



Rodzaj pracy: magisterska  
Dyplomant: mgr inż. Jakub Kołton  
Promotor: dr inż. Tadeusz Sondej

## Pomiar i analiza sygnału EKG mierzonego za pomocą suchych elektrod

### Wprowadzenie

Pomiary elektrokardiograficzne (EKG) w ostatnich latach stają się coraz bardziej powszechnym i użytecznym sposobem diagnostyki (zarówno przesiewowej, jak i klinicznej) chorób serca, będących obecnie główną przyczyną zgonów. Zastosowanie suchych elektrod do akwizycji sygnału EKG rozwiązuje szereg problemów wynikających z używania elektrod klejonych, stawiający przy tym nowe wyzwania inżynierom i konstruktorom tego rodzaju rozwiązań.

Elektrody suche, w przeciwieństwie do klejonych, mogą być stosowane wielokrotnie oraz w długotrwałych pomiarach (również w ruchu), jednak na ogół problematyczne jest osiągnięcie takiej jakości pomiarów jak przy wykorzystaniu nieużytych elektrod klejonych.

Jednym z celów niniejszej pracy była analiza obecnego stanu wiedzy nt. implementacji pomiarów EKG przy pomocy suchych elektrod, występujących wówczas problemów i sposobów ich rozwiązywania. Najważniejszym zadaniem było zbadanie wpływu niekorzystnych zjawisk na akwizycję tego sygnału i maksymalizacja jego jakości.

### Badania

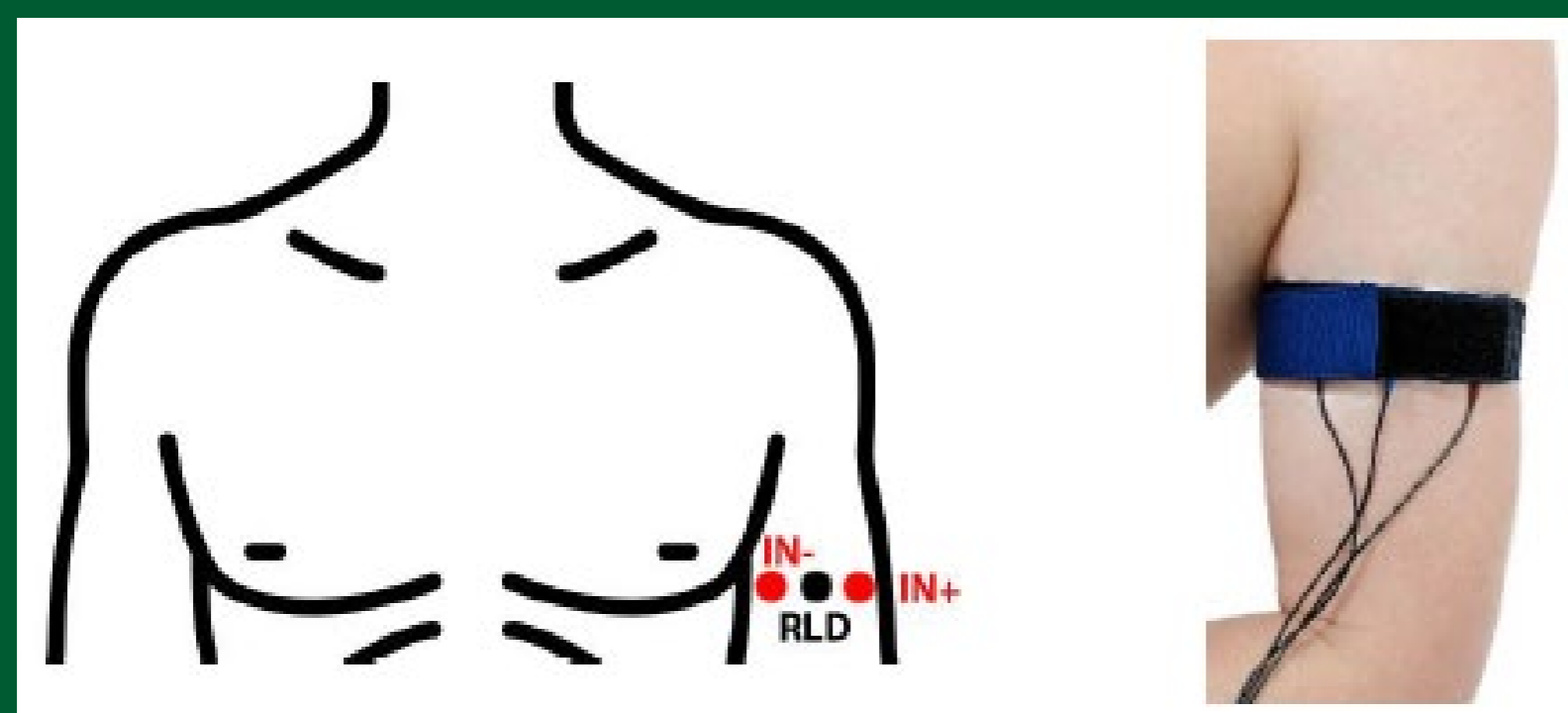
Przygotowane stanowisko badawcze składało się z 4 płytek z układami AFE oraz skonstruowanymi elektrodami suchymi i opaskami do ich montażu na klatce piersiowej bądź ramieniu, które zostały wykonane w sposób zapewniający wygodne ich użycie i maksymalizację jakości mierzonego sygnału EKG.

Pomiary przetwarzane było skryptem w środowisku Matlab. Skrypt ten filtrował zniekształcenia fali EKG oraz realizował algorytm detekcji załamek R, których lokalizacja pozwalała wyznaczyć tętno osoby badanej.

Badania przeprowadzono na grupie 3 ochotników, odpowiednio zróżnicowanych fizjologicznie – byli to: mężczyzna z owłosioną klatką piersiową, mężczyzna bez owłosienia oraz kobieta.



Rys. 1. Schemat i przykład praktyczny montażu opaski pomiarowej na klatce piersiowej



Rys. 2. Schemat i przykład praktyczny montażu opaski pomiarowej na ramieniu

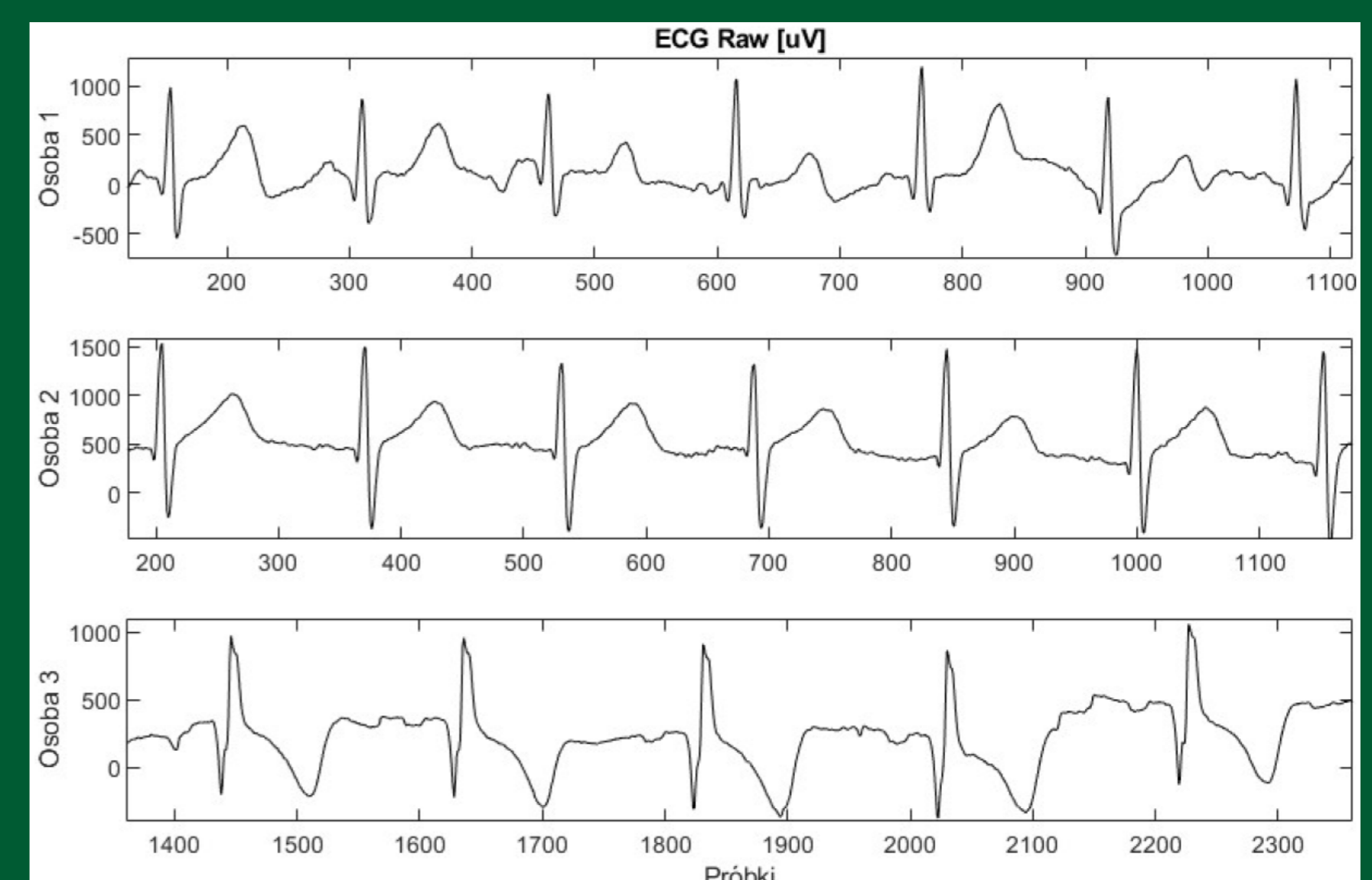
Sygnały zmierzone na ramieniu cechowały się kilkunastokrotnie mniejszą amplitudą załamek R i większym udziałem zniekształceń. Niektóre z załamek były zupełnie niewidoczne.

Wykazano pozytywny wpływ zwiększania rozmiaru elektrody na amplitudę sygnału i ilość występujących w nim zniekształceń (dryftu składowej stałej i zakłóceń szybkościennych). Ponadto zastosowanie ekranowania pozwala na tłumienie szumów (np. w pasmie 50 Hz), przy czym efekt ten jest bardziej widoczny w przypadku ekranu obciążającego (dołączonego do tego samego sygnału zwrotnego co elektroda RLD) niż dla ekranu pasywnego (dołączonego do analogowej masy układu).

Zbadano wpływ zastosowanego układu AFE na pomiary EKG – im większy współczynnik CMRR i mniejsze szумы własne, tym lepsza jakość surowego sygnału EKG, jednak po odpowiedniej filtracji różnice te nie są widoczne.

Sygnały z nieowłosionego mężczyzny na ogół cechowały się najlepszą jakością. Obecność owłosienia na klatce piersiowej była źródłem szumu w pasmie 50 Hz. W przypadku kobiety miększe tkanki powodowały większy niż u mężczyzn dryft składowej stałej. Ponadto sygnał z kobiety miał mniejszą amplitudę.

Podczas aktywności fizycznej (spacer, przysiady) sygnał z klatki piersiowej cechował się niewielkim dryftem składowej stałej i zniekształceniami linii izoelektrycznej, przy czym nie wpłynęły one znacząco na skuteczność detekcji załamek R w fali EKG. Podczas spaceru, z powodu naturalnej pracy mięśni ramion generujących sygnał EMG i zniekształcenia wynikające ze zmian impedancji, w pomiarze z ramienia rzadko dało się wykryć załamek R na tle zniekształceń. Efekt ten był szczególnie widoczny podczas przysiadów, gdy wyciągnięte ręce generowały EMG tak silne, że przez większość czasu detekcja załamek u mężczyzn była niemożliwa. Mniej umięśnione ramiona kobiety generowały sygnał EMG słabszy o tyle, że występowały odcinki sygnału EKG, podczas których możliwa była detekcja załamek i obliczenie tętna.



Rys. 3. Surowy sygnał EKG z klatki piersiowej 3 osób podczas spaceru (układ MAX30005, elektrody 3x3 cm, ekran obciążający)

### Wnioski

Na jakość pomiaru EKG przy użyciu suchych elektrod wpływ mają m.in.: położenie biopotencjałów, materiał użyty do konstrukcji elektrod i ich rozmiar, zastosowany rodzaj ekranowania. Bardzo ważnymi czynnikami są również stabilność i jakość kontaktu elektrody ze skórą, aktywność osoby badanej i jej mięśni oraz obecność owłosienia i sztywność tkanek podskórnych (tłuszczu, mięśni). Po odpowiedniej filtracji, zastosowany współczesny układ AFE nie ma istotnego wpływu na jakość pomiaru.