

## Badanie elektromiograficzne z wykorzystaniem systemu Biopac

### 1. Cele ćwiczenia

Zapoznanie ze sposobem rejestracji i analizy sygnałów mioelektrycznych (EMG). Praktyczne wykorzystanie wiedzy i procedur dotyczących klinicznego badania EMG w warunkach laboratoryjnych. Wykorzystanie różnych metod analizy i przetwarzania sygnału EMG w celu określenia aktywności badanego mięśnia.

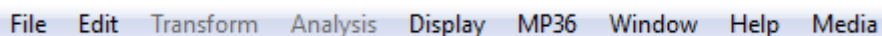
### 2. Przygotowanie eksperymentu

#### 2.1. Wykaz aparatury pomiarowej i akcesoriów

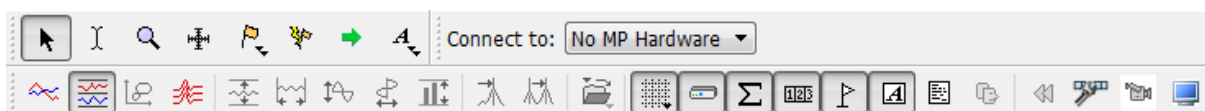
- Urządzenie Biopac MP36 z kablem USB do komputera i zasilaczem
- Odprowadzenia elektrod SS2L i jednorazowe elektrody EL503 (3x)
- Preparat odtłuszczający naskórek Skinsept
- Ręcznik papierowy
- Przylepiec tkaninowy
- Zestaw ciężarków 0,5 kg; 1 kg; 1,5 kg; 2 kg; 2,5 kg; 3 kg; 4 kg
- Metronom

#### 2.2. Oprogramowanie AcqKnowledge 4.2

Urządzenie Biopac MP36 współpracuje z oprogramowaniem AcqKnowledge 4.2, tworząc system, który umożliwia gromadzenie oraz analizę danych w czasie rzeczywistym. Oprogramowanie jest wyposażone w moduł umożliwiający łatwą analizę zgromadzonych danych, ich przekształcanie z zastosowaniem funkcji matematycznych i statystycznych. Przekształcenia te dostępne są z paska menu oprogramowania AcqKnowledge 4.2 (rys. 1). Narzędzia umożliwiające formatowanie danych dostępne są na pasku narzędzi (rys. 2).



Rys. 1. Pasek menu oprogramowania AcqKnowledge 4.2.



Rys. 2. Pasek narzędzi oprogramowania AcqKnowledge 4.2.

### 2.3. Przygotowanie systemu Biopac do uruchomienia

1. Podłączyć odprowadzenia elektrod SS2L do kanału „Electrode Check” znajdującego się na panelu przednim urządzenia pozyskującego dane Biopac MP36 (rys. 3). Podłączyć kabel USB do portu USB z lewej strony monitora stanowiska pomiarowego.



Rys. 3. Panel przedni MP36.

2. Uruchomić komputer na stanowisku pomiarowym.
3. Włączyć urządzenie pozyskujące dane Biopac MP36, włącznik znajduje się na tylnym panelu obudowy (rys. 4). Urządzenie pracuje prawidłowo, kiedy dioda „Power” na przednim panelu obudowy świeci ciągłym, zielonym światłem.



Rys. 4. Tylny panel MP36. Włącznik oznaczono czerwoną obwódką.

4. Uruchomić Program AcqKnowledge 4.2. Kiedy otworzy się okno programu, kliknąć „OK.”
5. Na pasku menu programu AcqKnowledge 4.2 (rys. 1) kliknąć „MP36”, następnie „Check for Hardware”. W otwartym okienku „Connect Hardware” z rozwijanej listy „Work with” wybrać MP36R i kliknąć „OK.”

#### KOMENTARZ

Poprawnie podłączone urządzenie MP36 umożliwia współpracę z komputerem PC i programem AcqKnowledge 4.2. Urządzenie MP36 gotowe jest do przeprowadzenia badania, kiedy:

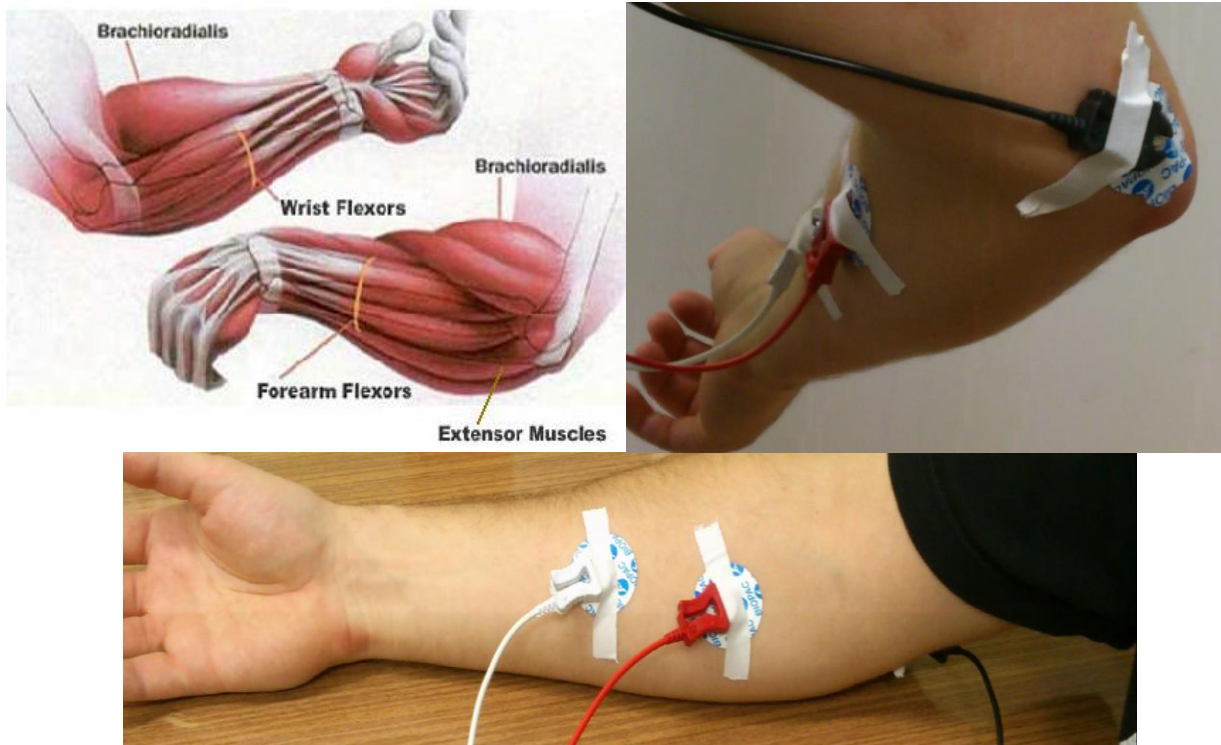
- na przednim panelu urządzenia zaświecona jest zielona dioda „Power”,
- na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2 pozycja „Connect to:” ma wybraną opcję „MP36R”.

6. Uruchomić wzorzec ćwiczenia „EMG.gtl”. W tym celu z paska menu kliknąć „File”, następnie „Open...”. Z rozwijanego menu „Pliki typu:” wybrać „Graph Template (\*.gtl)”. Z menu po lewej stronie kliknąć „Pulpit”, w folderze „Laboratorium fizjologia\EMG\Ćwiczenie” znajduje się wzorzec ćwiczenia, który należy otworzyć.
7. W celu zmiany czasu i sposobu akwizycji danych należy kliknąć na pasku menu „MP36”, następnie „Set Up Acquisition...”. Zmiany czasu akwizycji dokonuje się w polu „Acquisition Length:”. Zmiana sposobu akwizycji danych odbywa się przez wybór odpowiedniej opcji z rozwijanego menu. Opcja „Append” dogrywa dane do danych już zarejestrowanych, a opcja „Save once” kasuje nagrane

dane i rejestruje nowe dane w nowym oknie, po każdym uruchomieniu akwizycji danych. Badania wykonać dla opcji „Append” i odpowiednio długiego czasu rejestracji/

### 3. Przygotowanie obiektu do badań

W celu uzyskania poprawnych wyników badania, należy odpowiednio przygotować miejsca na skórze, na które będą przyklejane elektrody. Umożliwi to zmniejszenie impedancji między skórą a elektrodą. Poprawne rozmieszczenie elektrod przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. W lewym górnym rogu umieszczono schemat umięśnienia przedramienia. Na dole przedstawiono poprawne rozmieszczenie elektrod „+” i „-” na przedramieniu. W prawym górnym rogu umiejscowienie elektrody „GND” na łokciu.

#### KOMENTARZ

Elektrodę „GND” można również nakleić na wypukłą kość nadgarstka. Ze względu na dużą krzywiznę tego miejsca, istnieje duże prawdopodobieństwo oderwania się elektrody przyklejonej w to miejsce, dlatego zaleca się przykleić elektrodę na łokciu.

1. Powierzchnię skóry starannie oczyścić preparatem odtłuszczającym Skinsept. Upewnić się, czy elektroda jest wilgotna. Na oczyszczone miejsca przykleić elektrody jednorazowe EL503.
2. Połączyć odpowiednie kolory odprowadzenia elektrod SS2L do elektrod EL503 wg następującego schematu:

Rozmieszczenie elektrod	Kolor odprowadzenia SS2L
Mięsień przedramienia <i>brachioradialis</i> (kolor biały na rys. 5)	Biały ( - )
Mięsień przedramienia <i>brachioradialis</i> (kolor czerwony na rys. 5)	Czerwony ( + )
Na łokciu (rys. 5)	Czarny ( GND)

3. Zabezpieczyć elektrody przylepcem tkaninowym (rys. 5).

#### KOMENTARZ

Żel na elektrodach EL503 zaczyna działać po około 2-3 min od naklejenia na skórę i dodatkowo zmniejsza impedancję skóra-elektroda.

4. Z badać impedancję. Na pasku menu programu AcqKnowledge 4.2 wybrać „MP36”, następnie uruchomić „Electrode Checker”. W tab. 1 zamieszczono zakres impedancji wraz z zaleceniami.

Tab. 1. Zakres impedancji i zalecenia.

Zakres impedancji (k $\Omega$ )	Zalecenia
1 – 25	Bardzo dobre warunki na poziomie badań klinicznych, zalecane jeśli możliwe.
25 – 60	Do przyjęcia w łatwych warunkach ćwiczeń laboratoryjnych.
>60	Niestarannie oczyszczona skóra

5. Odłączyć odprowadzenia elektrod SS2L z kanału „Electrode Check” i przyłączyć do kanału pierwszego oznaczonego „CH 1” urządzenia pozyskującego dane Biopac MP36.

### 3.1. Prawidłowe pozyskanie danych

Prawidłowe pozyskanie danych możliwe jest przez zastosowanie się do poniżej zamieszczonych wskazań:

- Osoba badana powinna się zrelaksować
- Osoba badana nie powinna wykonywać żadnych gwałtownych ruchów
- Nadgarstek powinien znajdować się w linii prostej z przedramieniem ręki przez cały czas trwania badania
- Ciężarki należy pewnie trzymać, a nie mocno ścisnąć
- Najlepiej kiedy zakres impedancji mieści się w zielonym lub żółtym polu tab. 1



#### KOMENTARZ

Ruch nadgarstka w trakcie wykonywania badania angażuje różne partie mięśni przedramienia, co znacząco wpływa na wynik wykonywanego badania.



#### 4. Test poprawności rejestracji sygnału

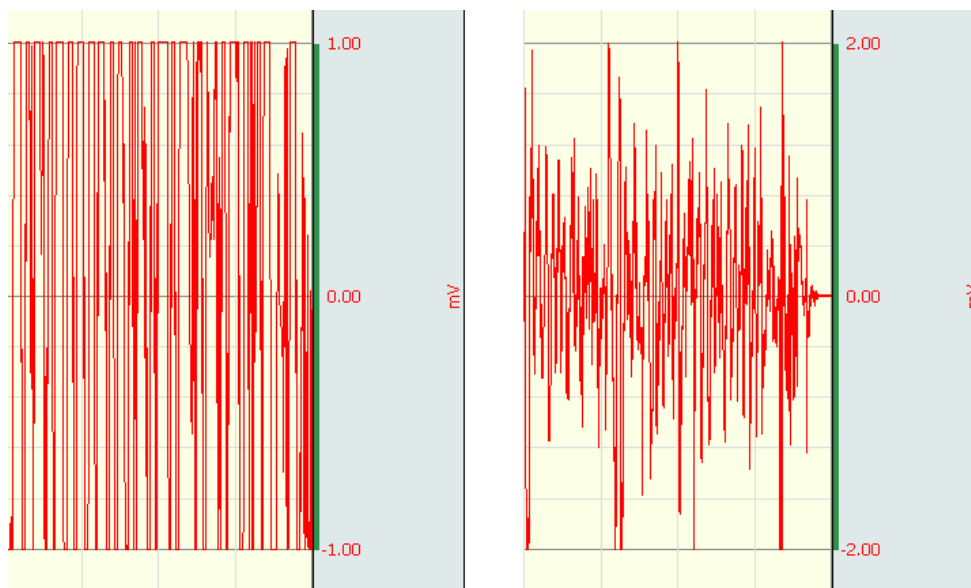
Zarejestrować około 3-5 sekundowy fragment EMG z zaciśniętą dłonią i wykonać szybką transformację Fouriera (FFT) w celu określenia rozkładu widma. Szczytowa częstotliwość powinna być zlokalizowana w przedziale 50 i 80 Hz.

1. Osoba badana siada wyprostowana na krześle, rękę opiera swobodnie o blat stołu, dłoń powinna być skierowana w stronę sufitu, tzw. supinacja, przez cały czas trwania testu.
2. Uruchomić rejestrację, klikając przycisk „Start”  Start na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2. Zarejestrować parę sekund (3-5 s) sygnału mocno zaciśniętej dłoni.
3. Po zarejestrowaniu sygnału zatrzymać rejestracji danych, klikając przycisk „Stop”  Stop .


#### KOMENTARZ

Autoskalowanie osi X i osi Y dostępne jest odpowiednio pod skrótami klawiszowymi „Ctrl + H” i „Ctrl + Y”.

4. W przypadku kiedy zarejestrowany sygnał nie mieści się w granicach zielonej kreski, tzn. został „ucięty”, należy zmniejszyć wzmocnienie i ponownie zarejestrować sygnał mocno zaciśniętej dłoni.

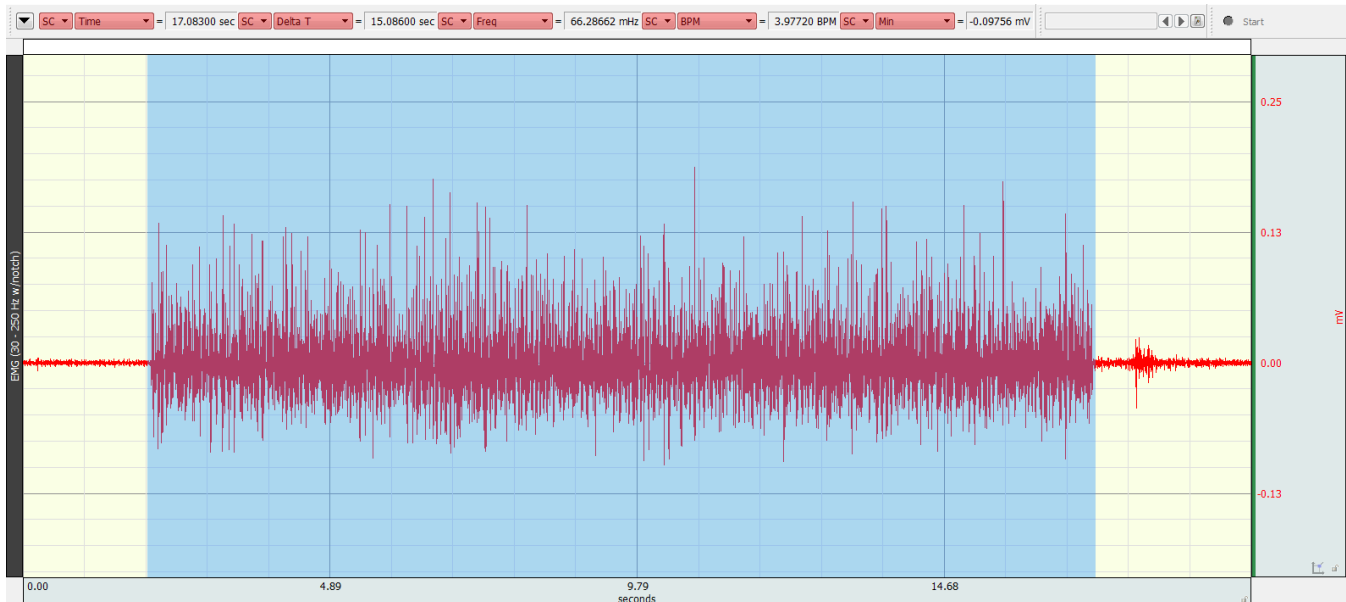


Rys. 6. Po lewej stronie sygnał zarejestrowany ze wzmocnieniem 10000, po prawej sygnał zarejestrowany ze wzmocnieniem 5000.

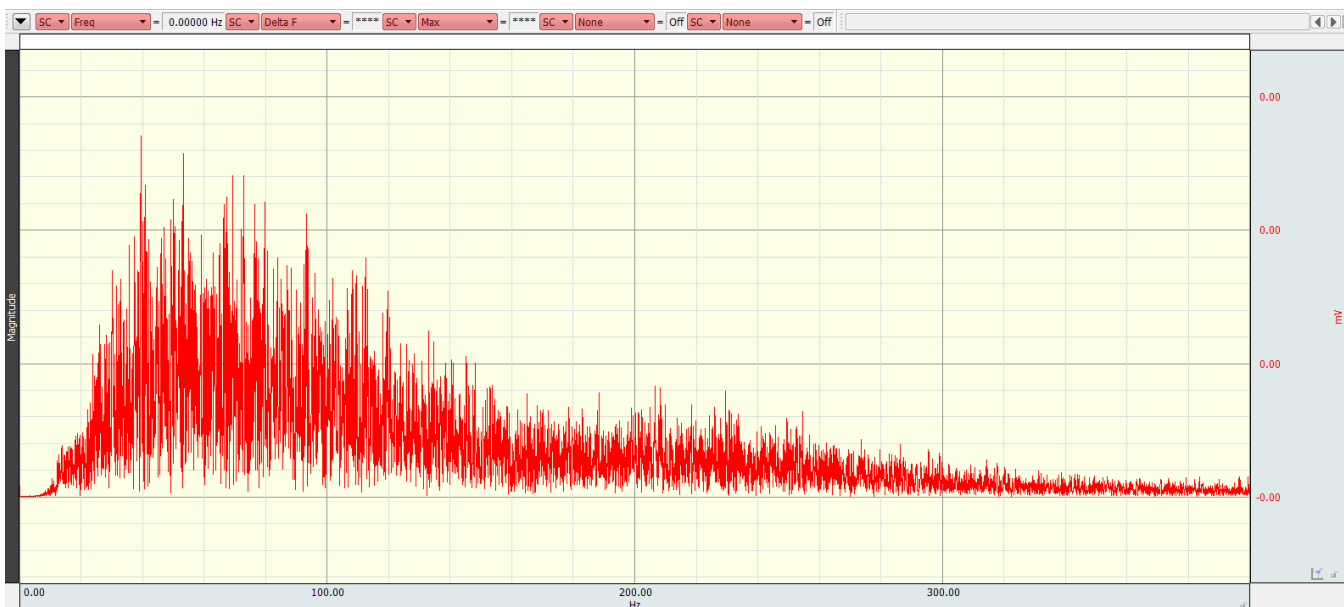
5. W celu zmiany wzmocnienia na pasku menu programu AcqKnowledge kliknąć „MP36”, następnie „Set Up Channels...”. W nowo otwartym oknie „Input channel setup for ‘MP36R’”, w zakładce „Analog” kliknąć etykietę (kolumna „Label”) EMG, następnie kliknąć „Setup...”. W otwartym oknie „Input Channels Parameters” w lewym dolnym rogu zmniejszyć wartość „Gain”.
6. Po rejestracji, odnaleźć na pasku narzędzi programu narzędzie „I-beam”, oznaczone ikoną  i zaznaczyć sygnał, w którym zaciśnięta była dłoń.
7. Następnie na pasku menu kliknąć „Analysis” i wybrać opcję „FFT”.
8. W otwartym oknie „Analysis – FFT” zaznaczyć następujące opcje: „Pad with zeros”, „Magnitude”, „Linear”, Window (wybrać opcję „Hamming”) i potwierdzić wybór klikając „OK”.
9. Otworzy się okienko z FFT sygnału zaznaczonego wcześniej sygnału (rys 7).

**KOMENTARZ**

Większość mocy częstotliwości powierzchniowego EMG zawiera się pomiędzy 10 a 250 Hz, natomiast szczytowa częstotliwość zlokalizowana jest pomiędzy 50 i 80 Hz.



Rys. 7. Zaznaczony sygnał zaciśniętej dłoni.




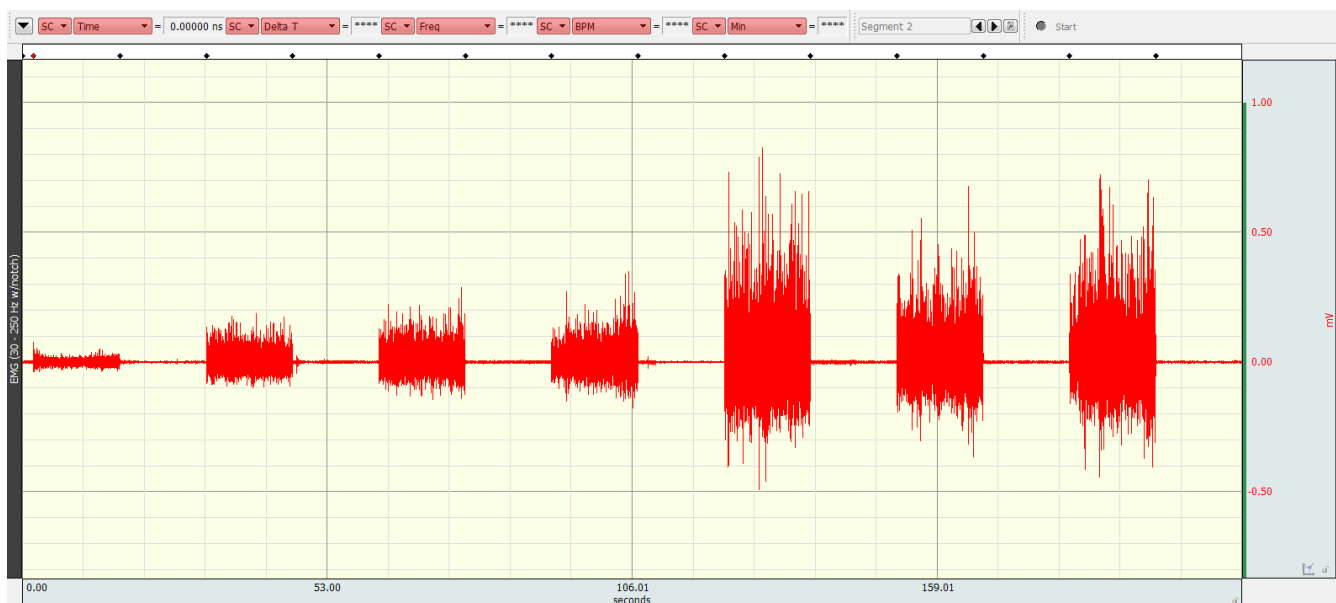
Rys. 8. Analiza FFT sygnału zaciśniętej dłoni.

## 5. Eksperyment pomiarowy

### 5.1. Badanie statyczne z obciążeniem

Ćwiczenie wykonać zgodnie z zaleceniami prowadzącego, jeśli niema zaleceń dodatkowych zarejestrować krótkie, 15 sekundowe fragmenty EMG w stanie spoczynku i z obciążeniem 0,5 kg; 1 kg; 1,5 kg; 2 kg; 2,5 kg; 3 kg i 4 kg.


1. Osoba badana siada wyprostowana na krześle, rękę opiera swobodnie o blat stołu. Dłoń powinna być skierowana w stronę sufitu przez cały czas trwania badania.
2. Zarejestrować 15 sekund w stanie spoczynku, klikając przycisk „Start”  Start na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2., a następnie zarzynać rejestrację klikając przycisk „Stop”
3. Opartą o łokieć rękę podnieść na wysokość około 20 cm, chwycić ciężarek 0,5 kg i rozpocząć rejestrację danych ok 15 sekund zatrzymać rejestrację odłożyć ciężarek.
4. Powtórzyć kroki z punktu 2 i 3 wykorzystując po kolei hantle od wartości 1 kg do 4 kg.
5. Po wykonaniu badania dla 4 kg zarejestrować dodatkowo 15 sekundowe EMG w stanie spoczynku.
6. Powstanie widoczna przerwa między kolejnymi rejestracjami sygnału z różnym obciążeniem
7. Zapisać wynik badania, wybierając z paska menu programu AcqKnowledge 4.2 „File”, następnie „Save as...”.
8. Przykład wyników badania statycznego z obciążeniem zamieszczono na rysunku 9.



Rys. 9. Przykładowy wynik badania statycznego z obciążeniem.

## 5.2. Badanie dynamiczne z obciążeniem z wykorzystaniem metronomu

Ćwiczenie wykonać zgodnie z zaleceniami prowadzącego, jeśli niema zaleceń dodatkowych zarejestrować krótkie, 15 sekundowe fragmenty EMG w stanie spoczynku na przemian z ruchami ręki z obciążeniem 0,5 kg; 1 kg; 1,5 kg; 2 kg; 2,5 kg; 3 kg i 4 kg w celu zapewnienia regularnych ruchów wykorzystać metronom.

1. Osoba badana siada wyprostowana na krześle, rękę opiera swobodnie o blat stołu. Dłoń powinna być skierowana w stronę sufitu przez cały czas trwania badania.
2. Zarejestrować pierwsze 15 sekund w stanie spoczynku, klikając przycisk „Start”  Start na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2.
3. Na metronomie ustawić rytm 40 – 50 uderzeń na minutę.
4. Chwycić ciężarek 0,5 kg, rozpocząć rejestrację i opartą o łokieć rękę unosić na wysokość około 20 cm i opuszczać w rytm metronomu. Opuszczana ręka powinna odpoczywać między taktami metronomu przez całkowite rozluźnienie nadgarstka.
5. Powtórzyć kroki z punktu 2 i 4 wykorzystując po kolei hantle od wartości 1 kg do 4 kg.
6. Po wykonaniu badania dla 4 kg zarejestrować dodatkowo 15 sekundowe EMG w stanie spoczynku.
7. Zapisać wynik badania, wybierając z paska menu programu AcqKnowledge 4.2 „File”, następnie „Save as...”.
8. Przykład wyników badania dynamicznego z obciążeniem zamieszczono na rysunku 10.




Rys. 10. Przykładowy wynik badania dynamicznego z obciążeniem.

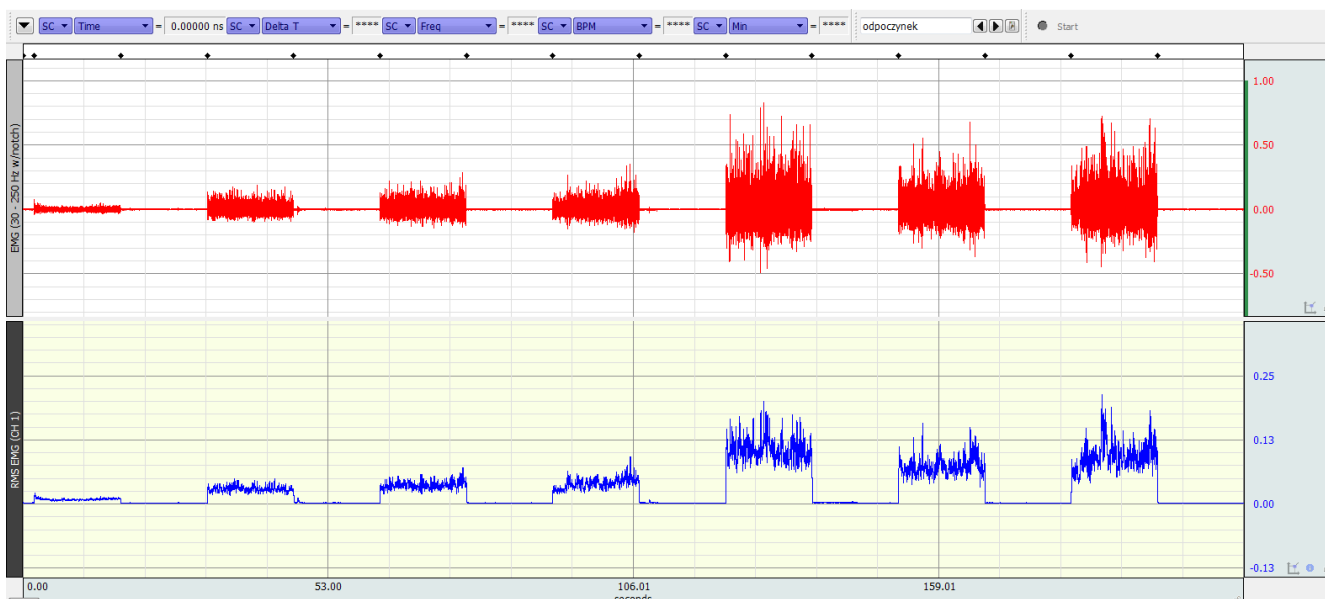


## 6. Analiza wyników eksperymentu

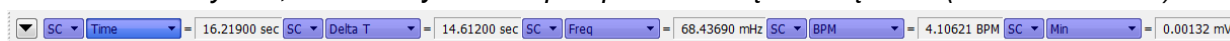
### 6.1. Analiza wyników badania statycznego z obciążeniem

Otrzymany sygnał czyści się z artefaktów. Najpierw wszystkie amplitudy ujemne są konwertowane na dodatnie. Umożliwi to wykreślenie krzywych dla standardowych parametrów amplitudy jak wartość średnia oraz szczyt/maksimum. Konwertowanie wykonuje się algorytmem pierwiastka z kwadratu średniej (Root Mean Square, RMS) dla okna czasowego z przedziału od 30 ms do 100 ms.

1. Otworzyć program AcqKnowledge 4.2. W nowo otwartym oknie upewnić się, czy opcje „Create and/or Record a new experiment” i „Create empty graph” są zaznaczone. Potwierdzić, klikając OK”.
2. Na pasku menu kliknąć „File”, a następnie „Open...”. Otworzyć zapisany wcześniej plik z badania statycznego z obciążeniem.
3. Przeprowadzić analizę RMS. Na pasku menu kliknąć „Analysis”, a następnie „Electromyography” i „Derive Root Mean Square EMG”.
4. W otwartym oknie wybrać kanał 1 (CH1, EMG 30 – 250 Hz) i kliknąć „OK”.
5. Program zapyta o okno czasowe dla analizy RMS. Należy wybrać wartość z przedziału od 30 do 100 ms i kliknąć „OK” (powtórzyć dla trzech różnych wartości).
6. Pojawi się dodatkowy kanał z przeprowadzoną analizą RMS (RMS EMG CH1). Przykład analizy zamieszczono na rysunku 11.
7. Zmierzyć średnie amplitudy. W tym celu kliknąć na pionowy napis „RMS EMG CH1”, następnie na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2, korzystając z narzędzia „I-beam” oznaczonego ikoną  zaznaczyć obszar aktywności mięśnia dla określonej masy.
8. Na pasku narzędzi, z belki narzędzi do analizy parametrów sygnału (rys. 12), kliknąć na jeden z parametrów, np. „Time” i z rozwijanego menu wybrać „Mean”. W okienku obok wyświetlona zostanie średnia wartość amplitudy w mV dla określonego obszaru aktywności mięśnia.
9. Zbadać średnią amplitudę dla pozostałych obszarów aktywności mięśnia.
10. Wykonać 3 serie badań z punktu 1-9 przez różne osoby z grupy i porównać wyniki.




Rys. 11. Przykładowy wynik badania statycznego z obciążeniem. Poniżej, oznaczony kolorem niebieskim wykres, dodatkowy kanał z przeprowadzoną analizą RMS (RMS EMG CH1).

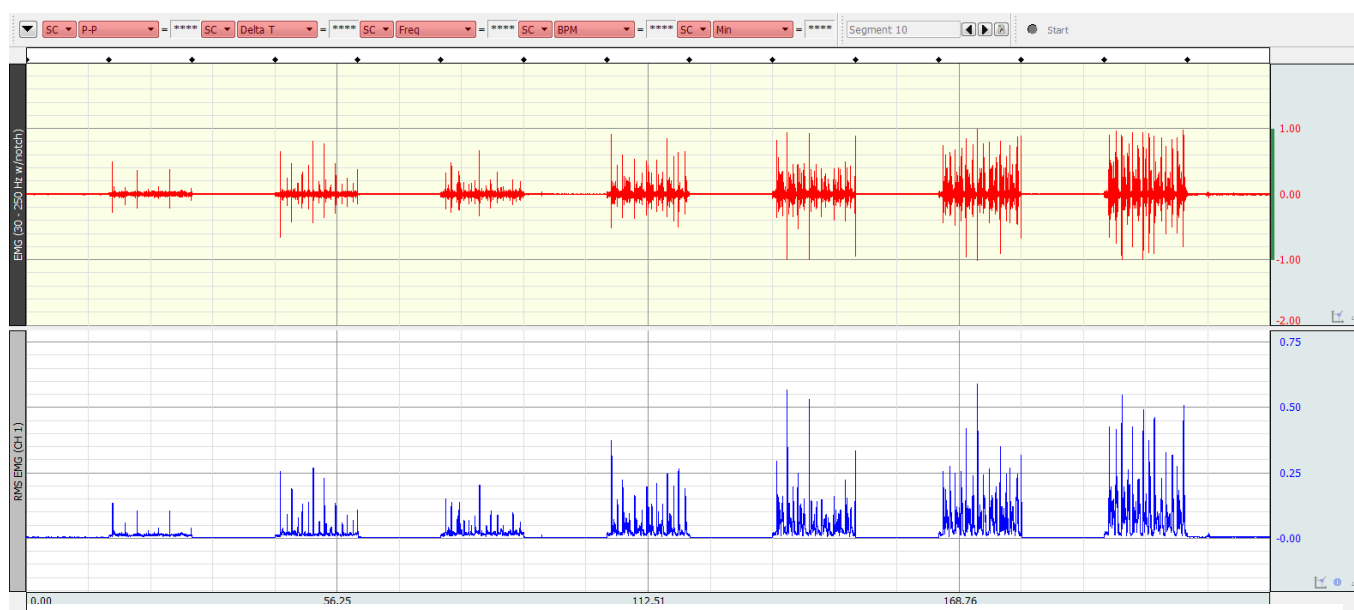


Rys. 12. Belka analizy parametrów sygnału.

## 6.2. Analiza wyników badania dynamicznego z obciążeniem

Otrzymany sygnał czyści się z artefaktów. Najpierw wszystkie amplitudy ujemne są konwertowane na dodatnie. Umożliwi to wykreślenie krzywych dla standardowych parametrów amplitudy jak wartość średnia oraz szczyt/maksimum. Konwertowanie wykonuje się algorytmem pierwiastka z kwadratu średniej (Root Mean Square, RMS) dla okna czasowego z przedziału od 30 ms do 100 ms.

1. Otworzyć program AcqKnowledge 4.2. W nowo otwartym oknie upewnić się, czy opcje „Create and/or Record a new experiment” i „Create empty graph” są zaznaczone. Potwierdzić, klikając „OK”.
2. Na pasku menu kliknąć „File”, a następnie „Open...”. Otworzyć zapisany wcześniej plik z badania dynamicznego z obciążeniem.
3. Przeprowadzić analizę RMS. Na pasku menu kliknąć „Analysis”, a następnie „Electromyography” i „Derive Root Mean Square EMG”.
4. W otwartym oknie wybrać kanał 1 (CH1, EMG 30 – 250 Hz) i kliknąć „OK”.
5. Program zapyta o okno czasowe dla analizy RMS. Należy wybrać wartość z przedziału od 30 do 100 ms i kliknąć „OK” (powtórzyć dla trzech różnych wartości).
6. Pojawi się dodatkowy kanał z przeprowadzoną analizą RMS (RMS EMG CH1). Przykład analizy zamieszczono na rysunku 13.
7. Zmierzyć wartość P-P (Peak-to-peak). W tym celu kliknąć na pionowy napis „RMS EMG CH1”, następnie na pasku narzędzi programu AcqKnowledge 4.2, korzystając z narzędzia „I-beam” oznaczonego ikoną  zaznaczyć obszar aktywności mięśnia dla określonej masy.
8. Na pasku menu, z belki narzędzi do analizy parametrów sygnału, kliknąć na jeden z parametrów, np. „Time” i z rozwijanego menu wybrać „P-P”. W okienku obok wyświetlona zostanie wartość P-P w mV dla określonego obszaru aktywności mięśnia.
9. Zbadać wartości P-P dla pozostałych obszarów aktywności mięśnia dla różnych wartości obciążenia.
10. Analizę powtórzyć 3 krotnie przez różne osoby – określić wpływ czynnika ludzkiego na wyniki.



Rys. 13. Przykładowy wynik badania dynamicznego z obciążeniem. Poniżej, oznaczony kolorem niebieskim wykres, dodatkowy kanał z przeprowadzoną analizą RMS (RMS EMG CH1).

## 7. Opracowanie wyników

1. Wyniki zebrać w postaci tabel i odpowiednich wykresów.
2. Porównać uzyskane wartości dla różnych osób wykonujących obliczenia oraz dla różnych długości okna czasowego dla analizy RMS.
3. Przeanalizować uzyskane wyniki, wyciągnąć wnioski.

## 8. Zagadnienia do opracowania:

1. Definicja EMG.
2. Charakterystyka sygnału (amplituda, pasmo).
3. Zjawiska fizjologiczne w mięśniach będące źródłem sygnału EMG.
4. Pojęcia: potencjał błonowy, depolaryzacja, repolaryzacja, hyperpolaryzacja, potencjał spoczynkowy.
5. Zasada pomiaru, układ, elektrody.
6. Wymagania dla wzmacniacza EMG.
7. Ograniczenia i źródła błędów metody.
8. Zastosowania.

## 9. Literatura:

1. Peter Konrad, **ABC EMG Praktyczne wprowadzenie do elektromiografii kinezyologicznej**, Technomex Spółka z o.o., Gliwice 2007  
(<http://www.analizaruchu.awf.wroc.pl/materialy/abcemg.pdf>)
2. Nałęcz M. (ed.), **Problemy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej**, tom 1 – 6, PAN Warszawa 2002.
3. Tadeusiewicz R., **Biocybernetyka. Metodologiczne podstawy dla inżynierii biomedycznej**, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2013