



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

F3

**Fakulta elektrotechnická
Katedra kybernetiky**

Bakalářská práce

Analýza EMG při hodnocení lokální fyzické zátěže

Tomáš Kysela

Lékařská elektronika a bioinformatika

Leden 2024

Draft: 22. 1. 2024

Poděkování / Prohlášení

TODO

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne TODO

.....

Abstrakt / Abstract

TODO

Klíčová slova: TODO

TODO

Keywords: TODO

/ Obsah

1 Úvod	1
2 Princip fungování EMG	2
2.1 Neuromuskulární systém	2
2.1.1 Kosterní svalstvo	2
2.1.2 Motorické neurony	3
2.1.3 Kontrakce a relaxace svalového vlákna	3
2.2 Hardwarové zpracování sig- nálu EMG	3
2.2.1 Elektrody	3
3 Návrh a provedení experimentu	5
4 Zpracování signálů	6
5 Závěr	7
Literatura	8
A Seznam použitých zkratk	9

/ **Obrázky**

2.1	Schéma sarkomery	2
2.2	Kontrakce svalového vlákna	4

Kapitola 1

Úvod

Lokální nadměrná zátěž razantně zvyšuje únavu konkrétních svalů. To může následně způsobovat riziko některých úrazů. Mezi tyto úrazy se řadí mimo jiné syndrom karpálního tunelu, tenisový loket, tendinitida, či bursitida. [1] Za účelem předcházení výskytů těchto zranění mezi pracovníky v průmyslu bylo vydáno Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. To je dnes prověřováno za využití přístroje EMG Holter se softwarovým zpracováním v programu EMG Analyzer, oboje od společnosti GETA Centrum s.r.o., která má v oblasti měření fyziologie práce na našem území prakticky monopol.

V první části je vysvětleno fungování přístrojů pro měření EMG. Nejdříve je vysvětleno fungování neuromuskulárního systému a následně jeho obecné zpracování.

V druhé části práce je vysvětleno stávající řešení od společnosti GETA a následně shrnuto dané Nařízení vlády.

Ve třetí části se pak zabýváme návrhem softwaru pro zpracování signálu z přístroje Shimmer. Je zde také popsán experiment na kterém byla měřena kontrolní data jak na přístroji Shimmer, tak přístroji GETA.

Kapitola 2

Princip fungování EMG

2.1 Neuromuskulární systém

Neuromuskulární systém je základem pohybového aparátu člověka. Patří do něj kosterní svalstvo a nervy, které je ovládají.

2.1.1 Kosterní svalstvo

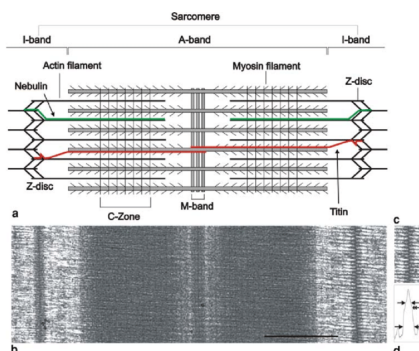
Každý sval se skládá ze svalových vláken, která jsou shlukována do svazků. Každý svazek je následně držen pojivovou tkání. Samotné svazky poté nejsou často vedeny pouze jedním směrem, nýbrž jsou různě pootočený tak, aby součet vektorů jejich sil dohromady tvořil požadovaný vektor.

Každé vlákno se následně skládá z ještě menších dílků zvaných myofibrily. Myofibrily jsou obaleny sarkopazmatickým retikulem a jsou invaginovány T-tubulami. Každá myofibrila se následně skládá z tlustého a tenkého filamentu.

Tlustý filament je tvořen myosinem. Ten se skládá z šesti polypeptidů, kdy 2 tvoří pár těžkých řetězců a 4 tvoří dva páry lehkých řetězců. Těžký řetězec je převážně stočen do alfa-šroubovice, kdy tvoří ocásek myosinové molekule. Na konci každého z těžkých řetězců spolu s párem lehkých řetězců poté tvoří globulární myosinové hlavy.

Tenký filament se skládá převážně z aktinu. Aktin v tenkém filamentu je polymerizován do dvou vláken stočených do alfa-šroubovice. Na této šroubovici jsou místa k vázání myosinu. Tato místa jsou při relaxaci zakrytá tropomyosinem. Na něm jsou v pravidelných intervalech zavěšené komplexy troponinu. Jeho úkolem je při kontrakci navázat ionty vápníku a odstranit tropomyosin a dovolit navázání myosinových hlav na aktin.

Každá myofibrila je pruhované vlákno kdy jednotlivé sekce se nazývají sarkomery. V prostředí sarkomery se vyskytuje A-pásma. Zde se prolínají aktin a myosin. Ve středu A-pásma se nachází M-linie. Ty jsou tvořeny tmavě zbarvenými proteiny vázajícími jednotlivé molekuly myosinu k sobě. Na hranicích sarkomery pak leží I-pásma obsahující aktin. Uprostřed každého I-pásma se nachází Z-disk který ohraničuje konce jednotlivých sarkomer. [2]



[sarkomera]

Obrázek 2.1. Schéma sarkomery [3]

2.1.2 Motorické neurony

Ve svalu by nikdy neprobíhala kontrakce nebýt motorických neuronů. Motorické neurony jsou nervové buňky, které slouží k přenášení impulzů z kortexu mozku a mozkového kmene ke svalu. Dělí se na dva typy, horní a dolní. Horní motorické neurony jsou součástí CNS a vedou signál z kortexu mozku, mozkového kmene a mozečku míchou k jednotlivým dolním motorickým neuronům.

Dolní motorické neurony jsou poté nervové buňky, které mají za úkol přenášet signál od horních nervových neuronů. Existují tři hlavní typy dolních motorických neuronů: somatické motorické neurony, branchiální motorické neurony a viscerální motorické neurony. Somatické motorické neurony se dále dělí na tři podtypy: alfa, beta a gamma. Alfa motorické neurony inervují extrafuzální svalová vlákna a jsou primárními nosiči vzruchu při kontrakci kosterních svalů. Jejich těla leží v mozковém kmeni či v míše. Gamma motorické neurony naopak inervují svalová vřeténka a určují jejich citlivost. [4]

2.1.3 Kontrakce a relaxace svalového vlákna

V klidu jsou na myosinových hlavách připevněné molekuly ADP a P_i . Ty jsou záporně nabitě. Stejně tak jsou záporně nabitá vlákna aktinu a tím pádem se myosin s aktinem slabě odpuzují. [5]

Kontrakce začíná přijetím nervového akčního potenciálu, který se z dolních motorických neuronů šíří do T-tubul. Depolarizace T-tubul způsobí otevření Ca^{++} kanálků v sarkoplazmatickém retikulu. Ty vypouštějí ionty Ca^{++} které se navazují na troponin na tenkých filamentech, což posune tropomyosinem a odhalují se místa k vázání myosinu. Nyní začíná tzv. cross-bridge cyklus. Vypuštění ADP a P_i a myosinová hlava se přichytává k aktinu a následně se posouvá směrem k M-linii. To způsobuje pohyb aktinu a posun o cca 10 nm. Následně se na hlavu přichytává molekula ATP, která se štěpí na ADP a P_i . Energie z reakce narovná myosinovou hlavu do původní polohy a cyklus může začít znovu. [2, 5–6]

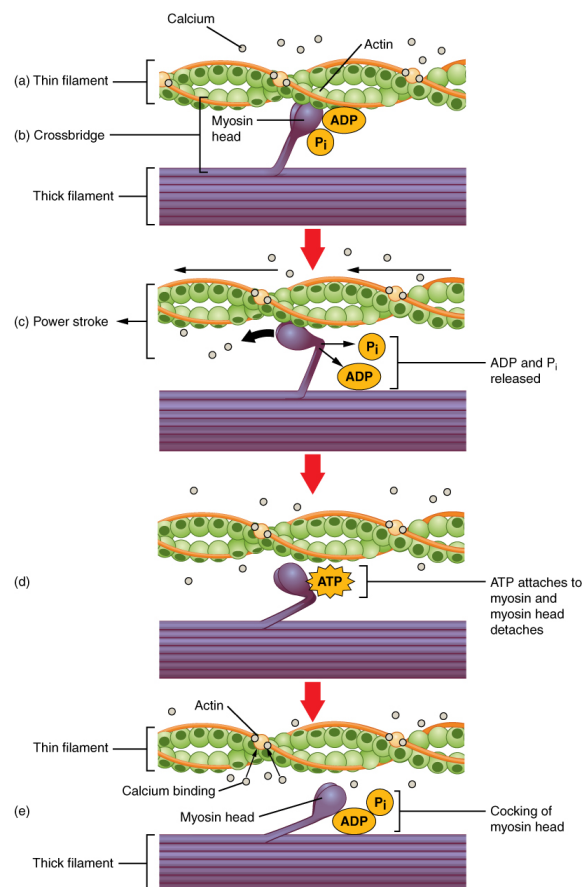
Při relaxaci pak dochází ke snížení koncentrace Ca^{++} za pomoci ATP-poháněných pump, kterého ionty odčerpávají zpět do sarkoplazmatického retikula, což způsobí opětovné navázání tropomyosinu na aktin a myosinová hlava se nemůže přichytit. Následně stejná polarita aktinu s ADP způsobuje odsunutí filamentů do počáteční polohy. [2, 5–6]

2.2 Hardwarové zpracování signálu EMG

Přístroje pro měření EMG měří změny potenciálu v jednotlivých svalech. Mohou být buď hodně obecné, či měřit konkrétní svalová vlákna. To záleží primárně na použité elektrodě a na filtrovaných frekvencích. Samotný přístroj je v podstatě voltmetr, který měří napětí velká řádově mikrovoltů a následně je zesiluje na vhodné velikosti a potlačuje šum.

2.2.1 Elektrody

Elektrody jsou způsob



[kontrakce]

Obrázek 2.2. Kontrakce svalového vlákna [6]



Kapitola 3

Návrh a provedení experimentu



Kapitola 4

Zpracování signálů



Kapitola 5

Závěr

Literatura

- [1] HECHT, Marjorie. *Repetitive Strain Injury (RSI): Causes, Prevention, and More*. Dostupné na <https://www.healthline.com/health/repetitive-strain-injury>.
- [2] COSTANZO, Linda S. *Physiology*. Sixth edition vyd. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-323-47881-6.
- [3] LUTHER, Pradeep. The vertebrate muscle Z-disc: Sarcomere anchor for structure and signalling. *Journal of muscle research and cell motility*. oct, 2009, ročník 30, s. 171–85. Dostupné na DOI 10.1007/s10974-009-9189-6.
- [4] ZAYIA, Lindsay C. a Prasanna TADI. *Neuroanatomy, Motor Neuron*. Dostupné na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554616/>.
- [5] *Cram's introduction to surface electromyography*. 2. ed vyd. Sudbury, MA: Jones and Bartlett, 2011. ISBN 978-0-7637-3274-5.
- [6] MENEFEE, Whitney, Julie JENK, Chiara MAZZASETTE a Kim-Leiloni NGUYEN. *Human Anatomy*. Dostupné na [https://med.libretexts.org/Bookshelves/Anatomy_and_Physiology/Human_Anatomy_\(OERI\)/09%3A_Skeletal_Muscle_Tissue/9.04%3A_Muscle_Fiber_Contraction_and_Relaxation](https://med.libretexts.org/Bookshelves/Anatomy_and_Physiology/Human_Anatomy_(OERI)/09%3A_Skeletal_Muscle_Tissue/9.04%3A_Muscle_Fiber_Contraction_and_Relaxation).

Příloha A

Seznam použitých zkratk

P_i	■	Anorganická iontová forma fosfátu
ADP	■	Adenosindifosfát
ATP	■	Adenosintrifosfát
CNS	■	Centrální nervová soustava
EMG	■	Elektromyografie
sEMG	■	Povrchová Elektromyografie

Requests for correction

[rfc-1] Nechat?

[rfc-2] vymyslet možná lepší název