

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2017

**SADA NEUROVĚDECKÝCH EXPERIMENTŮ PRO VÝZKUM
SYSTÉMU ŘÍZENÍ**

Bc. Zuzana KOUDELKOVÁ

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
nám. T. G. Masaryka 5555
760 01 Zlín
Česká republika

20. dubna 2017
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: *elektromyografie, neurověda, neurovědecké experimenty, Backyard Brains*

Anotace: *Cílem práce je připravit sadu bioinformatických experimentů spojených s pracovními listy využívajícími technologie řízení za pomoci signálů periferní nervové soustavy. Experimenty budou využívat technologických kitů pro experimenty v neurovědecké oblasti Backyard Brains podporující školní experimenty spojené s technologií BCI.*

Obsah

1.	Úvod.....	4
2.	Elektromyografie	4
2.1	Periferní nervová soustava	4
2.2	Svalová soustava	4
2.3	Elektromyografický signál	4
2.4	Snímání EMG signálu	5
3.	Použité zařízení	5
3.1	Human-Human-Interface	5
4.	Experimenty	6
4.1	Analýza síly kontrakce svalu	6
4.2	Měření a diagnostika akčního potenciálu	7
4.3	Human-Human Interface	9
	Literatura	10

1. Úvod

Neurověda se zabývá a studuje nervovou soustavu člověka. Jakožto mezioborová věda spojuje další obory jako je např. matematika, informatika nebo psychologie. Nervová soustava člověka se dělí na centrální nervovou soustavu, která je tvořena mozkem a míchou a na periferní nervovou soustavu, které spojuje centrální nervovou soustavu s orgány a tkáněmi celého těla. [3]

Základem nervové soustavy jsou neurony neboli nervové buňky. Nejdůležitější funkcí neuronu je šířením vzruchu neboli impulsu. Neuron se skládá z buněčného těla a výběžků. Ty nazýváme dendrity a neurity (axon). [6]

Tělo buňky je složeno z jádra a organel (ribozomy, mitochondrie, endoplasmatické retikulum). Pokud se tyto těla neuronů shluknou, tvoří v centrálním nervovém systému tzv. šedou hmotu. Shluky těl neuronů v periferním nervovém systému se nazývají tzv. ganglia. [5]

Přenos informace (nervového impulsu) je základní funkcí neuronu. Plasmatická membrána, která se na této funkci nejvíce podílí, obaluje tělo a výběžky nervové buňky. Vlastností této membrány je polopropustnost, tzn., že některé částice se přes membránu mohou dostat pasivně (po koncentračním spádu) a některé se přes tuto membránu dostanou pouze aktivním transportem přes kanály, které se nachází v membráně. [5]

2. Elektromyografie

Elektromyografie (EMG) je experimentální technika založená na rozvoji, nahrávání a následného analyzování svalových signálů. Tyto signály jsou tvořené fyziologickými podmínkami v membráně svalového vlákna.[1]

Pohyby svalů jsou kontrolovány elektrickými signály, které se šíří zpět a vpřed mezi svaly a periferní a centrálním nervovým systémem. Pokud nastanou patologické změny v motorickém systému, buď v míše, motoneuronech, svalů změní se elektrický signál ve svalů.[4]

2.1 Periferní nervová soustava

Periferní nervová soustava (dále jen PNS) je periferně spojena s centrální nervovou soustavou. PNS se skládá ze 43 párů nervů. Z toho 12 párů je hlavových, které jsou přímo propojeny s mozkem a z 31 párů míšních nervů. Tato síť nervů se větví do všech částí lidského těla. [6]

2.2 Svalová soustava

Svaly jsou neobjemnější tělesnou soustavou. Tvoří asi 40% celkové tělesné hmotnosti. Lidské tělo pojímá asi 600 svalů.[2]

Veškeré pohyby těla jsou umožněny díky aktivitě svalů. Kontrakce neboli stah je základem svalové funkce. Svaly zpravidla rozlišujeme na kosterní neboli příčně pruhované a na hladké a srdeční. Pomocí vůle dokážeme ovládnout pouze příčně pruhované svaly. [5]

2.3 Elektromyografický signál

Motorická jednotka je základní funkční jednotka svalové soustavy. Motorická jednotka je složena z motoneuronu a ze souboru svalových vláken, který tento motoneuron

spojuje. Nejmenší svaly na lidském těle mohou obsahovat 10 svalových vláken a u těch největší až 2000. Jeden sval je řízen až tisícem těchto motoneuronů. Těla motoneuronů jsou usazena v předním rohu míchy. [4]

Akční potenciál, který je šířen z motoneuronu přes periferní nerv se na svalová vlákna přenáší nervosvalovou ploténkou, nacházející se zhruba uprostřed vlákna. Z membrány se uvolní neurotransmitter, který podráždí membránu vlákna a následně se depolarizuje. Tím vznikne akční potenciál. Ten je šířen z prostřední části vlákna oběma směry k jeho zakončením, postupným depolarizováním membrány lokálními proudy. Současně s jeho šířením dochází ke stahu vlákna. Působením různých elektrických potenciálů v odlišných částech membrány svalového vlákna vznikne v jejím okolí elektrické pole. Elektromyografický signál je získán měřením potenciálů tohoto elektrického pole.[4]

2.4 Snímání EMG signálu

Rozlišujeme snímání intramuskulární a povrchové.

- **Intramuskulární**

Díky invazivnímu neboli intramuskulárnímu snímání EMG je umožněno dobře lokalizovat požadovaný zdroj signálu a snímat elektrické potenciály několika málo motorických jednotek. Přesnost lokalizace podléhá typu použitých elektrod, v zásadě jde vždy o elektrody jehlové. [4]

- **Povrchové snímání**

Povrchové snímání hodnotí funkci svalů a nahrává svalovou aktivitu z povrchu kůže. Povrchové snímání snímá velký počet motorických jednotek.[4]

3. Použité zařízení

Zde je seznam použitých zařízení v příspěvku.

3.1 Human-Human-Interface

Human-Human-Interface je vědecký kit od společnosti BackyardBrains, která se zaměřuje na přiblížení neurovědeckých experimentů veřejnosti.

Firma Backyard Brains byla založena postgraduálními studenty neurologie Michiganské univerzity, kteří chtěli poskytnout veřejnosti a hlavně studentům pohled do fungování nervového systému. Jedním z nejznámějších projektů této firmy je tzv. RoboŠváb (ovládání švába pomocí mikropočítače, který je připojen přes nervové zakončení jeho tykadla).

Vědecký kit HHI obsahuje:

- **Jednotka TENS**

Transkutánní elektrická stimulace nervů je neinvazivní způsob kontroly bolesti. TENS používá malé elektrické impulzy, které posílá přes kůži do nervů, což vede ke změně vnímání bolesti.

TENS je určen pro použití k úlevě od bolesti. Tato jednotka vysílá impulzy přes kůži, které stimulují nerv (nebo nervy) v požadované oblasti. V mnoha případech, tato stimulace výrazně sníží nebo eliminuje vnímání bolesti u pacienta.

TENS 3000 je bateriový generátor impulsů, který odesílá elektrické impulsy. Zařízení je opatřeno dvěma říditelnými výstupními kanály, kde každý kanál je na sobě nezávislý. Pár elektrod může být připojen do každého výstupního kanálu. TENS 3000 vytváří elektrické impulsy, jejichž intenzita, doba trvání, počet impulsů za sekundu a modulace může být změněna pomocí ovládacích prvků nebo spínačů.

- **Arduino**

Arduino je open-source elektronická platforma. Tato platforma je založená na jednoduché počítačové desce (hardware) a vývojovém prostředí, které slouží k tvorbě software. Prostřednictvím Arduina můžeme vytvářet interaktivní objekty. Počítačová deska Arduina bere údaje od různých snímačů a senzorů (například snímač osvětlení, vzdálenosti nebo jen obyčejné tlačítko) a na základě těchto údajů ovládá nějaké výstupy (rozsvítí LED, zapne světlo nebo motor či jiný fyzický výstup). Program pro Arduino mikrokontrolér se sestavuje za pomoci programovacího jazyka (založený na jazyce Wiring) a Arduino softwaru (IDE), založený na prostředí Processing.

V této práci je použit typ Arduino Uno R3. Je to vývojová deska s mikroprocesorem ATmega328. Deska obsahuje 14 digitálních vstupních / výstupních pinů (z toho může být 6 použito jako výstupy PWM), 6 analogových vstupů, 16 MHz krystal, připojení pomocí USB, napájecí konektor, ICSP rozhraní a resetovací tlačítko.

- **Muscle SpikerShield spolupracující s Arduinem**

Aby Arduino plnilo požadovanou funkci, je možné jej rozšířit o periferní obvody se speci-fickou funkcí tzv. shieldy. Pro tuto diplomovou práci byl použit Muscle SpikerShield, který je sestavený firmou Backyard Brains.

- **Elektrody**

HHI kit používá pěnová elektrody s vysokou přilnavostí. Tyto elektrody měří v průměru 35,35 mm a jsou vyrobeny z Ag/AgCl konstrukce. Výhody těchto elektrod jsou přesné výsledky, jsou hypoalergenní (neobsahují latex) a jsou na jedno použití.

4. Experimenty

V této kapitole budou popsány experimenty, které byly vytvořeny v rámci tohoto projektu.

4.1 Analýza síly kontrakce svalu

Tento experiment slouží k pochopení a poznání základního principu elektromyografie. Pomocí elektrod umístěných buď na paži, nebo na bicepsu zanalyzujeme sílu, kterou dokáže vyvinout sval při jeho zatnutí – kontrakci. Sílu svalové kontrakce budeme analyzovat pomocí signalizačních diod umístěných na SpikerShieldu.

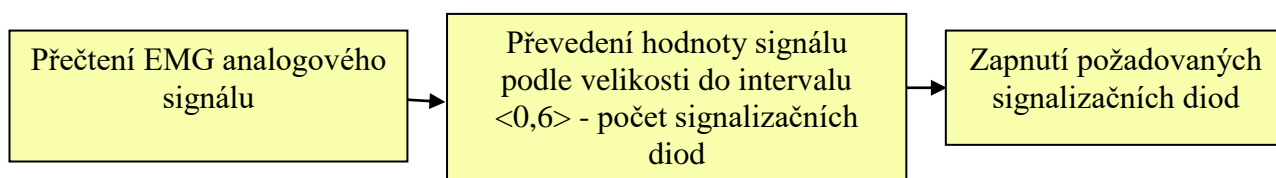
Postup experimentu:

Nejprve se připraví všechny potřebné součástky pro tento experiment. Těmito součástkami jsou: Arduino společně se SpikerShield deskou, oranžový kabel se třemi krokodýly, elektrody.

Arduino je schopné pracovat po připojení baterie anebo připojením USB kabelu k počítači. Umístěte dvě elektrody na předloktí nebo na paži (biceps). Následně jednu elektrodu nalepte na hřbet dlaně (země). Zapojte oranžový kabel se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu, který se nachází SpikerShield desce. Na elektrody v předloktí či na paži použijte červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně, připojte černý banánek. Nyní již máte kompletně připravený experiment.

Nechte ruku v klidu a poté vší silou zatněte. Na SpikerShield desce se rozblíkají signalizační diody. Pokud je sval v klidu, je rozsvícená jedna nebo žádná signalizační dioda. Při zatínání svalu se postupně rozsvěcejí ostatní diody. Čím větší silou je sval zatátn, tím více elektrod se rozsvítí.

Arduino dostane analogový EMG signál z elektrod umístěných na svalu, který dále převede do intervalu, který má mezní hodnoty 30 a zvolená velikost citlivosti. Citlivost se může regulovat pomocí tlačítka, které je umístěno na SpikerShield desce. Čím větší citlivost je navolena, tím snadněji se rozsvítí signalizační diody. Citlivost při zapnutí desky je navolena na hodnotu 520. V dalším kroku se tento interval bude převádět do dalšího intervalu, který převede signál tak, aby se zjistilo, které signalizační diody je potřeba zapnout. Tento interval se pohybuje v rozsahu počtu LED diod a to $\langle 0,6 \rangle$.



Obrázek 1 - Blokové schéma experimentu 4.1

4.2 Měření a diagnostika akčního potenciálu

Tento experiment slouží k měření svalového akčního potenciálu. Pomocí elektrod umístěných buď na paži, nebo na bicepsu změříme akční potenciál, který se projeví při svalové kontrakci.

Postup experimentu:

Nejprve se připraví všechny potřebné součástky pro tento experiment. Těmito součástkami jsou: Arduino společně se SpikerShield deskou, oranžový kabel se třemi krokodýly, Iphone/Ipad a kabel pro připojení těchto zařízení ke SpikerShieldu.

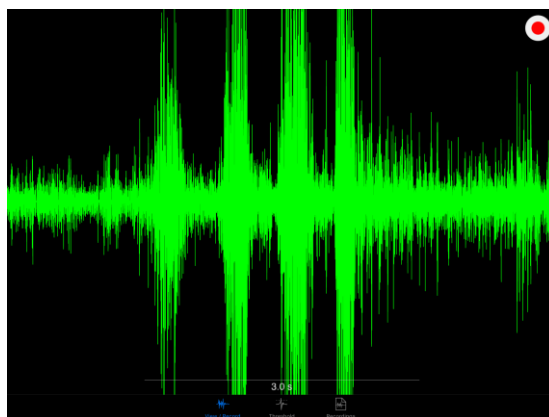
Arduino je schopné pracovat po připojení baterie anebo připojením USB kabelu k počítači. Nejprve umístěte dvě elektrody na předloktí. Následně jednu elektrodu nalepte na hřbet dlaně (země).



Obrázek 2 – Rozmístění elektrod

Zapojte oranžový kabel se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu, který se nachází SpikerShield desce. Na elektrody v předloktí použijte červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně, připojte černý banánek. Poté propojte SpikerShield desku a vaše zařízení pomocí kabelu. Do vašeho zařízení (Iphone/Ipad) stáhněte aplikaci s názvem SpikeRecorder a následně ji spusťte.

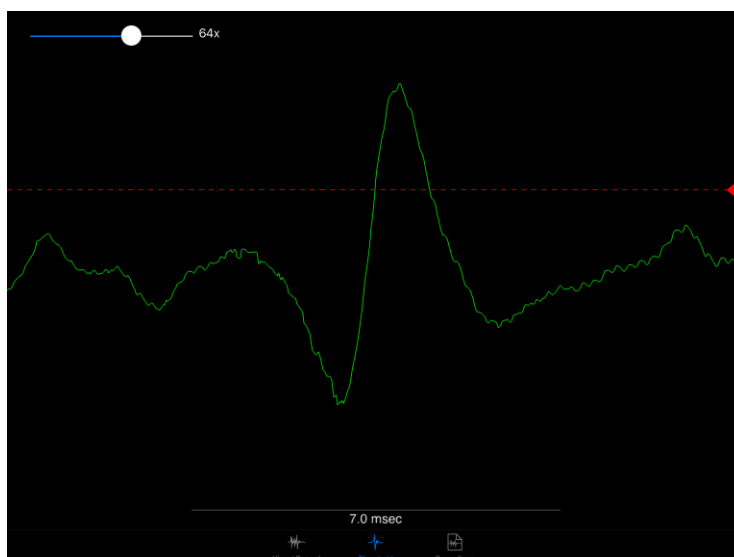
Pokud máme ruku v klidu, na obrazce vidíme jen šum. Jakmile ale zatneme, na displeji se nápadně zvýší amplituda signálu – akční potenciál svalu. Akční potenciály svalu můžeme díky aplikaci nahrávat a dále zpracovávat.



Obrázek 3 – Nahrávání akčních potenciálů

Pokud nahrajeme EMG signály ze svalu, dostaneme soubor s příponou „.m4a“. V aplikaci je možno zanalyzovat tato měření např. získání průměrných hodnot velikosti akčních potenciálů (obvykle do 40mV), zpětné přehrání záznamu, kde je možnost přiblížení těchto hodnot.

V neposlední řadě aplikace umí zobrazit akční potenciál, který je možné si zvětšovat a názorně si tak zobrazit amplitudu tohoto akčního potenciálu. Soubor, který dostaneme je také možno přehrát jako zvukový záznam. Kde slyšíme zvuk mnoha akčních potenciálů během svalové kontrakce.



Obrázek 4 – Akční potenciál

4.3 Human-Human Interface

V tomto experimentu se bude předávat kopie EMG signálu, který je získán od jednoho člověka a prostřednictvím TENS jednotky je předán druhému člověku.

Postup experimentu:

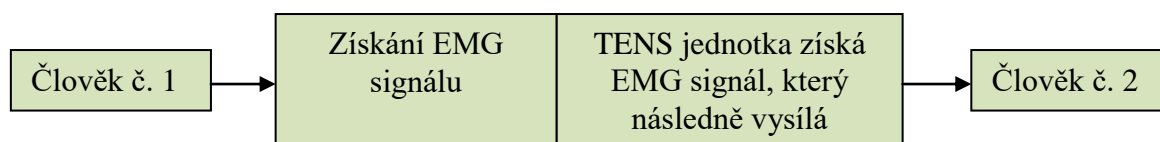
Nejprve se připraví všechny potřebné součástky pro tento experiment. Těmito součástkami jsou: Arduino společně se SpikerShield deskou, oranžový kabel se třemi krokodýly, TENS jednotka, kabel pro připojení k TENS jednotce, elektrody a dva dobrovolníci.

První část experimentu je stejná jako u experimentů 4.1 a 4.2.

Arduino je schopné pracovat po připojení baterie anebo připojením USB kabelu k počítači. Na prvního člověka umístěte dvě elektrody na předloktí. Následně jednu elektrodu nalepte na hřbet dlaně (země). Zapojte oranžový kabel se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu, který se nachází SpikerShield desce. Na elektrody v předloktí použijte červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně, připojte černý banánek.

Poté se připraví na experiment druhý člověk. Nalepte dvě elektrody na loketní nerv. Loketní nerv se nachází v oblasti lokte v tzv. loketním žlábků. Připojte kabel, který slouží pro připojení k jednotce TENS na elektrody a poté i do samotné TENS jednotky. Následně se druhý konec tohoto kabelu připojí na SpikerShield desku.

Po propojení obou osob zapněte TENS jednotku. TENS jednotka se zapne tak, že se začne pomalu otáčet knoflíkem, který je umístěn na vrchní části této jednotky. Po jednom pootočení, osoba s elektrody na paži zatne a druhá osoba by měla pohnout malíčkem nebo prsteníčkem. Pokud se tak nestane, pomalu otáčejte knoflíkem, dokud po kontrakci svalu druhá osoba neucítí pohnutí ruky.



Obrázek 5 – Blokové schéma experimentu 4.3

Závěr

Tato práce slouží k porozumění a pochopení principu elektromyografie a principu Brain – Computer Interface, což je rozhraní propojující mozek a počítač. Cílem práce bylo měření akčních potenciálů při kontrakci svalu, získání elektromyografického signálu a následné vyslání téhož signálu druhému člověku. Díky této metodě je možno diagnostikovat neurosvalové onemocnění, poruchy kontroly pohybového aparátu a řízení protetických náhrad (rukou nebo nohou).

Daná práce je součástí spolupráce ústavu UIUI a klinickými pracovišti neurochirurgie a neurorehabilitace LF OSU a KNTB ve Zlíně. Práce může pomoci k objektivizaci metod rehabilitace a ergoterapie u diagnóz ADHD (porucha funkce mozku), CMP (cévní mozková příhoda – asi 70 000 pacientů ročně), LMD (lehká mozková dysfunkce).

Literatura

- [1] Basmajian, John V. a De Luca, Carlo J.: Muscles alive: their functions revealed by electromyography. 5th ed. Baltimore: Williams, c1985.
- [2] Jelínek, J. a Zicháček V.: Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část). 7., aktualiz. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2004
- [3] Mysliveček, J.: Základy neurověd. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Tri-ton, 2009.
- [4] Penhaker, M.: Lékařské diagnostické přístroje: učební texty. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004
- [5] Tyrlíková, I. a Bareš M.: Neurologie pro nelékařské obory. Vyd. 2., rozš. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012
- [6] Řezníčková, D., ed. Lidské tělo: poznáváme lidský organismus a jeho činnost. Praha: Fortuna Print, 2003.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Blokové schéma experimentu 4.1	7
Obrázek 2 – Rozmístění elektrod	8
Obrázek 3 – Nahrávání akčních potenciálů.....	8
Obrázek 4 – Akční potenciál	9
Obrázek 5 – Blokové schéma experimentu 4.3	9