 pacjentów (11 kobiet i 14 mężczyzn w wieku 65±17) cierpiących na trudno gojące się rany podudzi. Pacjenci kierowani byli na leczenie za pomocą tlenoterapii hiperbarycznej HBO (ang. *Hyperbaric oxygen therapy*) [3]. Pełen cykl leczenia wynosił 30 zabiegów w komorze hiperbarycznej każdorazowo po 86 minut. Zabiegi odbywały się w dni powszednie. Obrazowanie termiczne wykonano za pomocą kamery termowizyjnej Termovision E60 Flir Systems przed, jak i po wyjściu z komory hiperbarycznej. Jednocześnie wykonywane były zdjęcia planimetryczne (System IRIS firmy Medi.com Sp. z o.o.) pozwalające na uzyskanie informacji strukturalnych powierzchni rany. Dla pogłębienia analizy podzielono grupę badawczą na 3 główne okresy leczenia z podziałem wedle ilości przebytych zabiegów: pierwsza

część leczenia (0-10 zabiegów) – okres I, druga część (10-20) – II oraz trzecia część leczenia (20-30) – okres III.

Uzyskane termogramy analizowano na podstawie poniższego szablonu w programie ThermaCAM Researcher Pro 2.10.



**Fot. 1** Termogram przedstawiający zaznaczone obszary pomiarowe, gdzie:

- Obszar znajdujący się nad raną AR01 (sięgający od połowy obszaru centralnego rany do połowy długości kości piszczelowej)
- Obszar rany AR02 (obszar centralny znajdujący się między stawem skokowym a połową długości kości piszczelowej)
- Obszar znajdujący się pod raną AR03 (sięgający od połowy obszaru centralnego rany do wysokości stawu skokowego)

Źródło: Archiwum własne.

## Wyniki

Obok zaprezentowano obrazy podudzia reprezentatywnego pacjenta, leczonego za pomocą tlenoterapii hiperbarycznej.

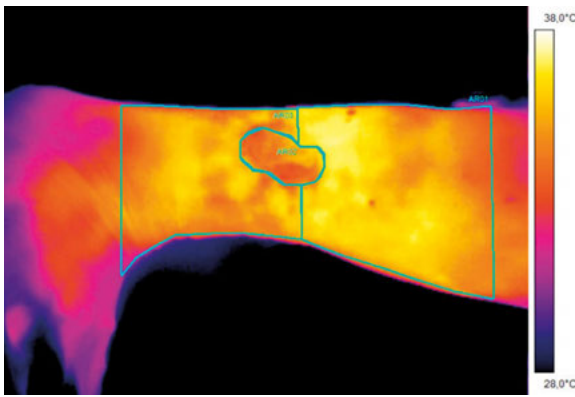
**Tabela 1** Różnice średnich temperatur analizowanych obszarów zainteresowania

Obszar	Tśr przed HBO [°C]	Tśr po HBO [°C]	ΔT
AR01	34,0	33,5	-0,5
AR02	31,1	33,3	-2,2
AR03	32,3	33,6	-1,3

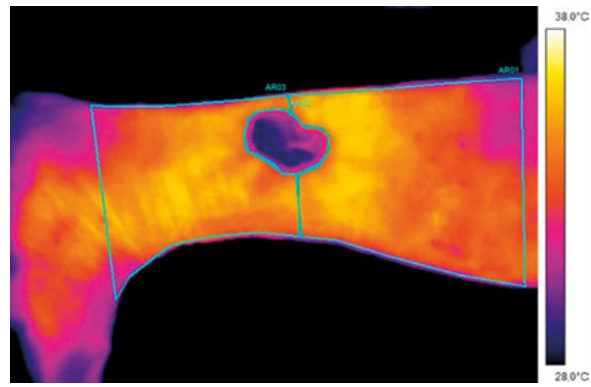
Źródło: Archiwum własne.

Widoczny rozkład temperatury na powyższych termogramach wykonanych bezpośrednio przed oraz po zabiegu HBO różni się między sobą w zauważalny sposób. Zmiany temperatury mogą świadczyć o procesach, jakie zachodzą w trakcie terapii. Zgodnie z literaturą [4] za zamiany rozkładu temperatury odpowiadają m.in. neoangiogeneza, która jest procesem wzrostu naczyń krwionośnych, które są odpowiedzialne za ukrwienie tkanek miękkich, a więc również termoregulację. Poprawa termoregulacji w danym obszarze może prowadzić do wzrostu utlenowania tkanek, co skutkuje zmianami metabolizmu szczególnie w tkankach zlokalizowanych powierzchniowo. W związku z powyższym, jesteśmy w stanie zauważyć te zmiany bezpośrednio za pomocą obrazowania termicznego, czego nie możemy dokonać za pomocą zdjęć cyfrowych [5].

Dla głębszej analizy zmian termicznych przeprowadzono analizę statystyczną otrzymanych parametrów termicznych w trzech zaproponowanych okresach leczenia, co przedstawiono na wykresie 1 w formie wykresów ramkowych.



**Fot. 2** Termogram wykonany przed zabiegiem HBO  
Źródło: Archiwum własne



**Fot. 3** Termogram wykonany po zabiegu HBO  
Źródło: Archiwum własne



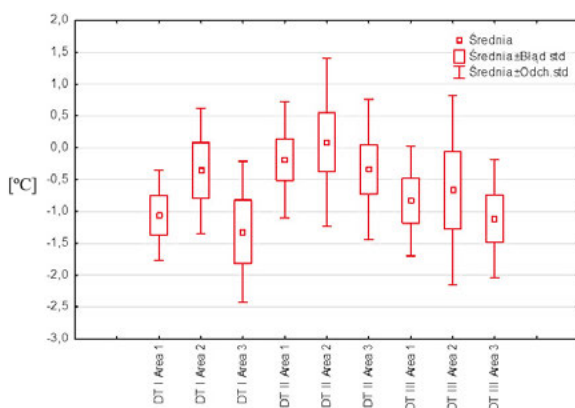
**Fot. 4** Zdjęcie planimetryczne wykonane w dniu zabiegu HBO  
Źródło: Archiwum własne



**Fot. 5** Zdjęcie cyfrowe  
Źródło: Archiwum własne

Z analizy temperaturowej obszarów w poszczególnych okresach wynika, że największe zróżnicowanie termiczne występuje w pierwszym okresie leczenia. Być może to właśnie w tym okresie zachodzą najbardziej dynamiczne zmiany związane z odbudową naczyń włosowatych, gdyż w kolejnym okresie nie widać już tak dużych oscylacji temperatury badanych obszarów zainteresowania. Prawdopodobnie należy tutaj uwzględnić okres ziarninowania, który może manifestować się stosunkowo niewielką odpowiedzią

termiczną obserwowaną na powierzchni ciała. Z kolei obserwowane wartości parametrów termicznych w ostatnim okresie leczenia wydają się mieścić pomiędzy wartościami z I i II okresu. Fakt ten może wskazywać na pewien trend zmniejszenia różnic termicznych obserwowanych dla poszczególnych obszarów w badanych okresach, który być może będzie wykorzystywany w prognozowaniu efektów leczenia, jednakże taki wniosek wymaga potwierdzenia w dalszych badaniach na większej grupie pacjentów.



**Wykres 1** Zmiany średnich temperatur w całym cyklu leczenia dla wszystkich pacjentów biorących udział w badaniach

Analiza termogramów wykazała, iż wartości średnich temperatur różnią się między poszczególnymi sesjami. Temperatura skóry po wyjściu z komory hiperbarycznej w większości przypadków ulega obniżeniu, przy czym różne obszary w różnym stopniu ulegają obniżeniu temperatury. Fakt ten może mieć związek z uruchomieniem procesów związanych ze zmniejszeniem obrzęku występującego przy tego typu ranach, zmniejszeniem stanu zapalnego, jak również neoangiogenezą [6]. Procesy te zachodzą dzięki działaniu tlenoterapii hiperbarycznej, podczas której pacjenci przebywają w warunkach podwyższonego ciśnienia tlenu [7]. Prowadzi to do poprawy mikrokrążenia, wpływając na zmianę temperatury powierzchni ciała. Zmiany te możemy obserwować bezpośrednio na mapach termicznych w postaci zmiany barw okolic zlokalizowanych wokół rany. Nie widziemy tych zmian na zdjęciach cyfrowych, co w sposób oczywisty



ogranicza ilość dostępnych informacji diagnostycznych zdjęć cyfrowych [8].

Termowizja uwidacznia zmiany metaboliczne, natomiast na zdjęciach planimetrycznych jesteśmy w stanie oceniać, jak zmienia się rana na poziomie strukturalnym. W związku z powyższych wydaje się istotnym, aby połączyć obie techniki obrazowania w jeden szybki, łatwy, nieinwazyjny sposób monitorowania, jak i diagnozowania leczenia tego typu schorzeń [9].

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania miały na celu znalezienie odpowiedzi, czy termowizja może nieść istotne informacje na temat klasyfikacji, monitorowania, a także leczenia trudno gojących się ran podudzi.

Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość wykorzystania techniki, jaką jest obrazowanie termiczne w monitorowaniu leczenia przewlekłych ran za pomocą tlenoterapii hiperbarycznej. Zaobserwowano spadek średnich temperatur w obszarach zainteresowania, jak i istotną statystycznie korelację między polem powierzchni rany a obszarem ograniczonym izotermą, przy czym wydaje się, iż powierzchnia obszaru liczona jako liczba pikseli ograniczona izotermą jest zawsze większa.

Niniejsza praca stanowi kolejne przybliżenie w kierunku opisu nowego urządzenia diagnostycznego wykorzystującego i korelującego kilka technik obrazowych, które mogłyby być

stosowane w ocenie trudno gojących się ran, dając lekarzowi nie tylko informacje jakościowe, ale także obiektywne, ilościowe w postaci parametrów planimetrycznych oraz termicznych.

## Literatura

1. G. Oszkinis, M. Gabriel, W. Majewski, F. Pukacki: *Leczenie ran trudno gojących się*, Blackhorse, Warszawa 2006.
2. J. Homans: *The etiology et treatment of varicose ulcer of the leg*, Surg Gynecol Obstet 1917.
3. A. Sieroń (Ed), G. Cieślak (Ed), *Basics Of Hyperbaric Medicine*. A-Medica Press, Bielsko-Biała 2006.
4. A. Cholewka, G. Knefel, A. Stanek, M. Kawecki, M. Nowak, A. Sieroń, Z. Drzazga: *Thermal imaging and TC oximetry measurements of hyperbaric oxygen therapy (HBO) effects on trophic ulceration of the crura*, J J Therm Anal Calorim, 108(1), 2012, 25-31.
5. A. Cholewka, Z. Drzazga, G. Knefel, M. Kawecki, M. Nowak: *Thermal Imaging In Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO)*, Inżynieria Biomedyczna, 16, 2010, 120-122.
6. A. Cholewka, Z. Drzazga, A. Sieroń, A. Stanek, G. Knefel, M. Kawecki, M. Nowak: *Some Applications Of Thermal Imaging In Medicine*, [w:] *Some aspects of medical physics – in vivo and in vitro studies* (red. Z. Drzazga and K. Śłosarek), Monographs of Polish Journal of Environmental Studies, 2010.
7. R.A. Neubauer, M. Walker: *Hyperbaric Oxygen Therapy*. Avery, 375 Hudson St., New York, N.Y. 1998.
8. A. Cholewka, G. Liszka, T. Walentek: *Medycyna hiperbaryczna – podstawy fizyczne*, [w:] A. Sieroń (red.), G. Cieślak (red.): *Zarys medycyny hiperbarycznej*, a-medica Press, wydanie II, Bielsko-Biała 2007.
9. A. Cholewka, G. Knefel, M. Kawecki, M. Nowak, A. Stanek, A. Sieroń, Z. Drzazga, *Thermal Imaging and TC Oximetry Measurements of Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO) Effects on Trophic Ulceration of the Tibias*.

reklama

I OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

# IMPLANTY 2018

## OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

**28 CZERWCA 2018**  
CENTRUM NANOTECHNOLOGII B, AUDYTORIUM  
POLITECHNIKA GDAŃSKA

**DODATKOWE INFORMACJE NA STRONIE KONFERENCJI:**  
<https://mech.pg.edu.pl/zaklad-biomaterialow/implanty-2018>

**CELE KONFERENCJI:**

- przedstawienie obecnego stanu zaawansowania w zakresie prac badawczo-rozwojowych w obszarze implantów zębowych, ortopedycznych i szczękowo-twarzowych.
- stworzenie forum do dyskusji nad współpracą i postępowaniem w przedmiocie spotkania między uczestnikami.

Organizatorzy:

Patroni honorowi:

Patroni medialni: