

Przemysław RYBACZEWSKI*

BADANIE MOŻLIWOŚCI PRZEŚWIETLANIA PERYFERYJNYCH CZĘŚCI CIAŁA PRZY UŻYCIU PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO

W pracy przedstawiono wynik badań możliwości prześwietlania peryferyjnych części ciała przy użyciu promieniowania optycznego. Badania przeprowadzono dokonując prześwietlenia kilku dłoni w konfiguracji emiter promieniowania optycznego – obiekt – kamera CMOS. W badaniach wykorzystano pojedyncze i wielopunktowe elektroluminescencyjne źródła promieniowania w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni. Najlepsze efekty uzyskano dla fal o długości: 660nm, 870nm i 940nm (które odpowiadają kolejno barwie czerwonej oraz bliskiej podczerwieni). Monochromatyczną kamerę CMOS o charakterystyce widmowej obejmującej bliską podczerwień dołączono do komputera klasy PC. Uzyskane obrazy wykazały możliwość obserwacji płytko położonych (od strony kamery) naczyń krwionośnych i struktur kostnych. Ponadto zbadano możliwość wykrywania ciał obcych znajdujących się w strukturze obiektu.

1. WSTĘP

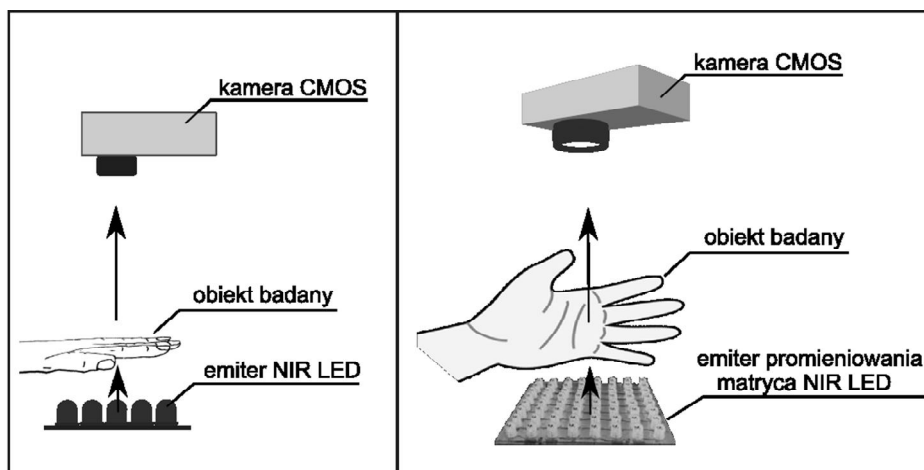
Celem pracy jest zbadanie możliwości prześwietlania peryferyjnych części ciała przy użyciu promieniowania optycznego z zakresu widzialnego oraz bliskiej podczerwieni pochodzącego od diod elektroluminescencyjnych.

2. STANOWISKO BADAWCZE

Stanowisko badawcze składa się z: emitera promieniowania optycznego, obiektu badanego oraz kamery CMOS. Funkcję emitera promieniowania w zakresie widzialnym oraz podczerwieni pełnią diody elektroluminescencyjne o długościach fal: 660 nm, 870 nm, 940 nm (które odpowiadają kolejno barwie czerwonej oraz bliskiej podczerwieni). Odbiornikiem promieniowania jest monochromatyczna kamera CMOS dołączona za pośrednictwem interfejsu USB 2.0 do komputera klasy PC. Jej rozdzielczość wynosi: 1,3 Megapixela (1280x1024 pixeli).

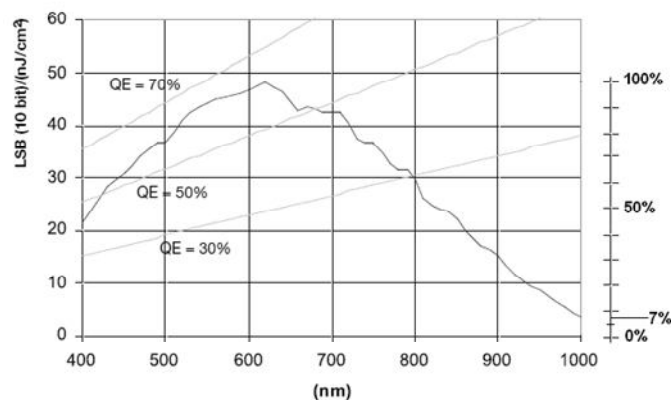
Zastosowana kamera ma charakterystykę widmową obejmującą bliską podczerwień do długości fali 1000 nm przy około 93% tłumieniu. Charakterystykę widmową matrycy kamery CMOS przedstawiono na rysunku 2. W celu

wyznaczenia procentowej wartości tłumienia obok charakterystyki umieszczono dodatkową oś liczbową.



Rys. 1. Stanowisko badawcze – widok w przekroju oraz w trójwymiarze

Spectral response & Quantum efficiency



Rys. 2. Charakterystyka widmowa kamery [1]

3. PROBLEMY ZWIĄZANE Z PRZEŚWIETLANIEM TKANEK ŻYWYCH

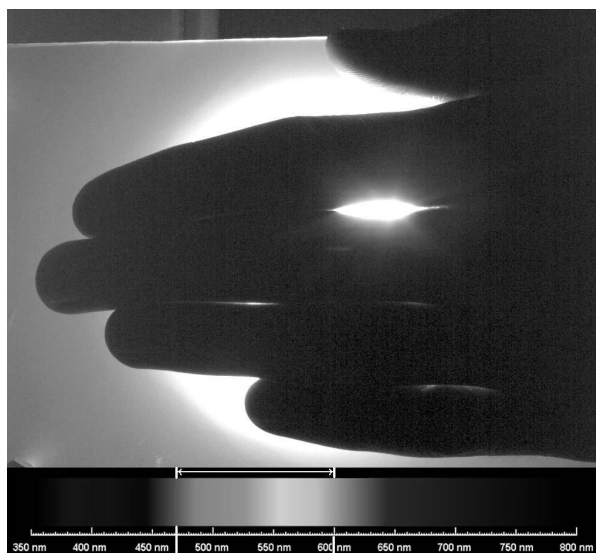
Środowisko tkanki żywej to obiekt optycznie mętny charakteryzujący się silną absorpcją oraz rozpraszaniem promieniowania optycznego. Wiązka promieniowania przechodząc przez warstwy tkanki grubej ulega wielokrotnym

odbiciom w przód oraz wstecz co w konsekwencji prowadzi do całkowitej absorpcji lub znacznego osłabienia strumienia świetlnego. Wymienione zjawiska rzutują również na wyrazistość obserwowanego obrazu, a także na zdolność rozpoznawania szczegółów struktury, która jest szczególnie istotna przy wykrywaniu anomalii w procesie diagnozowania obiektu. Zwiększanie mocy optycznej źródła jest podyktowane dopuszczalną gęstością energii wynoszącą $329\text{mJ}/\text{cm}^2$ [5]. Wzrost mocy powyżej dopuszczalnej może prowadzić do trwałego uszkodzenia obiektu. Jest to kryterium ostateczne, jednoznacznie określające obiekty, które można poddać prześwietleniu. A zatem ciało ludzkie można podzielić na obiekty „optycznie grube” takie jak: tułów, kończyny górne i dolne (z wyłączeniem ręki oraz stopy) oraz „optycznie cienkie” np. ręce, stopy, piersi.

4. REZULTATY PRZEŚWIETLANIA CZEŚCI GRZBIETOWEJ RĘKI

Dla celów porównawczych w trakcie badań zastosowano długości fal z zakresu od 470 nm do 940 nm. Potwierdzono jednoznacznie wcześniejsze przypuszczenia o nieefektywności prześwietlania promieniowaniem z zakresu od 470 nm do 600 nm. Zjawisko to jest spowodowane obecnością hemoglobiny w erytrocytach krwi, które silnie absorbują promieniowanie o długościach fali poniższej 625 nm [2].

Ponadto na rys. 3 są widoczne lokalne przesterowania detektora w przestrzeniach między palcami.

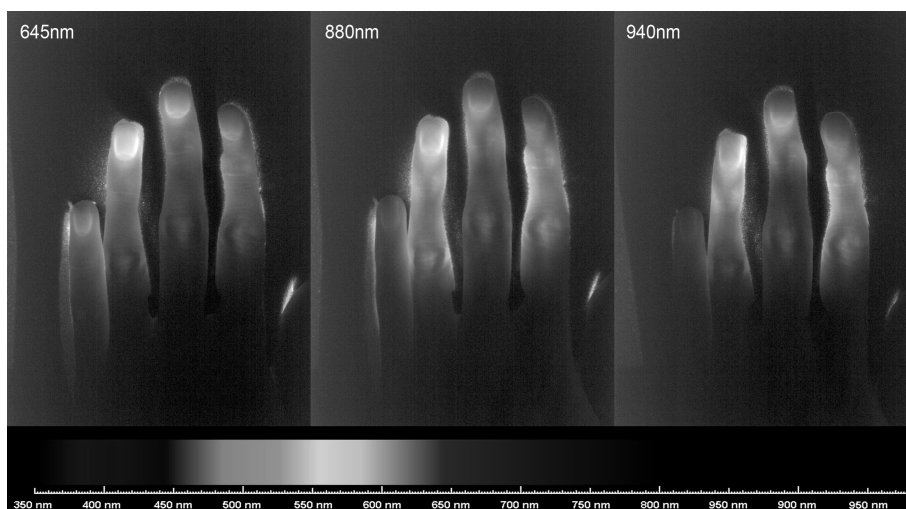


Rys. 3. Próba prześwietlania długościami fal z zakresu od 470 nm do 625 nm

W celu ich wyeliminowania, w kolejnych próbach obszary te uszczelniono pianką poliuretanową o odpowiedniej gęstości.

Kolejne testy wykazały, że efektywne prześwietlenie uzyskuje się dla długości fal równych lub wyższych od 625 nm.

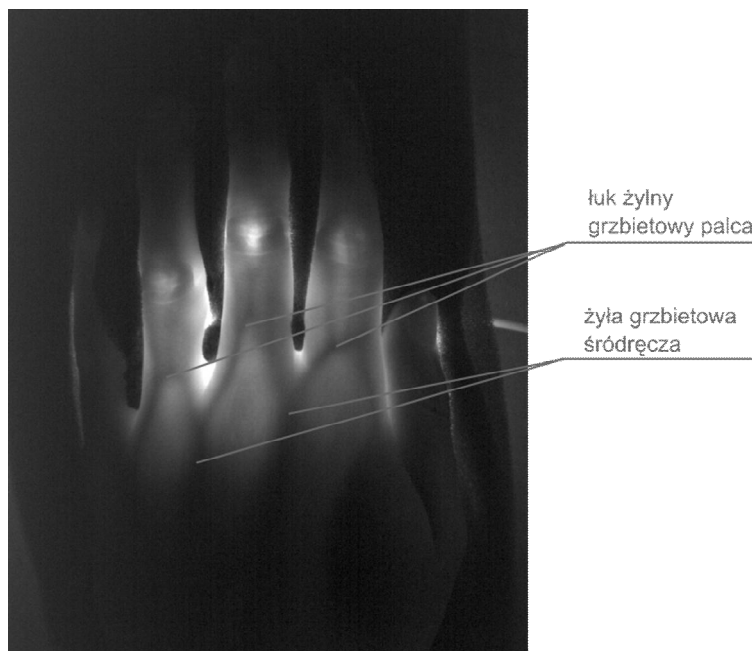
Poniżej na rys. 4 przedstawiono ten sam obszar ręki prześwietlony dla trzech różnych długości fali.



Rys. 4. Porównanie rezultatów prześwietlenia grzbietowej strony ręki lewej dla trzech różnych długości fal

Na zdjęciach w podczerwieni (880nm i 940nm) uwidaczniają się powierzchniowe naczynia krwionośne biegnące wzdłuż palca i rozgałęziające się tuż przed paznokciem.

W kolejnej ekspozycji (rys. 5) dokonano próby prześwietlenia śródreżca lewej ręki. Otrzymano obraz fragmentu żył grzbietowych śródreżca oraz są widoczne łuki żylnie grzbietowe palca [2]. Zarejestrowane żyły są położone na niewielkiej głębokości pod skórą i ponadto są stosunkowo grube. Na prześwietleniu nie są natomiast rejestrowane mięśnie i ścięgna mięśnia prostownika palców widoczne nieuzbrojonym okiem na powierzchni grzbietowej ręki. Zatem z przeprowadzonego badania wynika jednoznacznie, iż układ mięśniowy jest transparentny dla promieniowania w zakresie bliskiej podczerwieni. Warto zauważyć, że nie są również widoczne położone głębiej na odpowiednich mięśniach międzykostnych tętnice grzbietowe śródreżca. W pewnych znacznych odcinkach nakładają się one z żyłami grzbietowymi stąd uzyskanie rozróżnienia tych dwóch naczyń krwionośnych jest niemożliwe[2].



Rys. 5. Prześwietlenie śródreżca grzbietu ręki lewej

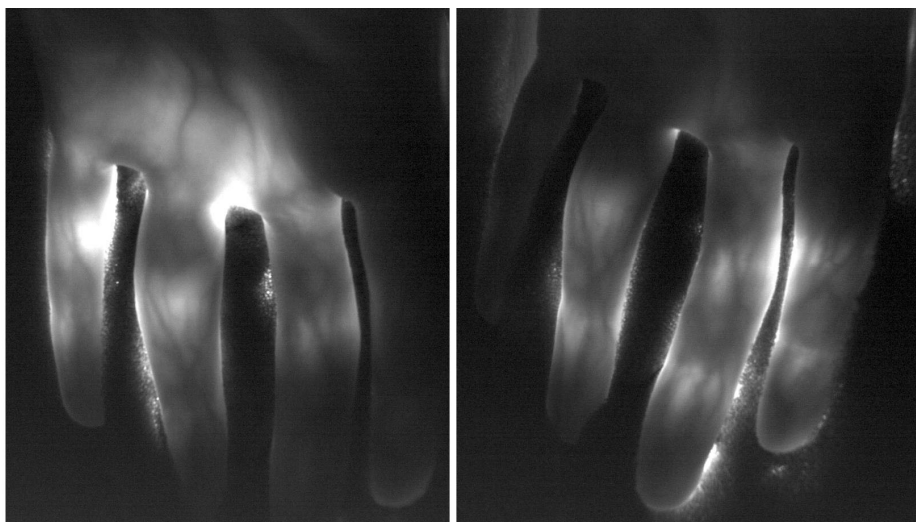
5. REZULTATY PRZEŚWIETLANIA STRONY DŁONIOWEJ RĘKI

Prześwietlenia dłoni powtórzono dla długości fal: 625nm, 645nm, 880nm oraz 940nm. Stwierdzono, że najlepsze rezultaty otrzymuje się dla 880nm. Stąd w dalszej części zaprezentowano wyniki uzyskane właśnie dla tej długości.

Na rys. 6 i 7 przedstawiono ekspozycje dłoni różniące się nieco jej położeniem względem naświetlacza. Na fotografiach z rys. 6 i 7 widoczny jest fragment śródreżca oraz palce. Podobnie jak po stronie grzbietowej również na dłoni widoczne są drobne żyły powierzchniowe. Nie są natomiast widoczne tętnice zarówno głębiej położone (śródreżczne dłoniowe) jak i te położone na obrzeżu palców (tętnice dłoniowe właściwe palców).

Na fotografiach z rys. 6 powstały obszary nadmiernie naświetlone w obrębie stawów międzypaliczkowych palców [2]. Wynikają one z odmiennej zdolności pochłaniania i rozpraszania promieniowania przez chrząstki i maź stawową od pozostałej części obiektu. W pracy [4] V. Prapavat wykazał, że właściwości optyczne stawów międzypaliczkowych zależą od patologicznych zmian tkanki łącznej. Z przeprowadzonych przez niego doświadczeń wynika, że można zastosować transiluminację do badania chorób stawów m.in. reumatoidalnego zapalenia stawów. Reumatoidalne zapalenie stawów to jedna z częściej występujących chorób stawów międzypaliczkowych, która jest trudno

diagnozowalna przy zastosowaniu klasycznych metod takich jak RTG ponieważ we wczesnym etapie choroby zmiany nie występują w tkance twardej [4].



Rys. 6. Rezultat prześwietlenia fragmentów lewej ręki od strony dłoniowej



Rys. 7. Prześwietlenie fragmentu śródreżca lewej dłoni

6. REZULTATY PRZEŚWIETLANIA GRZBIETU STOPY

Prześwietlenie stopy zrealizowano przy użyciu naświetlacza o długości fali 880 nm. Na zdjęciu 6 są widoczne większe powierzchowne pnie żyłne. Żyły powierzchniowe stopy mają w zasadzie ten sam układ co żyły powierzchniowe ręki. U nasady palców są widoczne żyły międzygłowowe, które łączą się z żyłami grzbietowymi śródstopia [2].



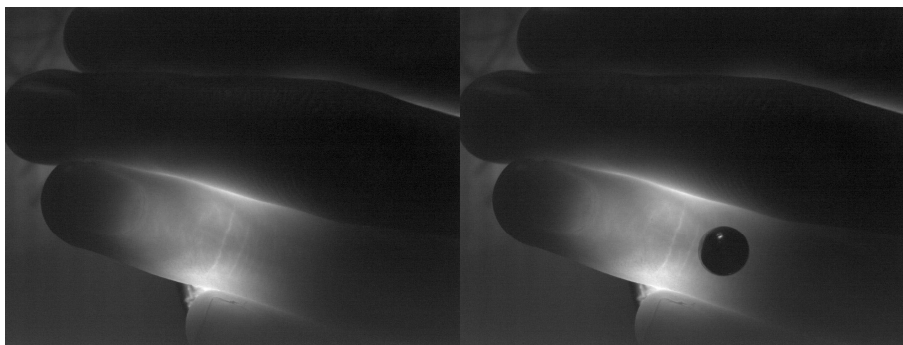
Rys. 8. Prześwietlenie grzbietowej części stóp lewej i prawej

7. PRÓBA USTALENIA GŁĘBOKOŚCI POSTRZEGANYCH OBIEKTÓW

Próba ustalenia możliwej maksymalnej głębokości postrzegania polegała na zastosowaniu kulki stalowej jako obiektu nietransparentnego.

Kulkę podłożono pod palec serdeczny lewej dłoni i sprawdzano czy ma ona wpływ na rejestrowany obraz. W wyniku badania wykazano, że rozpraszanie obiektu jest zbyt silne, aby była możliwa identyfikacja przeszkody pod palcem (rys. 9 – z lewej strony).

Ułożenie kulki na palcu (rys. 9 – z prawej strony) ukazuje wyraźnie ciało obce.



Rys. 9. Ułożenie przeszkody za i przed obiektem badanym

8. PODSUMOWANIE

Technika transiluminacji przy zastosowaniu promieniowania podczerwonego oraz kamery CMOS o odpowiednich parametrach może być użytecznym narzędziem w procesie diagnozowania zmian patologicznych peryferyjnych części ciała, a w szczególności dotyczących powierzchniowych naczyń krwionośnych oraz reumatoidalnego zapalenia stawów.

LITERATURA

- [1] e2v, Karta katalogowa producenta: EV76C560 B&W and Colour CMOS Sensor.
- [2] Bochenek A., Reicher M., Anatomia człowieka, TOM V, Układ wewnętrzny wydzielniczy, układ naczyniowy, Warszawa, 1960.
- [3] Beuthan J., Prapavat V., Naber R.D., Minet G., Diagnostic of inflammatory rheumatic diseases with Photon Density Waves. Proc. SPIE, Volume 2676, Number 43-53, 1996.
- [4] The Laser Institute of America, American National Standard for the Safe Use of Lasers, ANSI Z136.1-1993, Orlando, FL, Tables 6 and 7, 1993.

RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF TRANSILLUMINATING THE PERIPHERAL PARTS OF THE BODY USING THE OPTICAL RADIATION

The paper presents the results of the research on the possibilities of transilluminating the peripheral parts of the body using the optical radiation. The transillumination of the objects, hands and feet, has been configured as following: optical radiation emitter - object - CMOS camera. The single and multipoint LEDs emitting near the infrared wavelengths were used in the research. The best results were obtained for the following wavelengths: 660nm, 870nm, 940nm. The obtained images allowed the observation of the near-surface blood vessels and bone structures. Furthermore, the possibility of detecting the foreign bodies in the structure of the object have been studied.