

# Laboratorní úlohy č. 3: Signály svalů a nervů

Tato série úloh se zaměřuje na analýzu elektromyografických (EMG) signálů, které umožňují hodnocení svalové aktivity, únavy a diagnostiku neuromuskulárních poruch.

---

## Úloha 3a: Analýza svalové únavy

### 1. Úvod

Svalová únava je proces postupného poklesu schopnosti svalu vyvíjet sílu, který je způsoben **metabolickými změnami a změnami v aktivaci motorických jednotek**. Pro objektivní hodnocení únavy se využívá **elektromyografie (EMG)**, která umožňuje sledovat změny ve spektru signálu.

### 2. Cíl úlohy

Cílem této úlohy je:

- Zaznamenat a analyzovat EMG signál a sílu stisku dynamometru během statického držení zátěže.
- Segmentovat signál na časové úseky a sledovat vývoj svalové aktivity v čase.
- Vyhodnotit změny časových a spektrálních charakteristik EMG signálu v průběhu únavy.
- Stanovit korelace mezi časovými charakteristikami a únavou svalu.

### 3. Metodika

Měření probíhá pomocí Biopacu, který zaznamenává EMG signál a sílu stisku dynamometru. Vzorkovací frekvence:  $f_s = 1000$  Hz.

- Struktura dat
  - 1. sloupec: Síla dynamometru [kg]
  - 2. sloupec: EMG signál [mV].

### 4. Analýza dat

Analýza se provádí na následujícím úseku signálu:

- Začátek: okamžik, kdy síla stisku přesáhne 80 % maximální hodnoty.
  - Konec: okamžik, kdy síla klesne pod 45 % maximální hodnoty.
- a. Vizualizace vstupních signálů

- Zobrazení průběhu síly stisku a surového EMG signálu.
- b. Segmentace signálu
  - Délka okna: 1 sekunda
  - Překryv: 50 %
- c. Výpočet časových parametrů  
Z každého segmentu se vypočítají:
  - Směrodatná odchylka (SD) – míra variability signálu.
  - Peak-to-peak amplituda (P-P) – rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou.
  - Počet průchodů nulou (ZCR) – indikátor frekvenčního obsahu.
- d. Spektrální analýza EMG signálu  
Pro každý segment se provádí Fourierova transformace a výpočet:
  - Mediánové frekvence ( $f_{MED}$ ) – frekvence, při které je polovina energie spektra pod a polovina nad touto hodnotou.
  - Prvního spektrálního momentu ( $M1$ ) – "těžiště" spektra, průměrná frekvence.
  - Druhého spektrálního momentu ( $M2$ ) – ukazatel šířky spektra.
- e. Vykreslení výsledků
  - Zobrazení časového vývoje parametrů s proložením regresní přímkou.
  - Statistická analýza trendů pomocí korelace parametrů s časem.

## 5. Závěr a interpretace výsledků

- Jaké změny v EMG signálu odpovídají svalové únavě?
- Jaké časové parametry mají nejsilnější korelaci s únavou?

## Úloha 3b: Obálky a cyklické EMG

### 1. Úvod

Elektromyografický (EMG) signál se často mění cyklicky v závislosti na rytmických pohybech. Analýza **obálek EMG signálu** umožňuje identifikaci svalových cyklů, což se využívá při **studiu svalové koordinace** a diagnostice pohybových poruch.

### 2. Cíl úlohy

Cílem této úlohy je:

- Vypočítat obálky EMG signálů bicepsu a tricepsu.
- Detekovat svalové cykly pomocí vzájemné korelace.
- Segmentovat jednotlivé cykly, interpolovat je na stejnou délku a analyzovat jejich variabilitu.
- Porovnat svalovou aktivitu bicepsu a tricepsu během opakovaných pohybů.

### 3. Metodika

Měření probíhá pomocí Biopacu. Vzorkovací frekvence:  $f_s = 5000$  Hz.

- Struktura dat
  - 1. sloupec: EMG signál bicepsu [mV]
  - 2. sloupec: EMG signál tricepsu [mV]

### 4. Analýza dat

- a. Vizualizace časových průběhů EMG signálu
  - Zobrazení časových průběhů surových EMG signálů bicepsu a tricepsu.
- b. Výpočet obálky EMG signálu třemi metodami:
  - Klouzavý průměr (FIR filtr)
  - Číslíkový IIR filtr
  - Hilbertova transformace
- c. Detekce cyklů pomocí vzájemné korelace
  - Vzájemná korelace obálky EMG s trojúhelníkovým oknem pro detekci svalových cyklů.
  - Určení počátků cyklů podle maxim korelační funkce.
- d. Segmentace a normalizace cyklů
  - Segmentace EMG signálu na jednotlivé cykly podle detekovaných počátků.
  - Interpolace cyklů na stejnou délku (100 % cyklu).
- e. Průměrování a analýza cyklů
  - Vykreslení jednotlivých cyklů pro biceps a triceps.
  - Výpočet průměrného cyklu a směrodatné odchylky obálky EMG.
  - Porovnání variability cyklů mezi bicipsem a tricipsem.

### 5. Závěr a interpretace výsledků

- Jaký je rozdíl mezi svalovou aktivitou bicepsu a tricepsu?

---

## Úloha 3c: Kvantitativní charakteristiky a Willisonova analýza

### 1. Úvod

Kvantitativní analýza EMG signálu umožňuje detekci svalových abnormalit a diferenciaci mezi zdravými a patologickými vzory EMG aktivity. Důležitou aplikací je **diferenční diagnostika** mezi **myogenními (svalovými)** a **neurogenními (nervovými) poruchami**.

Myogenní poruchy (např. **myopatie**) ovlivňují především svalová vlákna a vedou ke snížené amplitudě EMG signálu. Neurogenní poruchy (např. **neuropatie**) jsou způsobeny poruchou nervového řízení svalů a projevují se změnami v rekrutaci motorických jednotek.

## 2. Cíl úlohy

Cílem této úlohy je:

- Analyzovat kvantitativní charakteristiky EMG signálu a jejich využití v diagnostice neuromuskulárních poruch.
- Porovnat svalovou aktivitu u zdravých jedinců, pacientů s myopatií a neuropatií.
- Aplikovat Willisonovu analýzu k vizuální separaci myopatických a neuropatických EMG signálů.
- Vyhodnotit vhodnost různých parametrů EMG pro rozpoznání svalových a nervových poruch.

## 3. Metodika

- Použité signály pochází z databáze PhysioNet:  
<https://archive.physionet.org/physiobank/database/emgdb/>
- K analýze charakteristik lze použít např. EMG Feature Extraction Toolbox  
<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/71514-emg-feature-extraction-toolbox>

V demonstrační úloze byly použity charakteristiky:

- Waveform Length (WL) – celková délka signálu jako indikátor jeho variability
- Zero Crossings (ZC) – ukazatel frekvenčního obsahu.

Analyzujte i další kvantitativní charakteristiky a vyhodnoťte jejich vhodnost pro diagnostiku.

## 4. Analýza dat

- a. Načtení a předzpracování signálů
  - Vzorkovací frekvence:  $f_s = 4000$  Hz
  - Normalizace a úprava délky signálů pro srovnatelnost.
- b. Výpočet kvantitativních parametrů EMG signálu
  - Implementace výpočtu WL, ZC a dalších charakteristik
- c. Vizualizace a analýza výsledků
  - Grafické porovnání časových signálů mezi zdravými a patologickými jedinci.
  - Porovnání časových průběhů EMG signálů mezi zdravými jedinci, pacienty s myopatií a neuropatií.
  - Vyhodnocení extrahovaných charakteristik a jejich rozdílů mezi skupinami.
  - Vykreslení výsledků v prostoru parametrů, jako je frekvence obrátů a amplituda obrátů, pro vizuální separaci jednotlivých typů signálů.
  - Interpretace shlukování signálů v závislosti na jejich patologii.

## 5. Závěr a interpretace výsledků

- Jaké rozdíly jsou patrné mezi zdravými, myopatickými a neuropatickými signály?
- Které parametry nejlépe odlišují myopatie od neuropatie?

- 
- **Termín odevzdání vybrané úlohy** (jedné ze tří výše popsaných úloh):  
do následující středy, 13:00 v MOODLE.

- **Požadované soubory:**

**BSG03\_prijmeni.pdf** – stručná zpráva (popis použitých dat, výsledky, závěr-interpretace).

**BSG03\_prijmeni.m** – zdrojový kód v jednom skriptu (spustitelný bez dalších instalací).

**BSG03\_prijmeni.zip** – všechna data nutná ke spuštění kódu.