

**lek. dent. Michał Kotlarski**  
**Ocena termografii jako metody uzupełniającej diagnostykę**  
**i monitorowanie efektów leczenia chorób głowy i szyi.**

**Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu**  
**w dyscyplinie nauki medyczne**

Promotor: dr hab. n. med. Paweł Jaromir Zawadzki

Promotor pomocniczy: dr n. med. Michał Szałwiński

Klinika Chirurgii Czaszkowo – Szczękowo – Twarzowej, Chirurgii Jamy Ustnej  
i Implantologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych  
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2023

## STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM

Ciepło powstaje w organizmie jako produkt komórkowych procesów metabolicznych. Jest to tak zwane ciepło endogenne. Zaś ciepło egzogenne to takie, które pozyskujemy ze środowiska. Wymiana ciepła pomiędzy organizmem i otoczeniem zachodzi głównie na drodze: konwekcji, przewodzenia, promieniowania elektromagnetycznego oraz parowania. Dla prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu niebezpieczne są zmiany temperatury wewnętrznej przekraczające o 4 °C wartość prawidłową, ponieważ mogą doprowadzić do zaburzeń działania i uszkodzenia komórek. Człowiek jest organizmem stałocieplnym, dzięki działaniu kilku złożonych mechanizmów i nazywa się to termoregulacją. Organizm człowieka może w razie potrzeby poprzez skórę zwiększać lub zmniejszać wymianę ciepła z otoczeniem. Pod wpływem zimna dochodzi do zwiększenia wytwarzania ciepła oraz zmniejszenia jego utraty. Procesy odwrotne zachodzą pod wpływem ciepła. Reakcje te mają charakter somatyczny, autonomiczny, hormonalny i behawioralny. Sprawność tych mechanizmów jest na tyle wysoka, że adaptacja zachodzi zanim zdąży się zmienić temperatura wewnątrz organizmu.

Każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Jest to spowodowane pobudzeniem termicznym elementów materii: jonów, atomów i cząsteczek. Widmo tego promieniowania jest widmem ciągłym i obejmuje zakres promieniowania elektromagnetycznego od fal rentgenowskich aż do mikrofal. Prawo Wiena mówi o tym, że wraz ze wzrostem temperatury obiektu maksymalna moc promieniowania przesuwa się w stronę fal krótszych. Ze względu na swoją temperaturę ciało człowieka wysyła promieniowanie w zakresie niewidzialnych dla ludzkiego oka fal podczerwonych. Ludzkie oko rejestruje zakres promieniowania o długości fali elektromagnetycznej od 400 do 750 nm.

Urządzeniami zdolnymi do rejestrowania niewidzialnego dla nas promieniowania podczerwonego są pirometry oraz kamery termowizyjne. Kamera ta zbudowana jest z: obiektywu, detektora podczerwieni, układów elektronicznych analizujących dane oraz najczęściej monitora wizualizującego dane. Praca kamery polega na rejestracji promieniowania podczerwonego i na tej podstawie obliczenia temperatury badanego obiektu. Efektem jej pracy dwuwymiarowy obraz nazywany termogramem i przedstawiający rozkładu temperatury na powierzchni. Zgromadzone w ten sposób dane mogą być później poddane dalszej analizie. Ludzkie ciało jest dobrym obiektem

badawczym ze względu na jego parametry fizyczne, ponieważ emisyjność ludzkiego ciała jest zbliżona do ciała doskonale czarnego i wynosi 0,97. Przy zachowaniu odpowiednich standardów przeprowadzanych badań można ograniczyć wpływ czynników zakłócających pomiary, a uzyskiwane wyniki są wiarygodne i powtarzalne. Termografia jako nieinwazyjna metoda pomiaru temperatury na odległość znajduje coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach, np.: w wojsku, astronomii, przemyśle, budownictwie, rolnictwie, w wykrywanie osób z podwyższoną temperaturą ciała w miejscach publicznych w trakcie pandemii oraz znajduje coraz szersze wykorzystanie w medycynie.

Zapalenie jest złożonym i dynamicznym procesem obronnym zachodzącym po zadziałaniu bodźca uszkodzającego w żywych i unaczynionych tkankach. Ma na celu usunięcie czynnika uszkodzającego oraz naprawę skutków tego uszkodzenia. Nieodłączną częścią ostrego zapalenia jest rozszerzenie naczyń krwionośnych, zwiększenie przepuszczalności ścian tych naczyń oraz zwiększenie przepływu krwi przez tkanki objęte zapaleniem. Odpowiada to za powstanie m.in. dwóch kardynalnych objawów zapalenia takich jak: zaczerwienienie tkanek i wzrost ich temperatury na powierzchni względem zdrowych tkanek otaczających.

Pacjenci ze stanami zapalnymi i ropniami w obrębie głowy i szyi stanowią liczną grupę chorych wymagających hospitalizacji i leczenia na oddziale chirurgii szczękowo – twarzowej. Ostre zapalenia tkanek miękkich w obrębie twarzy i szyi są najczęściej spowodowane zębopochodnym zakażeniem bakteryjnym i jest to często występująca patologia w tym obszarze. Przyczyną wystąpienia zapalenia jako naturalnej reakcji obronnej organizmu jest wniknięcie i namnożenie bakterii w tkankach człowieka. Sprzyja temu obecność licznej oraz zróżnicowanej flory bakteryjnej w obrębie przede wszystkim jamy ustnej, jamy nosowej, gardła oraz zatok obocznych nosa. Leczenie pacjentów ze stanami zapalnymi w obrębie głowy i szyi można podzielić na farmakologiczne i zabiegowe. Podawane pacjentom leki to najczęściej antybiotyki oraz leki przeciwbólne. Leczenie chirurgiczne polega natomiast na nacięciu i drenażu zbiornika treści ropnej w warunkach znieczulenia miejscowego lub ogólnego.

Diagnostyka stanów zapalnych opiera się na wywiadzie, badaniu przedmiotowym oraz wykonywaniu badań dodatkowych. Uzupełnieniem badań obrazowych może być badanie termograficzne przeprowadzane przy pomocy kamery termowizyjnej mające na celu ocenę rozkładu temperatury na powierzchni ciała, ponieważ wiadomo, że cechą

stanu zapalnego jest miejscowe zwiększenie temperatury spowodowane rozszerzeniem naczyń krwionośnych i zwiększonym przepływem krwi.

Celem pracy było ocena termografii jako metody uzupełniającej diagnostykę i monitorującej efekty leczenia stanów zapalnych obszaru głowy i szyi, a w szczególności ocena rozkładu temperatury na powierzchni twarzy i szyi u pacjentów zdrowych oraz z występującymi stanami zapalnymi. W przypadku pacjentów zdrowych celami badania było również sprawdzenie czy rozkład temperatur jest symetryczny, czy występują w obrębie twarzy lub szyi jakieś stałe punkty o wartościach temperatury najbardziej zbliżonych do temperatury wnętrza ciała oraz czy takie czynniki jak wiek, płeć lub BMI mogą mieć wpływ u poszczególnych ludzi na wartość temperatury na powierzchni skóry twarzy i szyi. W przypadku osób z jednostronnymi stanami zapalnymi celem pracy było porównanie wzrostu temperatury w porównaniu do strony przeciwległej, niezmienionej oraz ocena zmian tych wartości w czasie w trakcie kolejnych dni leczenia. W badaniu porównywano również różnice w rozkładach temperatury twarzy i szyi pomiędzy osobami zdrowymi i osobami ze stanami zapalnymi w celu oceny przydatności badania termograficznego.

W badaniu wzięło udział łącznie 89 osób, obydwu płci, w różnym wieku oraz różnej wagi i wzrostu. Osoby te miały wykonywane przy pomocy kamery termowizyjnej badania twarzy i szyi w porównywalnych, ściśle określonych warunkach, aby ograniczyć wpływ czynników zewnętrznych na wykonywane pomiary temperatury. Następnie zgromadzony materiał badawczy został poddany analizie statystycznej.

Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że w przypadku zdrowych osób nie występują istotne statystycznie różnice w rozkładzie temperatury pomiędzy odpowiadającymi sobie, symetrycznymi stronami ciała. Kąt przyśrodkowy oka jest stałym punktem o wartości temperatury zbliżonej do temperatury wnętrza ciała. Czynniki takie jak: wiek, płeć i poziom odżywienia człowieka wyrażony poprzez BMI ma wpływ na wartość temperatury na powierzchni ciała. W przypadku pacjentów ze stanami zapalnymi potwierdzono przypuszczenia, że miejscowo występuje wzrost temperatury na powierzchni twarzy i szyi w porównaniu do strony przeciwległej tego samego badanego pacjenta oraz istnieją istotne statystycznie różnice w porównaniu do pacjentów zdrowych. Stwierdzono również, że istnieją zauważalne różnice, czyli spadki temperatury na powierzchni obserwowane w kolejnych dniach leczenia stanów zapalnych.

Przeprowadzone badanie wykazało, że termografia może być uzupełnieniem konwencjonalnych badań diagnostycznych oraz ułatwieniem w codziennym

monitorowaniu procesu leczenia pacjenta. Wykonywanie zdjęć termograficznych jest bezpieczne dla pacjenta, nieinwazyjne oraz dostarcza istotnych informacji odnośnie zmian temperatury na powierzchni ciała w przypadku występującego procesu zapalnego. Badania nad zastosowaniem termografii w medycynie na pewno powinny być kontynuowane.