



Zastosowanie obrazowania termicznego w diagnostyce nowotworów piersi

Application of thermal imaging in breast cancer diagnosis

Dominika Brzezińska¹, Agnieszka Baic^{2,3}, Magdalena Stankiewicz¹, Krzysztof Ślosarek^{1,6}, Jędrzej Bzowski¹, Agata Stanek⁴, Karolina Sieroń⁵, Armand Cholewka²

¹ Centrum Onkologii im. Marii Curie-Skłodowskiej w Gliwicach, Wybrzeże Armii Krajowej 15, 44-102 Gliwice, e-mail: dombrzezińska@gmail.com

² Uniwersytet Śląski, Śląskie Międzyuczelniane Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych w Chorzowie, Instytut Fizyki, Zakład Fizyki Medycznej, 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, e-mail: agnieszka.baic@onet.pl, armand.cholewka@gmail.com

³ Katowickie Centrum Onkologii, Zakład Radioterapii, ul. Raciborska 27, 40-074 Katowice

⁴ Katedra i Oddział Kliniczny Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Batorego 15, 41-902 Bytom

⁵ Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Zakład Medycyny Fizykalnej Katedry Fizjoterapii, ul. Medyków 12, 40-752 Katowice

⁶ Wyższa Szkoła Humanitas w Sosnowcu, Instytut Elektroradiologii, ul. Kilińskiego 43, 41-200 Sosnowiec

Streszczenie

Abstract

Przyczyną dużej śmiertelności pacjentek chorych na nowotwory piersi jest zbyt późna wykrywalność zmian nowotworowych. Konieczność wprowadzenia bezpieczniejszej i bezinwazyjnej metodyki stanowi obecnie wyzwanie badawcze. Jedną z metod, która może wspomóc diagnostykę nowotworów piersi, jest termografia w podczerwieni. Znalazła ona szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, jak również z powodzeniem jest stosowana w medycynie. Kamery termowizyjne wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem umożliwiają analizę obrazów termograficznych różnych schorzeń, w których zmiana zlokalizowana jest na powierzchni skóry lub pod jej powierzchnią, co stanowi zaletę, ale również i wadę tej techniki diagnostycznej.

Niniejsza praca ma na celu przeprowadzenie badań, które pozwolą ocenić przydatność obrazowania termograficznego w diagnostyce, jak i efektach leczenia nowotworów piersi z wykorzystaniem radioterapii.

Currently, a large percentage of women's deaths are breast cancers as opposed to other diseases. The reason for this is that the detectability of cancerous changes is too late. Therefore, the current research challenge is the need to develop a new, safe and non-invasive methodology. Infrared thermography is one such method that can help diagnose the breast cancer. It is a method that has successfully found application in many fields of science, including medicine. Thermal imaging cameras with specialized software allow for the analysis of thermographic images of diseases in which the lesion is located on the surface of the skin or just below the surface of the skin. Based on the temperature gradient, you can locate and assess the affected area.

This work aims to conduct studies that will assess the usefulness of thermography imaging in diagnostics and to observe the effect of radiotherapy treatment of breast cancer.

Słowa kluczowe: nowotwór piersi, termografia w podczerwieni

Key words: breast cancer, Infrared thermography

otrzymano / received:

06.05.2018

poprawiono / corrected:

02.08.2018

zaakceptowano / accepted:

17.08.2018

Wprowadzenie

Jedną z najczęstszych przyczyn śmierci kobiet na choroby nowotworowe jest nowotwór piersi. Mimo wysoko rozwiniętej techniki medycznej i zaawansowanych metod diagnostycznych umieralność kobiet na nowotwory piersi wciąż stanowi wysoki odsetek, w odróżnieniu do innych jednostek chorobowych. Powodem takiej sytuacji jest zbyt późne wykrywanie istniejących zmian patologicznych. Wobec powyższych informacji ważnym wyzwaniem badawczym jest opracowanie procedury i metodyki, która umożliwiłaby bezpieczne i bezinwazyjne wczesne wykrycie zmian nowotworowych [1-3].

Obrazowanie termograficzne polega na rejestracji promieniowania „ciepłego” emitowanego z powierzchni ciała, jako efekt ciepła dostarczonego na powierzchnię skóry w wyniku wewnętrznego metabolizmu tkanek oraz krążenia naczyniowego. Zastosowanie termografii w diagnostyce nowotworów piersi pozwala ocenić obszar zmieniony chorobowo w oparciu o mapę termiczną powierzchni ciała.

Wykorzystywane kamery termowizyjne wraz z nowoczesnym oprogramowaniem, umożliwiającym analizę obrazów termicznych, pozwalają wspomagać diagnostykę wielu jednostek chorobowych, zwłaszcza w tych sytuacjach, w których zmiana zlokalizowana jest powierzchownie na skórze lub tuż pod jej powierzchnią. Zasadniczą zaletą obrazowania termicznego jest możliwość oceny funkcjonalnej tkanek, pośrednio analizując zmiany bądź też zakres zmian temperatury tkanek powierzchniowych. Taka swoista mapa termiczna może nieść informacje o metabolizmie tkanek, który w przypadku wielu schorzeń, a w szczególności nowotworów, ulega znaczącemu przyspieszeniu [4-7].

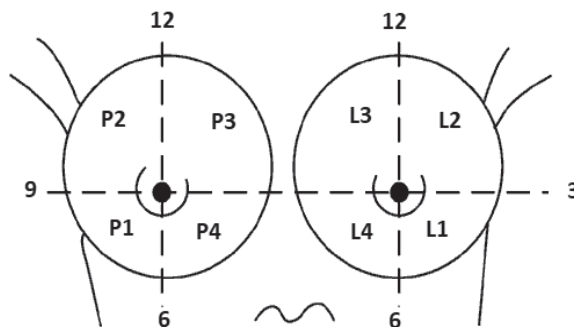
Materiał i metody

Badania przeprowadzono na grupie 15 kobiet ze zdiagnozowanym nowotworem piersi. Każda z pacjentek została poddana badaniom diagnostycznym (rezonans magnetyczny, tomografia komputerowa, USG, mammografia) potwierdzającym lokalizację i rodzaj nowotworu. Przed rozpoczęciem badań przeprowadzony został wywiad w formie kwestionariusza – konieczny w późniejszym etapie do prawidłowej interpretacji otrzymanych obrazów. Badania termograficzne odbyły się w ściśle określonych warunkach, zgodnych z przyjętym protokołem obrazowania termograficznego w medycynie, tak aby wyeliminować wpływ czynników zewnętrznych mogących powodować zmiany temperatury ciała [8].

W pomieszczeniu pomiarowym temperatura była ustalona i utrzymywana na stałym poziomie równym $22 \pm 1^\circ\text{C}$. Pacjenci zostali poinformowani, aby na około 30 minut przed badaniem pozostawać w spoczynku w celu aklimatyzacji do temperatury otoczenia. W tym czasie powierzchnia

ciała podlegająca badaniu musiała pozostawać odkryta. Zalecono również, aby w dniu badania pacjent nie stosował używek oraz nie wykonywał ćwiczeń fizycznych. Termogramy dla każdej pacjentki zostały wykonane w takiej samej pozycji (przód, bok prawy, bok lewy) w ustalonej odległości od kamery termowizyjnej. W trakcie przeprowadzania obrazowania termograficznego badane kobiety miały ręce uniesione ku górze. Pomiar przeprowadzono przy użyciu kamery Flir Systems E60 o czułości $0,05^\circ\text{C}$ oraz kamery Flir Systems T1020 o czułości $0,02^\circ\text{C}$.

Analiza otrzymanych obrazów polegała na wyrysowaniu na termogramach piersi kwadrantów, z których otrzymane parametry temperaturowe analizowano statystycznie dla każdej z pacjentek (Rys. 1).



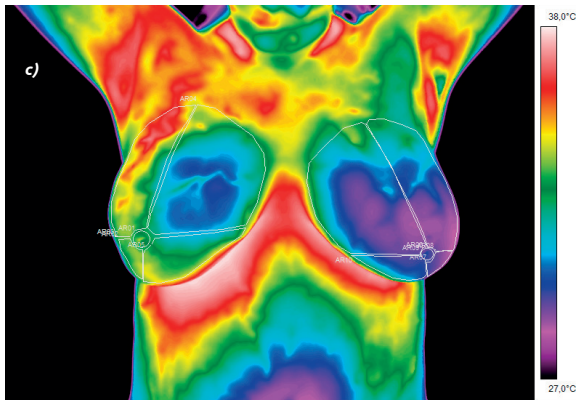
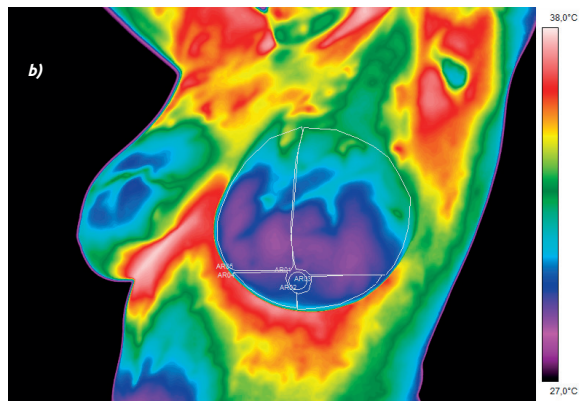
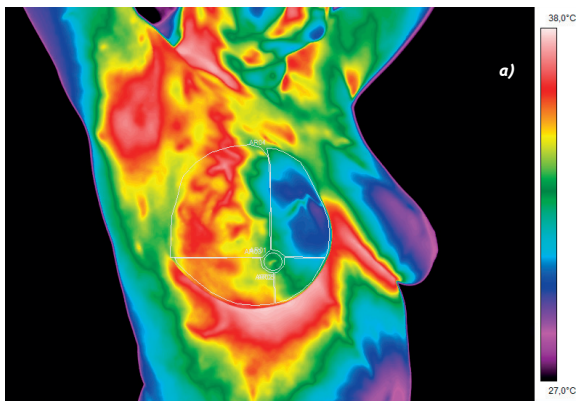
Rys. 1 Podział piersi na obszary – kwadranty:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| P1 – kwadrant dolny zewnętrzny | L1 – kwadrant dolny zewnętrzny |
| P2 – kwadrant górny zewnętrzny | L2 – kwadrant górny zewnętrzny |
| P3 – kwadrant górny wewnętrzny | L3 – kwadrant górny wewnętrzny |
| P4 – kwadrant dolny wewnętrzny | L4 – kwadrant dolny wewnętrzny |

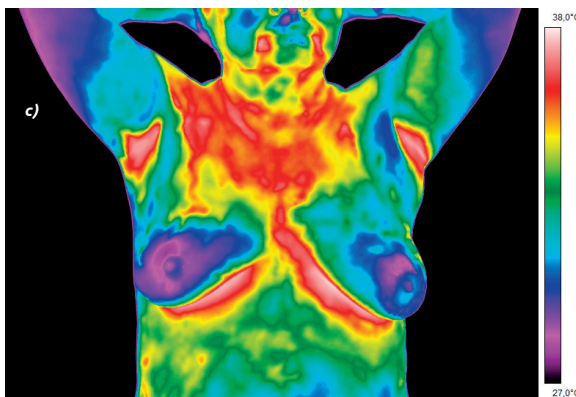
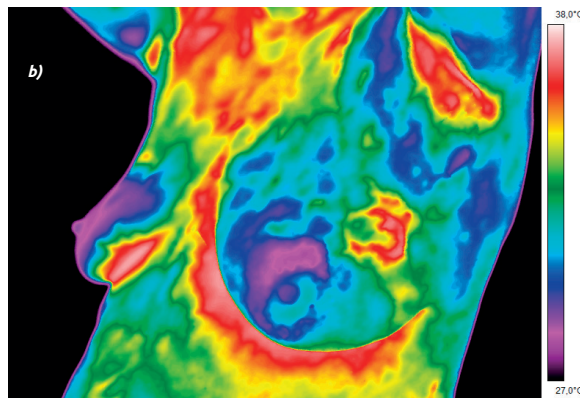
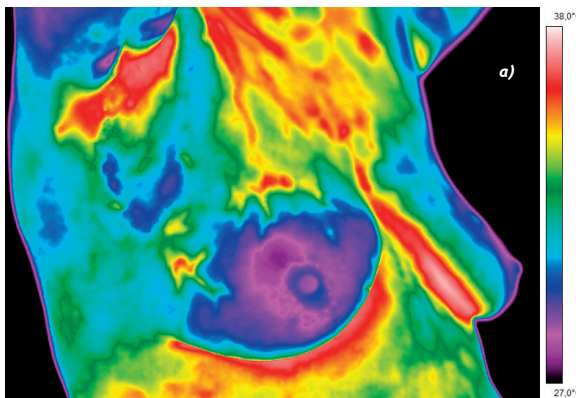
Źródło: <http://www.mp.pl/artykuly/1142,zasady-pobierania-i-oceny-materialu-pochodzacego-z-biopsji/>.

Wyniki i dyskusja

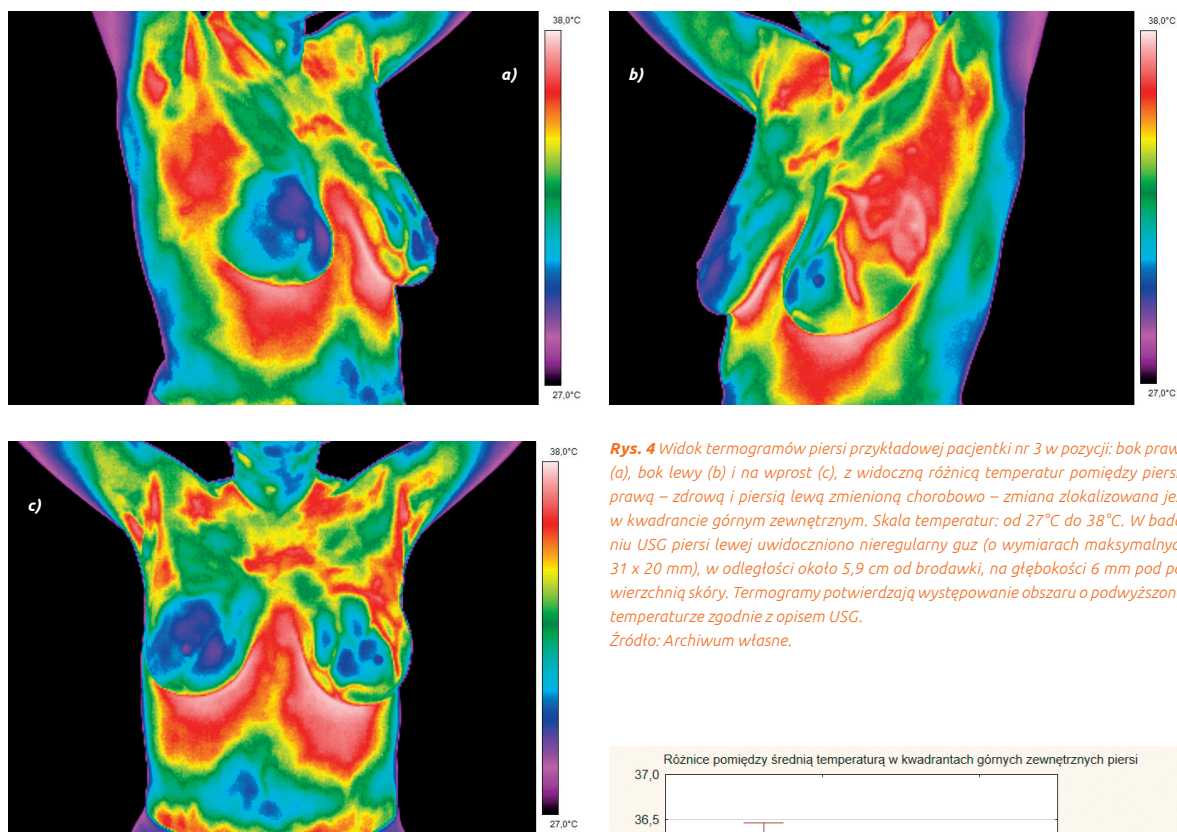
Analizując otrzymane termogramy (Rys. 2-4), można zauważyć, że u kobiet ze zdiagnozowanym nowotworem piersi występuje wyraźna asymetria termalna między piersią zdrową a zmienioną chorobowo. U przykładowej pacjentki nr 1 średnia temperatura kwadrantu górnego zewnętrznego piersi prawej P2 wynosi $34,2^\circ\text{C}$ (kwadrant, w którym według badań diagnostycznych wykryto nowotwór), natomiast symetryczny obszar na piersi lewej L2 ma temperaturę $31,9^\circ\text{C}$. Różnica wynosi aż ok. 3°C , co w przypadku diagnostyki termowizyjnej jest bardzo dużą wartością. Podobne rezultaty zaobserwowano u pozostałych reprezentatywnych pacjentek, których termogramy zaprezentowano na rysunkach (Rys. 3-4). W tych przypadkach asymetria jest obserwowana dla kwadrantów górnych zewnętrznych piersi prawej i lewej. Taka sytuacja jest związana z dynamiką metabolizmu zmienionych chorobowo tkanek, co jest odzwierciedlane zmienionym gradientem temperatury powierzchni gruczołu piersiowego. Obserwowane zmiany temperatury uzależnione są również od zmian w lokalnym przepływie i transporcie krwi [9, 10].



Rys. 2 Termogramy piersi przykładowej pacjentki nr 1 w pozycji: bok prawy (a), bok lewy (b) i na wprost (c), z widoczną różnicą temperatur pomiędzy piersią lewą – zdrową i piersią prawą zmienioną chorobowo – zmiana zlokalizowana jest w kwadrancie górnym zewnętrznym. Na obrazach termograficznych zaznaczono kwadranty, które posłużyły do określenia lokalizacji zmiany nowotworowej. Skala temperatur: od 27°C do 38°C. W badaniu USG piersi prawej uwidoczniono hypochoogeniczny guz (o wymiarach 18 x 12 mm) w odległości 9,5 cm od brodawki, na głębokości 23 mm pod skórą. Termogramy potwierdzają występowanie obszaru o podwyższonej temperaturze zgodnie z opisem USG.
Źródło: Archiwum własne.



Rys. 3 Termogramy piersi przykładowej pacjentki nr 2 w pozycji: bok prawy (a), bok lewy (b) i na wprost (c), z widoczną różnicą temperatur pomiędzy piersią prawą – zdrową i piersią lewą zmienioną chorobowo – zmiana zlokalizowana jest w kwadrancie górnym zewnętrznym. Skala temperatur: od 27°C do 38°C. W USG piersi lewej uwidoczniono patologiczną, hypochoogeniczną strukturę (wym. 26 x 17,5 x 30 mm), w odległości 3 cm od brodawki, na głębokości 7,5 mm pod skórą. Termogramy potwierdzają występowanie obszaru o podwyższonej temperaturze zgodnie z opisem USG.
Źródło: Archiwum własne.



Rys. 4 Widok termogramów piersi przykładowej pacjentki nr 3 w pozycji: bok prawy (a), bok lewy (b) i na wprost (c), z widoczną różnicą temperatur pomiędzy piersią prawą – zdrową i piersią lewą zmienioną chorobowo – zmiana zlokalizowana jest w kwadrancie górnym zewnętrznym. Skala temperatur: od 27°C do 38°C. W badaniu USG piersi lewej uwidocznił nieregularny guz (o wymiarach maksymalnych 31 x 20 mm), w odległości około 5,9 cm od brodawki, na głębokości 6 mm pod powierzchnią skóry. Termogramy potwierdzają występowanie obszaru o podwyższonej temperaturze zgodnie z opisem USG.

Źródło: Archiwum własne.

Termogramy reprezentatywnych pacjentek wyraźnie przedstawiają asymetryczny gradient temperaturowy, jak również nieregularny kształt objęty podwyższoną temperaturą, co przypisać można rozprzestrzenieniu się procesu chorobowego. Jest to wynik produkcji endogennego ciepła i intensywności przemian metabolicznych, co wpływa na czynnościowe funkcje układu krążenia (głównie mikrokążenia) [11].

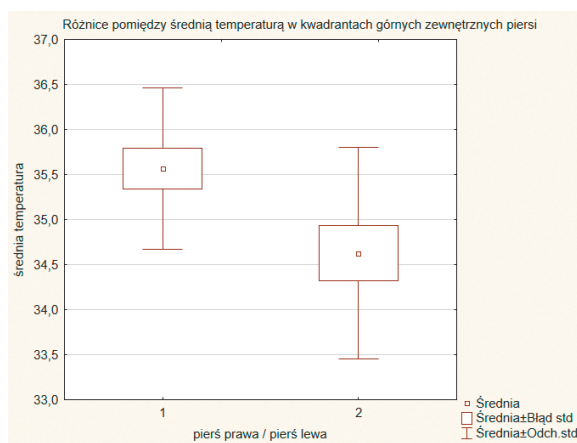
W celu szerszej interpretacji wyników przeprowadzono analizę statystyczną, do której wybrano pacjentki, u których zdiagnozowano zmianę w kwadrancie górnym zewnętrznym. W celu określenia wartości statystycznej badań wykonano test t-studenta dla zmiennych niezależnych względem grup. Wyniki wskazały na istotne statystycznie różnice pomiędzy średnią temperaturą kwadrantu piersi zmienionej chorobowo w stosunku do odpowiadającego kwadrantu piersi zdrowej.

Tabela 1 obrazuje poziom istotności statystycznej p w teście t-studenta.

Tabela 1 Poziom istotności statystycznej p w teście t-studenta dla badanej grupy pacjentek.

Poziom istotności statystycznej	p = 0,02
---------------------------------	----------

Na rysunku 5 zaprezentowano wykres ramka – wąsy dla wszystkich pacjentek, u których zdiagnozowano nowotwór w kwadrancie górnym zewnętrznym. Jak można zauważyć, średnia temperatura kwadrantu górnego zewnętrznego piersi zdrowej jest znacznie niższa niż w przypadku średniej temperatury



Rys. 5 Wykres ramka – wąsy przedstawiający różnice pomiędzy średnią temperaturą kwadrantu górnego zewnętrznego piersi zmienionej chorobowo (1) w stosunku do kwadrantu górnego zewnętrznego piersi zdrowej (2) dla całej grupy badawczej

Źródło: Archiwum własne.

kwadrantu, w którym zlokalizowana jest zmiana nowotworowa.

Tabela 2 zawiera wartości średnich temperatur kwadrantu, w którym zlokalizowano zmianę nowotworową oraz wartości średnich temperatur dla odpowiadającego kwadrantu piersi zdrowej dla trzech reprezentatywnych pacjentek. Przedstawiono również różnicę temperatur pomiędzy tymi obszarami (P2-L2, L2-P2).

Analizując tabelę 2, można zaważyć, że w przypadku pacjentki nr 1, u której zdiagnozowano nowotwór w piersi prawej (P2), różnica temperaturowa między obszarem zmienionym nowotworowo a obszarem zdrowym wynosi 2,7°C. Natomiast w przypadku pacjentek nr 2 i 3, u których nowotwór zlokalizowany był w piersi lewej (L2), różnice te wynoszą kolejno 2,3°C i 2,4°C.



Tabela 2 Wartości średnich temperatur kwadrantu piersi, w którym zlokalizowana jest zmiana nowotworowa oraz odpowiadającego kwadrantu piersi zdrowej dla trzech reprezentatywnych pacjentek nr 1, 2, 3. Tabela zawiera również różnicę temperatur pomiędzy tymi obszarami (P2-L2, L2-P2)

Pacjent	P2	L2	P2-L2
Nr 1	34,6 °C	31,9 °C	2,7 °C

Pacjent	L2	P2	L2-P2
Nr 2	34,1 °C	31,8 °C	2,3 °C

Pacjent	L2	P2	L2-P2
Nr 3	35,8 °C	33,4 °C	2,4 °C

Wnioski

- Wykonane badania termowizyjne potwierdziły, że w miejscu lokalizacji nowotworu widoczny jest obszar o podwyższonej temperaturze.
- U każdej z badanych pacjentek wynik obrazowania termograficznego pokrył się z wynikami diagnostycznymi i potwierdził lokalizację nowotworu.
- Na termogramach badanych pacjentek widoczna jest asymetria termalna pomiędzy obszarem piersi zmienionej chorobowo a symetrycznym obszarem piersi zdrowej. Świadczyć to może o toczącym się procesie patologicznym, gdyż wartości średnich temperatur są zdecydowanie wyższe niż w symetrycznych obszarach zdrowej piersi.

Literatura

- M. Moderhak: *Analiza algorytmów diagnostyki termicznej w mammografii – Rozprawa doktorska*, Gdańsk 2012.
- M. Tepper: *Thermographic investigation of tumor size, and its correlation to tumor relative temperature, in mice with transplantable solid breast carcinoma*, J Biomed Opt., 18(11), 2013.
- Y. Song: *Predictive parameters for selection of electronic tissue compensation radiotherapy in early-stage breast cancer patients after breast-conserving surgery*, Oncotarget, 27, 2016.
- A. Cholewka: *Termowizja w badaniach przesiewowych*, [w:] H. Podbielska, A. Skrzek (red.): *Biomedyczne zastosowania termowizji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- A. Cholewka: *Zastosowanie termografii w diagnostyce wybranych zmian nowotworowych skóry – badania wstępne*, PAK 2011 nr 10.
- A. Cholewka: *Does the temperature gradient correlate with the photodynamic diagnosis parameter numerical colour value (NCV)?*, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 10(1), 2013, 33-38.

- A. Cholewka: *Termografia w medycynie fizykalnej*, [w:] H. Podbielska, A. Skrzek (red.): *Biomedyczne zastosowania termowizji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- A. Nowakowski: *Rozwój diagnostyki termicznej metodami detekcji podczerwieni (ilościowa diagnostyka ran oparzeniowych i inne aplikacje)*, Akademicka Oficyna wydawnicza EXIT, Warszawa 2009.
- J. Bauer, P. Hurnik, J. Zdziarski, W. Mielczarek, H. Podbielska: *Termowizja i jej zastosowanie w medycynie*, Acta Bio-Optica et Informatica Medica, 3(2-4), 1997, 121-131.
- R. Lawson: *Implications of Surface Temperatures in the Diagnosis of Breast Cancer*, Canadian Medical Association Journal, 75(4), 1956, 309-310.
- A. Dębiec-Bąk, A. Skrzek: *Porównanie rozkładu temperatury powierzchniowej ciała kobiet i mężczyzn za pomocą termowizji*, Acta Bio-Optica et Informatica Medica, 18(1), 2012, 25-30.

reklama

SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE IOR, ORP, OA

SZKOLENIA

<http://szkolenia.ifj.edu.pl>

Inspektor Ochrony Radiologicznej
w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie
w celach medycznych, szkolenia typu: R, S

Ochrona Radiologiczna Pacjenta
LR, LMN, LRZ, LIX, LST, FT, PMN, LRT

Operator Akceleratora
typu A-A i S-A

Copyright © LADIS

INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. H. Niewodniczańskiego PAN

ul. Radzikowskiego 152 tel.: 12 662 84 57
31-342 Kraków 12 662 83 32
e-mail: szkolenia@ifj.edu.pl fax: 12 662 81 58