

RECENZJA

pracy doktorskiej lek. med. Marty Zębali

p.t. " Przydatność termowizji śródoperacyjnej w operacjach mózgu"

Przedmiotem rozprawy doktorskiej lek. med. Marty Zębali jest wysoce aktualne zagadnienie wykorzystania termowizji w medycynie.

Autorka we wstępie szeroko omawia zasady termowizji, historię jej rozwoju oraz zastosowania, w tym w szeroko rozumianej diagnostyce medycznej. Wiadomo, że tkanki różnią się między sobą temperaturą, a także że występują delikatne różnice w obrębie tkanek i narządów w zależności od ich stanu czynnościowego i zmian chorobowych. Różnice temperatury są niewielkie, ale ich wykrycie ma poważny potencjał rozpoznawczy. Wprowadzenie i udoskonalenie kamer termowizyjnych o dużej czułości i rozdzielczości stworzyło możliwości uzyskiwania obrazów rozkładu temperatury na badanej powierzchni. Dotychczas zgromadzona wiedza o mapowaniu termowizyjnym w dziedzinie medycyny jest jeszcze bardzo ograniczona. Wynika to zapewne z dość krótkiego okresu dostępności kamer termowizyjnych o odpowiednich parametrach technicznych a także dużych trudności technicznych w przeprowadzaniu rejestracji bardzo małych różnic temperatury w otoczeniu charakteryzującym się ich znaczną rozpiętością.

Od wielu lat trwają poszukiwania metod pozwalających na precyzyjne odróżnienie obszarów zmienionych nowotworowo, zapalnie czy charakteryzujących się zróżnicowanym ukrwieniem w neurochirurgii ośrodkowego układu nerwowego. Ocena wzrokowa pola operacyjnego jest w wielu przypadkach niewystarczająca, szczególnie przy ustalaniu granicy pomiędzy obszarem zdrowym i zmienionym chorobowo w odsłoniętym mózgu w czasie operacji. Granice te są często dobrze widoczne w badaniach obrazowych, tomografii komputerowej czy rezonansu magnetycznego, ale trudne do jednoznacznego wyznaczenia w polu operacyjnym w świetle widzialnym. Poszerzenie obserwacji pola operacyjnego o zakres podczerwieni stwarza szansę na zwiększenie precyzji i skuteczności operacji. Dlatego podjęcie przez Doktorantkę badań nad zróżnicowaniem i zmianami temperatury odsłoniętego w czasie operacji mózgu jest ważne zarówno pod względem teoretycznym, poznawczym jak i praktycznym. Wybierając ten temat badań weszła do bardzo wąskiego grona ekspertów w nowo rozwijającej się dziedzinie.

Praca doktorska przedstawiona do recenzji jest oprawionym wydrukiem komputerowym. Zawiera 127 strony, na których mieści się tekst pracy wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim. Praca ilustrowana jest bardzo licznymi rycinami, w tym barwnymi przedstawiającymi termografię powierzchni mózgu odsłoniętego w czasie operacji. Numeracja rycin jest

skomplikowana, oddzielna dla poszczególnych rozdziałów, przez co nieprzejrzysta. Można znaleźć różne ryciny o takiej samej numeracji np. ryc. 1.3 występuje na stronie 8. i 16. W podpisach ilustracji zdarzają się błędy (np. literowe na str. 16, a na ryc. 4.9 oś pozioma opisana jest jako „bezwzględna temperatura w °C”, a przedstawia zapewne różnicę temperatur). Ilustracje są w pełni uzasadnione, uzupełniają tekst pracy i ułatwiają śledzenie rozważań naukowych Autorki i wyników badań.

Rozprawa dzieli się na 8 rozdziałów, w tym streszczenia w języku polskim i angielskim. Autorka informuje jeszcze przed spisem treści, że niektóre wstępne wyniki ocenianej rozprawy doktorskiej były opublikowane w 4 wieloautorskich pracach.

Układ i kolejność tytułów rozdziałów jest właściwa, zgodne z zasadami przyjętymi w redagowaniu prac naukowych o charakterze dysertacji doktorskich. Treść pracy oraz jej poszczególnych rozdziałów jest zasadniczo zgodna z ich tytułami, chociaż Autorka miała trudności w zachowaniu dyscypliny w ich redagowaniu i zdarza się występowanie elementów z zakresu metodyki i dyskusji w rozdziale „Wyniki”. Można to tłumaczyć temperamentem i entuzjazmem do wyrażenia możliwie wyczerpującego wyjaśnienia omawianych treści.

W 22 stronicowym wstępie Doktorantka z dużą znajomością przedmiotu, na podstawie właściwie dobranego przeglądu piśmiennictwa przedstawiła zasady termowizji, jej zastosowania techniczne, militarne, a także w naukach biologicznych. Przedstawia poznaną dotąd wiedzę o rozkładzie temperatury w organizmie człowieka. Kilka podrozdziałów poświęca szczegółowemu omówieniu zastosowaniach termowizji w neurochirurgii do mapowania aktywności metabolicznej mózgu, miejscowego ukrwienia, zmian temperatury w korze mózgu w czasie jej podwyższonej aktywności. Wiadomości te poszerza o najnowocześniejsze metody analizy zmian fizjologicznych i patologicznych mózgu na podstawie zdalnej rejestracji i analizy promieniowania w szerokim zakresie długości fal.

Cele pracy precyzują zakres badań rozkładu i zmian temperatury powierzchni mózgu u chorych z guzami mózgu, w czasie ich operacyjnego usuwania. Głównym założeniem było sprawdzenie przydatności kamery termowizyjnej o dużej czułości i rozdzielczości do wykrywania położenia i granic zmian chorobowych w mózgu, badania wpływu czynników zewnętrznych na temperaturę kory mózgowej, możliwości oceny unaczynienia i uwidoczniania mikronaczyń na powierzchni mózgu. Wyodrębnionym celem było wykazanie istnienia miejscowych zmian temperatury kory pobudzonej czynnościowo w czasie operacji u chorych wybudzanych w czasie operacji.

Pomiary minimalnych różnic temperatury w warunkach sali operacyjnej stwarza bardzo duże problemy techniczne i organizacyjne. Doktorantka sprostała tym wysokim wymaganiom opracowując odpowiednią metodykę badań i właściwie dobierając chorych u których prowadziła obserwacje. Właściwie zorganizowała także współpracę z zespołem operacyjnym i personelem

sali operacyjnej, co miało znaczący wpływ na uzyskanie wiarygodnych i powtarzalnych wyników, wolnych od artefaktów płynących z otoczenia o zróżnicowanej i zmiennej temperaturze. W opisie metodyki nie ustrzegła się jednak pewnych uchybień. Podaje, że wśród parametrów mierzonych przez anestezjologa oceniana była saturacja, nie podając czy dotyczyło to krwi tętniczej czy żylniej, jakie reakcje na podawane leki były rejestrowane. Nie podano też metody wyznaczania regionów zainteresowania (ROI) zarówno na powierzchni mózgu w świetle widzialnym jak i w obrazie rozkładu temperatury w podczerwieni. Z analizy obrazów w kolejnym rozdziale „Wyniki” można przypuszczać jak zostały one określone, ale powinno to być jednoznacznie zdefiniowane w rozdziale „Metoda”. Szczególnie, że wyznaczenie obszaru objętego obrzękiem czy obszaru prawidłowego mózgu może stwarzać trudności. W wynikach podawana jest temperatura kory pokrywającej guz, ale w 3 przypadkach głębokość położenia guza określona została na 0 mm, w 1 na 0,5 mm a w 2 na 1 mm. Stąd w tych przypadkach trudno mówić o korze pokrywającej guz, albo wymaga to dodatkowego wyjaśnienia. Wiadomo bowiem, że termografia rejestruje temperaturę z około 5 mm warstwy powierzchni badanej tkanki.

Rejestracja i szczegółowa analiza przy pomocy zaawansowanej technologii rozkładu temperatury powierzchni mózgu w czasie operacyjnego usuwania guzów pozwoliła Doktorantce na wykrycie istotnych różnic temperatury między prawidłową korą mózgową i korą zmienioną przez procesy rozrostowe, uciskające kore. Różnice temperatury były znaczne, średnio wynosiły $1,21 \pm 0,6$ °C. W Dyskusji Autorka podejmuje próbę wyjaśnienia tych różnic. Zapewne wynikają one ze złożonych procesów, których podłożem jest upośledzenie miejscowego przepływu krwi w obszarach zwiększonego ciśnienia tkankowego.

W obrazach termograficznych widoczne też było stopniowe obniżanie się temperatury guza w miarę chirurgicznego zmniejszania jego unaczynienia. Obserwacja ta może się w przyszłości okazać przydatna do modyfikowania przebiegu usuwania guza i zmiany strategii po osiągnięciu określonego stopnia jego niedokrwienia. Ciekawą obserwacją jest stwierdzenie szybkiego powrotu pierwotnej temperatury kory po jej schłodzeniu polewaniem fizjologicznym roztworem soli fizjologicznej w temperaturze pokojowej, a więc o około 8 °C niższej od odsłoniętej operacyjnie kory. Wartą uwagi obserwacją jest także liniowa zależność temperatury powierzchni mózgu od temperatury otoczenia.

Ważnym wynikiem badań Doktorantki jest potwierdzenie wzrostu temperatury kory mózgowej w obszarach zaangażowanych w aktywność motoryczną. Nie wiadomo tylko, czy dotyczy to kory prawidłowej, czy także uciśniętej przez guz. Autorka przypisuje to zjawisko podwyższeniu metabolizmu i wynikającego z tego większego przepływu krwi w aktywnej korze mózgowej.

Okazało się, że badania termowizyjne w układzie zastosowanym w ocenianej pracy pozwalają na identyfikację położonych powierzchownie tętnic i żył i odróżnienie ich na podstawie ich charakterystyki termicznej.

W dyskusji Autorka omawia poszczególne wyniki własnych badań, odnosi je do istniejącego, skromnego piśmiennictwa w tym zakresie i podejmuje próby wyjaśnienia obserwowanych zjawisk na podstawie ogólnej wiedzy fizjologicznej i z zakresu nauk o układzie nerwowym. Rozważania te dobrze świadczą o wiedzy i zdolności do krytycznej oceny obserwowanych zjawisk.

Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji Doktorantka sformułowała wnioski, a właściwie jeden wielowątkowy wniosek. Stwierdza, że śródoperacyjna termowizja umożliwia uwidocznienie zmian chorobowych, różniących się od zdrowych tkanek odmiennym metabolizmem, naczyń zaopatrujących obserwowaną powierzchnię kory mózgowej, ujawniania aktywności określonych obszarów kory mózgowej.

Wnioski płynące z pracy mogą być wykorzystywane do zmniejszenia ryzyka operacyjnego spowodowania zaburzeń neurologicznych przy próbach radykalnego usuwania guzów mózgu.

Spis piśmiennictwa ułożonego według kolejności pojawiania się w treści pracy obejmuje 124 pozycje właściwie wykorzystane w tekście pracy.

W oparciu o własne doświadczenie oraz znajomość piśmiennictwa Doktorantka wskazuje na dalsze kierunki badań nad zastosowaniem termowizji w neurochirurgii.

Praca została zredagowana poprawnie, materiał i metody opisane w sposób pozwalający na ocenę przebiegu badań i ich wyników. Wyniki przedstawione zostały w sposób systematyczny, dyskusja przeprowadzona rzeczowo. Dało to podstawę do wysunięcia uzasadnionych wynikami własnych badań wniosków.

Oceniana praca doktorska poszerza skromną, istniejącą dotychczas wiedzę o zastosowaniu termowizji w operacjach neurochirurgicznych i wskazuje kierunki dalszego doskonalenia tej nowoczesnej, nieinwazyjnej metody badawczej.

Właściwie dobierając temat pracy, prawidłowo formułując jej cele, dobierając odpowiedni materiał i metody badań, sprawnie je przeprowadzając oraz wykazując należyty krytycyzm w ocenie uzyskanych wyników lek. med. Marta Zębala dowiodła, że posiada umiejętność prowadzenia badań naukowych. Praca doktorska jest oryginalnym osiągnięciem i stanowi wkład do piśmiennictwa w zakresie badań nad zastosowaniem termowizji w chirurgii i odpowiada wymogom stawianym dysertacjom doktorskim.

Stawiam wniosek o dopuszczenie lek. med. Marty Zębali do dalszych etapów przewodu doktorskiego.


Prof. dr hab. n. med. Tomasz Trojanowski