



Zastosowanie termowizji do czasowej oceny efektów temperaturowych skóry po wykonaniu tatuażu – badanie pilotażowe

The use of thermal imaging for temporary assessment of skin temperature effects after tattooing – pilot study

Aleksandra Mrowiec, Magdalena Skraba, Krzysztof Jagła, Armand Cholewka, Teresa Kasprzyk Kucewicz, Agnieszka Szurko

Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii Biomedycznej, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice, tel.: +48 530 929 259, e-mail: sknfm@us.edu.pl

Wprowadzenie

Termowizja jest bezinwazyjną metodą diagnostyczną, która polega na rejestrowaniu promieniowania podczerwonego emitowanego z powierzchni badanej. Diagnostyka tatuażu została oparta o mapę termiczną, zmian tkanek w czasie.

Człowiek wykazuje staocięplność, która jest konieczna do poprawnego funkcjonowania układu nerwowego, a zatem wszystkich naszych narządów. Jednak stała, a raczej zmienna

w niewielkich granicach ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) temperatura odnosi się wyłącznie do temperatury wewnątrz ciała. Wszelkie odstępstwa od powyższego zakresu mogą oznaczać procesy chorobowe. Z kolei powłoki ciała i kończyny wykazują zmiennościęplność, a zmiany temperatury tych części ciała w dużym stopniu są zależne od czynników zewnętrznych, które wpływają na wartości temperatury tkanek powierzchniowych oraz od aktywności metabolicznej tkanek miękkich. Zatem zmienność temperatury powierzchni ciała pośrednio niesie informacje o procesach metabolicznych

262

Streszczenie

Celem badania było ustalenie, czy tatuaż ma wpływ na mapę temperaturową ciała i jak długo ten efekt się utrzymuje. Obecnie nie ma wystarczających informacji związanych z dokładnym wpływem wykonania tatuażu, przyczynami i czasem utrzymywania się zmian temperaturowych powierzchni ciała [1]. Dynamika takich zmian i ich amplituda może świadczyć o procesie gojenia tkanek lub infekcji, co może mieć znaczenie dla szybkiej reakcji farmakologicznej.

Badanie termowizyjne ramienia wykonano 3 dni przed, a także 3 i 10 dni po wykonaniu tatuażu. Porównanie średniej temperatury powierzchniowej badanych obszarów pokazało znaczące różnice między tymi obszarami. Po upływie 3 dni od wykonania tatuażu, średnia temperatura obszaru nienaruszonej skóry wynosiła $30,4^{\circ}\text{C}$, natomiast obszar pokryty tatuażem $35,8^{\circ}\text{C}$. Różnica temperatury dla tych obszarów wyniosła $5,4^{\circ}\text{C}$. Wraz z gojeniem się skóry różnica temperatury zmniejszała się i efekt zapalny zanikał. Na podstawie przeprowadzonych badań można wywnioskować, że wykonanie tatuażu powoduje wzrost temperatury skóry podobny do ostrej reakcji zapalnej. Ponadto efekt utrzymuje się, choć maleje aż do 10 dnia od zabiegu.

Słowa kluczowe: termowizja, tatuaż, gojenie

Abstract

The aim of the study was to determine whether tattooing affects the body's temperature map and how long this effect persists. Currently, there is insufficient information related to the exact impact of tattooing, the causes, and the duration of temperature changes on the body surface [1]. The dynamics of such changes and their amplitude may indicate the process of tissue healing or infection, which may be important for a rapid pharmacological response.

Thermal imaging of the arm was performed 3 days before, as well as 3 and 10 days after tattooing. A comparison of the mean surface temperature of the examined areas showed significant differences between the areas. 3 days after tattooing, the mean temperature of the intact skin area was 30.4°C , while that of the tattooed area was 35.8°C . The temperature difference for these areas was 5.4°C . As the skin healed, the temperature difference decreased, and the inflammatory effect disappeared. Based on the study, it can be concluded that tattooing causes an increase in skin temperature like an acute inflammatory reaction. In addition, the effect persists, although it decreases until the 10th day after the procedure.

Key words: thermal imaging, tattooing, and healing

otrzymano / received:

25.05.2023

poprawiono / corrected:

05.06.2023

zaakceptowano / accepted:

07.06.2023

i ich aktywności. Dlatego też pomiar temperatury stanowi cenną informację, za pomocą której możemy w pewnym zakresie oceniać dynamikę procesów chorobowych zachodzących na powierzchni ciała, w tym np. proces zapalny wywołany ingerencją tuszu tatuażu oraz późniejszym procesem gojenia się, powstałej bądź co bądź, rany.

Analizując proces gojenia się rany na powierzchni ciała, należy podkreślić jedną z faz – fazę zapalną, stanowiącą etap występowania objawów charakterystycznych dla stanu zapalnego. Obserwujemy wzrost temperatury w badanym obszarze, a wskutek działania histaminy, prostaglandyn, leukotrienów dochodzi do rozszerzenia naczyń krwionośnych, zwiększa się ich przepuszczalność, co klinicznie przejawia się jako obrzęk oraz zaczerwienienie okolic rany. Jest to proces obserwowany tuż po wykonaniu tatuażu. W kontekście prowadzonych w ramach niniejszej pracy badań faza ta jest szczególnie widoczna w termografii w postaci lokalnego wzrostu temperatury.

Badania prowadzone w zakresie wykorzystania termografii w podczerwieni do nauk medycznych wskazują na istnienie możliwości wykorzystania termowizji na szeroką skalę. Prezentacja temperatury ciała w postaci map termicznych niesie za sobą istotne informacje, odzwierciedlając procesy zachodzące w naszym organizmie. Należy podkreślić, że wszystkie procesy fizjologiczne wpływające na zmianę emisyjności tkanek wpływają na zmianę emitowanego przez ciało promieniowania podczerwonego i są możliwe do detekcji za pomocą kamer termowizyjnych [2].

Niniejsze badania można zaliczyć do termowizyjnej oceny zmian dermatologicznych wywołanych tatuowaniem ciała.

Materiał i metoda

Badania przeprowadzono w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach. Badanie termowizyjne ramienia wykonano 3 dni przed, a także 3 i 10 dni po wykonaniu tatuażu. Podczas pomiarów nie stwierdzono u ochotnika żadnych problemów dermatologicznych bądź obecności stanu chorobowego. Przed obrazowaniem osoba badana pozostała w pozycji spoczynkowej, z odsoniętym przez 15 minut obszarem obrazowanym, w celu uzyskania

aklimatyzacji termicznej. Pomieszczenie, w którym wykonano pomiary, miało stabilną temperaturę $22 \pm 1^\circ\text{C}$ i wilgotność 50%. Emisyjność skóry została ustawiona na poziomie 0,98 [3]. Do pomiarów wykorzystano kamerę termowizyjną FLIR T1020, wystarczająco czułą, aby wykryć różnice temperatur do $< 20 \text{ mK}$, zapewniając dokładne wyniki. W analizie termogramów wykorzystano program ThermoCAM Researcher Pro 2.10. Do analizy wybrano obszar tatuażu i obrysowano go. Rycina 1 przedstawia obraz termiczny i odpowiadające im zdjęcia cyfrowe z zaznaczonym obszarem badanym.

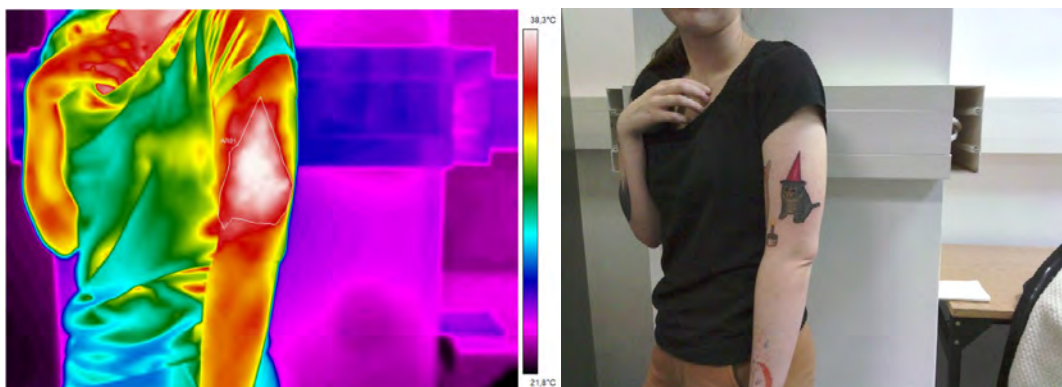
Wyniki i dyskusja

Na rycinach 1 i 2 przedstawiono zdjęcie cyfrowe oraz termogramy przed i po wykonaniu tatuażu, a także 3 i 10 dni po procedurze tatuowania.

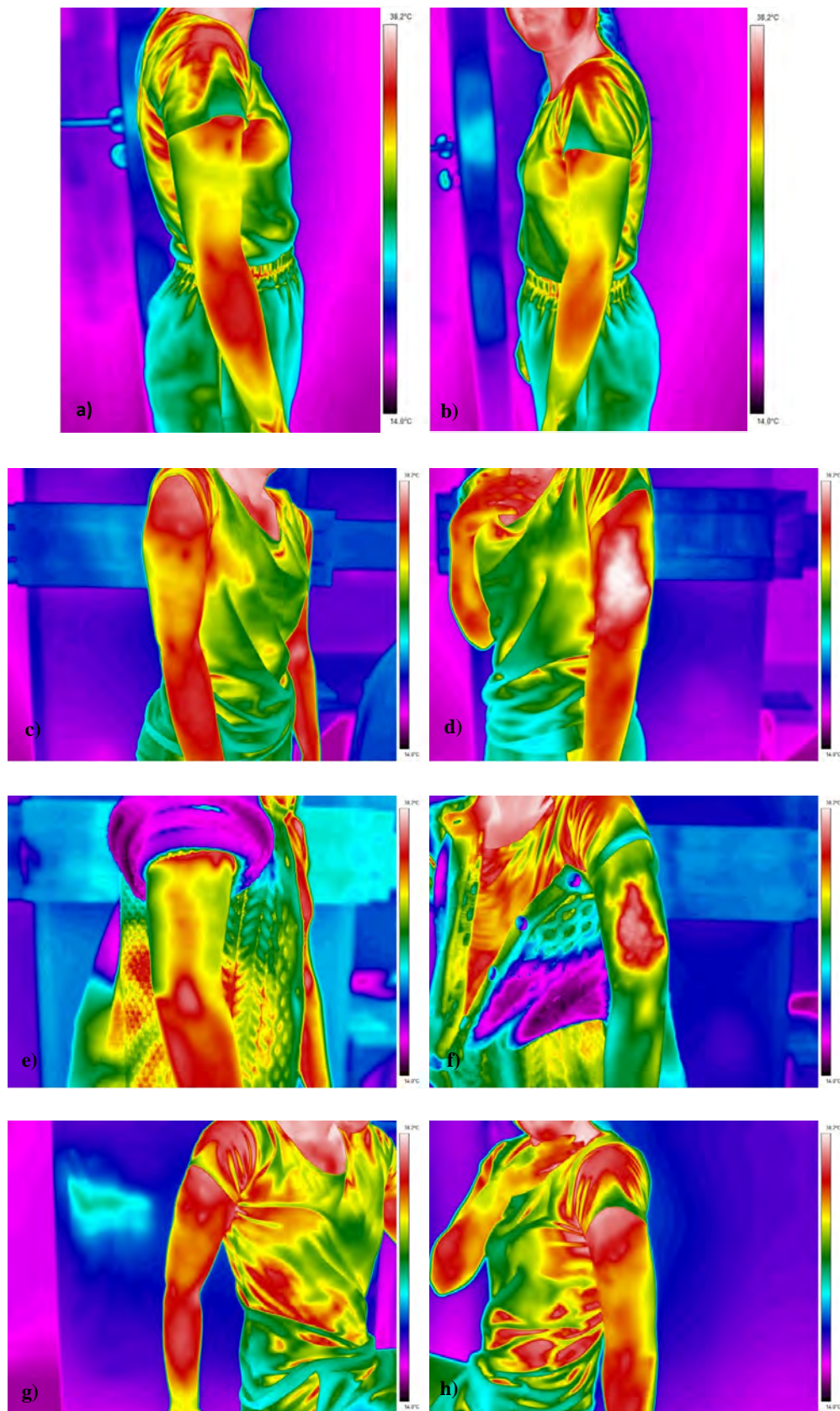
Trzy dni przed wykonaniem tatuażu wykonane zostały wstępne termogramy obszaru badanego oraz kontrolnego (Ryc. 2, podpunkty a, b), który był w tym przypadku na prawym ramieniu. Temperatura lewego ramienia, gdzie miał być umiejscowiony tatuaż, wynosiła $28,2^\circ\text{C}$. Zarówno obszar badany, jak i kontrolny wykazywały monotoniczną temperaturę powierzchni skóry, bez widocznych lokalnych zmian temperatury.

Kolejne badanie powtórzono 3 dni po wykonaniu tatuażu (Ryc. 2, podpunkty c, d), średnia temperatura ramienia badanego wynosiła $35,8^\circ\text{C}$, a maksymalna $38,2^\circ\text{C}$. Dla porównania temperatura ramienia po stronie kontrolnej, która nie było pokryta tatuażem, była o $5,1^\circ\text{C}$ mniejsza. Zatem możemy wywnioskować występowanie stanu zapalnego w obszarze wykonanego tatuażu. Dla lepszego zobrazowania różnicy temperatur ochotnik został poproszony o wejście do komory kriogenicznej na 4 minuty. Komora była ustawiona na 0 stopni Celsjusza. Po 4 minutach zobrazowano obszar badany oraz kontrolny (Ryc. 2, podpunkty e, f). Temperatura ręki badanej wyszła $30,7^\circ\text{C}$, a ręki kontrolnej $26,5^\circ\text{C}$. Jest to różnica $4,2^\circ\text{C}$.

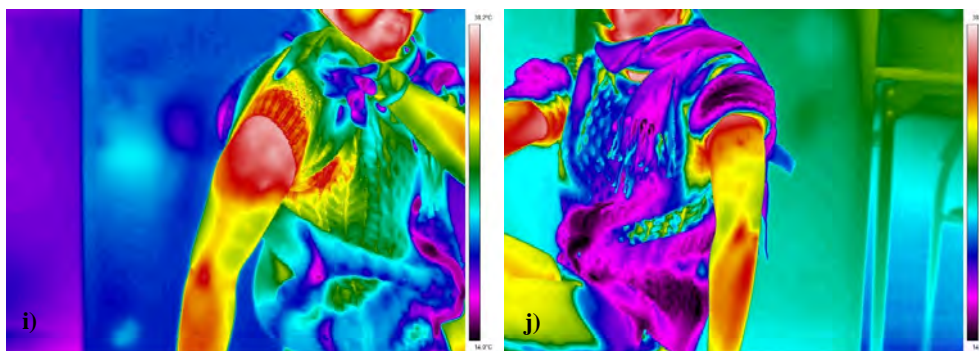
Następne badanie zostało zrobione 10 dni od wykonywania tatuażu (Ryc. 2, podpunkty g, h). Stan zapalny zaczyna stopniowo zanikać, podwyższona temperatura nadal występowała.



Ryc. 1 Przykładowy termogram przedstawiający tatuaż z zaznaczonym obszarem zainteresowania oraz zdjęcie cyfrowe
Źródło: Materiał własny.



Ryc. 2 a-h Termogramy tatuażu z widoczną różnicą temperatur pomiędzy ramieniem kontrolnym a badanym, a) i b) 3 dni przed wykonaniem tatuażu, c) i d) 3 dni po wykonaniu tatuażu, e) i f) po 4 minutach w komorze kriogenicznej, g) i h) 10 dni po wykonaniu tatuażu
Źródło: Archiwum własne.

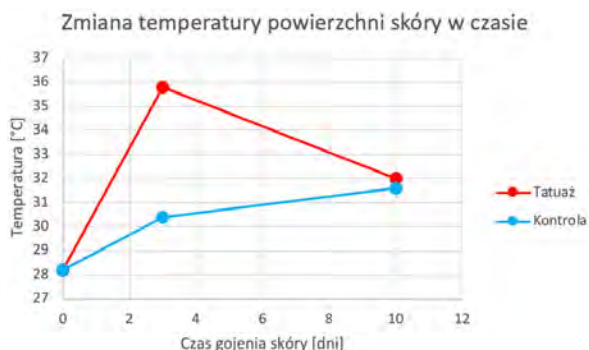


Ryc. 2 i-j Termogramy tatuażu z widoczną różnicą temperatur pomiędzy ramieniem kontrolnym a badanym, po 4 minutach w komorze kriogenicznej

Źródło: Archiwum własne.

Obszar tatuażu ma 32°C, a obszar kontrolny 31,6°C. Jest to różnica 0,4°C. Powtórzono znów badanie w komorze kriogenicznej dla lepszego zobrazowania zmian temperatury tkanek (Ryc. 2, punkty i, j). Tym razem obszar badany ma niższą temperaturę od obszaru kontrolnego. Obszar badany 24,7°C, obszar kontrolny 24,1°C, różnica 3,4°C. Zmiana może być związana z szybszą reakcją tkanek uszkodzonych, które pod wpływem niskiej temperatury ochładzają tkanki uszkodzone.

Na rycinie 3 przedstawiono wykres zmian temperatury obszaru poddanego tatuowaniu w czasie: 3 dni przed tatuowaniem, 3 dni po tatuowaniu oraz 10 dni po tatuowaniu.



Ryc. 3 Wykres zmiany temperatury powierzchni skóry w czasie 10 dni

Źródło: Materiał własny.

Analiza termogramów wykazała istotne różnice w temperaturze powierzchni skóry między obszarem tatuażu a obszarem kontrolnym. Dynamiczny wzrost temperatury przez pierwsze trzy doby świadczy o ostrym stanie zapalnym związanym z naruszeniem ciągłości skóry i procesami biologicznymi, mającymi za zadanie ochronę otwartej rany i przyspieszenie gojenia [4]. Reakcja organizmu na to uszkodzenie może wpływać na lokalną temperaturę. Jednak już po trzeciej dobie obserwuje się obniżenie temperatury, co świadczy o działaniu procesów regeneracyjnych. Termoregulacja ulega poprawie, obrzęk zmniejsza się, a temperatura spada.

Dla lepszego zobrazowania zmian wartości temperatury zebrano w tabeli 1 i 2, przedstawiającej zmiany liczbowe i procentowe w odpowiednich interwałach czasowych zarówno dla średniej temperatury, jak i maksymalnej.

Tabela 1 Wartości średnich i maksymalnych temperatur skóry

	Przed tatuażem 2.12.2022	Obszar kontrolny 9.12.2022	Obszar badany 9.12.2022	Obszar kontrolny 16.12.2022	Obszar badany 16.12.2022
Średnia temp.	28.2°C	30.4°C	35.8°C	31.6°C	32.0°C
Max temp.	29.5°C	31.2°C	38.2°C	33.5°C	33.5°C

Źródło: Materiał własny.

Tabela 2 Zaobserwowane różnice w średniej temperaturze skóry dla odpowiednich obszarów

	Średnia temperatura	
	Różnica	Zmiana
3 dni przed vs. 3 dni po	7.6°C	+27%
Obszar kontrolny vs. badany po 3 dniach	5.4°C	+18%
Obszar kontrolny vs. badany po 10 dniach	0.4°C	+1%

Źródło: Materiał własny.

Podsumowanie

- Badania pokazały, iż tatuaż wyzwała ostry stan zapalny skóry, prowadząc do wzrostu średniej temperatury tatuowanej powierzchni nawet do 6°C w ciągu 3 dnia od zabiegu.
- Nawet 10 dni od zabiegu temperatura ciała jest znacznie wyższa niż skóry nietatuowanej, co wciąż wskazuje na istnienie stanu zapalnego, jednakże proces ten wykazuje tendencje spadkowe.
- Obrazowanie termiczne może być przydatne w ocenie procedury tatuowania skóry i efektów klinicznych z tym związanych. ^B

Piśmiennictwo

1. B. Zagrody: *Can Tattoo Influence a Thermal Image? A Case Report*, Biomechanics in Medicine, Sport and Biology, 2021, 154–158.
2. A. Cholewka, Z. Drzazga, A. Sieroń, A. Stanek, G. Knefel, M. Kawecki, M. Nowak: *Some Applications of Thermal Imaging in Medicine*, [in:] Z. Drzazga, K. Śłosarek (Eds.): *Some Aspects of Medical Physics – In Vivo and In Vitro Studies*, Polish Journal of Environmental Studies, 2010, 51–58.
3. J. Bauer, E. Dereń: *Standaryzacja badań termograficznych w medycynie i fizykoterapii*, Acta Bio-Optica et Informatica Medica Inżynieria Biomedyczna, 1, 2014, 11-20.
4. Z. Wang, F. Qi, H. Luo, G. Xu, D. Wang: *Inflammatory Microenvironment of Skin Wounds*, Frontiers in Immunology, 13, 2022, 789274.