

Spektroskopia w bliskiej podczerwieni - metody poprawy czułości pomiaru na zmiany utlenowania kory mózgowej

Dr inż. Piotr Sawosz

Spektroskopia w bliskiej podczerwieni (NIRS z ang. near infrared spectroscopy) jest techniką optyczną, pozwalającą na wyznaczenie stężenia poszukiwanego chromoforu. W zastosowaniach medycznych technika NIRS wykorzystywana jest do oceny stężenia hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej w badanej tkance. Wykorzystując widma współczynników ekstynkcji hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej możliwe jest wyznaczenie zmian stężeń badanych chromoforów na podstawie pomiaru tłumienia światła dla minimum 2 długości fali z zakresu bliskiej podczerwieni. W najprostszej, klasycznej wersji metody NIRS, tzw. metodzie fali ciągłej (CW – NIRS, z ang. continuous wave NIRS) stosuje się światło o stałym natężeniu emitowane do tkanki. Na podstawie analizy zmian mierzonego natężenia światła, przy znanych współczynnikach ekstynkcji badanych chromoforów, wykorzystując zmodyfikowane prawo Lamberta-Beera można wyznaczyć zmiany stężeń hemoglobiny utlenowanej i zredukowanej. Technika NIRS jest stosowana w szczególności do oceny zmian utlenowania kory mózgowej. Niestety informacja o zmianach stężenia hemoglobiny w korze mózgowej jest obciążona błędem pomiarowym wynikającym z wpływu zmian utlenowania warstw zewnątrzmoźgowych (skóra, czaszka, płyn mózgowo-rdzeniowy) na mierzone sygnały optyczne. Ta niepewność wyznaczania zmian utlenowania mózgu z zastosowaniem NIRS wynika głównie z faktu, że głowa jest skomplikowaną strukturą warstwową.

Rozprawa habilitacyjna składa się z cyklu 7 powiązanych tematycznie publikacji poświęconych ocenie utlenowania i ukrwienia mózgu z wykorzystaniem spektroskopii w bliskiej podczerwieni. W pracach tych analizowałem problemy związane z ograniczoną czułością pomiaru optycznego na zmiany absorpcji w korze mózgowej. Zaproponowałem metody eliminacji wpływu zmian absorpcji w tkankach zewnątrzmoźgowych na mierzone sygnały optyczne. W szczególności prowadziłem prace nad przeziernością optyczną ludzkich czaszek oraz jej wpływu na wyniki pomiarów NIRS. Zastosowałem technikę fali ciągłej NIRS ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów dla dużych odległości emiter-detektor w celu zwiększenia czułości pomiaru na zmiany absorpcji zachodzące w głębokich warstwach tkanek. Badałem sygnały optyczne po dożylnym podaniu optycznego środka kontrastującego a następnie analizowałem parametry krzywych napływu do różnicowania sygnałów mierzonych u osób z zaburzeniami wewnątrzmoźgowego przepływu krwi. Analizowałem również sygnały optyczne w przestrzeni fourierowskiej rejestrowane z użyciem czasowo-rozdzielczej techniki NIRS. Analiza zwłaszcza sygnałów wariancji pozwalała na ocenę autoregulacji mózgu oraz ocenę reaktywności krążenia mózgowego na zmiany ciśnienia wewnątrzbrzuszego. Wykazałem, że wzrost ciśnienia wewnątrzbrzuszego wpływa na zwiększenie amplitudy składowych oddechowych w sygnałach optycznych. Ponadto, opracowałem nową metodę formowania obszaru czułości pomiaru czasowo-rozdzielczego opartą na wykorzystaniu optymalizacji układu źródeł i detektorów światła, w szczególności kombinacji położenia dwóch punktów emisji światła i dwóch punktów detekcji światła. Wykazaliśmy, że nowa metoda pozwala na poprawę rozdzielczości przestrzennej pomiaru.