

# Neurovědecké experimenty v projektové výuce na střední škole

Bc. Zuzana Koudelková

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zuzana Koudelková**  
Osobní číslo: **A15342**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Učitelství informatiky pro střední školy**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Neurovědecké experimenty v projektové výuce na střední škole**  
Téma anglicky: **Neuroscience Experiments in Project-oriented Tuition at Secondary Schools**

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte informační rešerši v oblasti neuroinformatiky spojenou s neurovědeckými experimenty.
2. Navrhněte realizaci výzkumného projektu pomocí kitu Backyard Brains.
3. Sestavte model pro testování Human-Human komunikace.
4. Otestujte zvolený model a ověřte jeho využití v projektové výuce.
5. Vyhodnoťte zvolené řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. B.M. Beasley, *Understanding EKGs: A Practical Approach*, Prentice Hall, 2003.
2. CRASTO, Chiquito Joaquim. *Neuroinformatics*. Totowa, N. J.: Humana, c2007. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), 401. ISBN 1588297209.
3. Mysliveček, J. *Základy neurověd. 2., rozš. a přeprac. vyd.* Praha: Triton, 2009. ISBN 978-80-7387-088-1.
4. R. Palaniappan, C.S. Syan and P. Raveendran, *Current practices in electroencephalogram based brain-computer interfaces*, published in M. Khosrow-Pour (ed.): *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 2nd ed., II:888-901, IGI Global, 2009.
5. E. Donchin, K. M. Spencer, and R. Wijesinghe, *e mental prosthesis: assessing the speed of a P300-based brain-computer interface*, *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2):174-179, June 2000.
6. M. Ulasidas, G. Cuntai, and W. Jiankang, *Robust classification of EEG signal for brain-computer interface*, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 14:24-29, 2006.

Vedoucí diplomové práce:

**prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.**

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**16. května 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

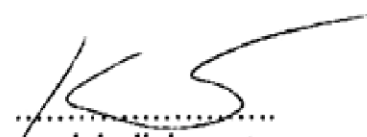
### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá tvorbou neurovědeckých experimentů, které jsou založeny na hardwarových výzkumných kitech firmy Backyard Brains, která byla založena studenty a zaměstnanci Michiganské univerzity. Zrealizované experimenty mohou být použitelné v projektové výuce na střední škole. Teoretická část diplomové práce se věnuje zejména popisu funkce nervové a svalové soustavy a s tím související metodou získávání elektrických impulsů – elektromyografií. V praktické části jsou vytvořeny tři komplexní neurovědecké experimenty. U každého experimentu je uveden popis a detailní postup řešení. V další kapitole je pak uvedena osnova projektu, která je použitelná v projektové výuce – v hodinách biologie nebo informatiky na SŠ. V závěru práce je zhodnoceno použití těchto experimentů jak ve výuce, tak i v běžném životě.

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

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the creation of neuroscientific experiments, which are based on Backyard Brains hardware research kits, founded by students and employees of Michigan University. Realized experiments may be useful in project education at high school. The theoretical part of the diploma thesis deals especially with the description of the function of the nervous and muscular system and with the related method of obtaining electrical impulses - electromyography. In the practical part three complex neuroscientific experiments are created. For each experiment, a description and detailed solution is provided. In the next chapter there is a curriculum of the project, which is applicable in project teaching - in biology or informatics classes at secondary schools. At the end of the thesis the use of these experiments is evaluated both in teaching and in everyday life.

Keywords: neuroinformatics, electromyography, neuroscience, neuroscientific experiments, Backyard Brains

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce panu prof. Mgr. Romanovi Jaškovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, čas a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování této práce. Také bych ráda poděkovala panu Ing. Peterovi Janků za pomoc při sestavování propojovacího kabelu.

Rovněž bych ráda poděkovala mé rodině za podporu při celém studiu a při vypracování této diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 NEUROINFORMATIKA</b> .....	<b>11</b>
<b>2 NEUROVĚDA</b> .....	<b>13</b>
2.1 NEURON .....	13
2.1.1 Funkce neuronu .....	14
2.1.1.1 Akční potenciál .....	15
2.2 PERIFERNÍ NERVOVÁ SOUSTAVA .....	16
2.2.1 Stavba periferního nervu .....	16
2.2.1.1 Hlavové nervy .....	18
2.2.1.2 Míšní nervy .....	19
2.3 SVALOVÁ SOUSTAVA.....	22
2.3.1 Stavba kosterního svalu.....	22
2.3.2 Nervosvalová ploténka.....	23
2.3.2.1 Stavba.....	23
2.3.2.2 Funkce.....	24
2.3.3 Funkce kosterního svalu.....	24
<b>3 ELEKTROMYOGRAFIE</b> .....	<b>25</b>
3.1 ELEKTROMYOGRAFICKÝ SIGNÁL .....	25
3.2 SNÍMÁNÍ EMG SIGNÁLU .....	27
3.2.1 Intramuskulární .....	27
3.2.2 Povrchové snímání .....	28
<b>4 PROJEKTOVÁ VÝUKA</b> .....	<b>29</b>
4.1 PROJEKT .....	29
4.1.1 Základní kroky projektu .....	30
4.2 TYPOLOGIE PROJEKTŮ .....	30
4.3 CÍLE PROJEKTOVÉ VÝUKY .....	32
4.4 PŘEDNOSTI A ÚSKALÍ PROJEKTOVÉ VÝUKY .....	32
<b>5 POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>34</b>
5.1 HUMAN-HUMAN-INTERFACE .....	34
5.1.1 Jednotka TENS.....	34
5.1.2 Arduino .....	35
5.1.2.1 Popis.....	36
5.1.2.2 Vývojové prostředí .....	36
5.1.3 Muscle SpikerShield spolupracující s Arduinem .....	37
5.1.4 Elektrody .....	38
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>6 REALIZACE NEUROVĚDECKÝCH EXPERIMENTŮ</b> .....	<b>40</b>
6.1 ANALÝZA SÍLY KONTRAKCE SVALU .....	40
6.1.1 Popis experimentu .....	40
6.1.2 Postup.....	40

6.2	MĚŘENÍ A DIAGNOSTIKA AKČNÍHO POTENCIÁLU .....	44
6.2.1	Popis experimentu .....	44
6.2.2	Postup .....	44
6.2.3	Aplikace Spike Recorder.....	45
6.2.3.1	Postup práce s aplikací Spike Recorder .....	46
6.3	HUMAN-HUMAN INTERFACE .....	51
6.3.1	Zadání.....	51
6.3.2	Postup.....	52
<b>7</b>	<b>NEUROVĚDECKÉ EXPERIMENTY V PROJEKTOVÉ VÝUCE NA STŘEDNÍ ŠKOLE .....</b>	<b>56</b>
7.1	NÁVRH PROJEKTU .....	56
7.2	REALIZACE PROJEKTU .....	58
7.3	PRACOVNÍ LISTY A NÁVODY .....	60
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>70</b>
	<b>PŘÍLOHA P I: SEZNAM PŘÍLOH NA CD .....</b>	<b>71</b>



## ÚVOD

Neuroinformatika je vědní obor, který spojuje, jak neurovědu, tak i informatiku. Jedná se o velice zajímavé téma, které má velké využití i do budoucna. Navzdory tomuto tvrzení, ale nemůžu říci, že by se tento vědní obor zařazoval do výukových programů. A to i přesto, že každý pátý člověk naší populace trpí neurologickou poruchou.

Společnost Backyard Brains se proto rozhodla, že navrhne zařízení, které bude dostupné jak pro studenty jiných oborů než těch medicínských, tak i pro širokou veřejnost. Jejich zařízení fungují na bázi elektromyografie, což je experimentální technika, která nahrává elektrické impulsy ze svalů. Tyto impulsy mohou být dále použity ke zkoumání akčních potenciálů či ovládní nervů jiného člověka. Díky této metodě je možno diagnostikovat neurosvalové onemocnění, poruchy kontroly pohybového aparátu a řízení protetických náhrad (rukou nebo nohou).

Jelikož jsem studentka učitelství informatiky, rozhodla jsem se, že bych ráda navrhla experimenty, které by se daly použít v projektové výuce. Cílem mé práce je vytvořit a názorně popsat neurovědecké experimenty a následně vytvořit osnovu, která by mohla být později implementována formou projektového úkolu do výuky. Také jsem si dala za cíl vytvořit návody a pracovní listy, se kterými mohou studenti samostatně pracovat a tak rozvíjet vlastní touhu po poznání.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 NEUROINFORMATIKA

Lidský mozek je řídicí orgán nervové soustavy. Je uložen v dutině lebeční a řídí, kontroluje tělesné funkce jako je např. činnost srdce, trávení, schopnost pohybu, řeči ale i samotného myšlení, či vnímání emocí. [11]

*„Mozek je komplikovaný lidský orgán, jehož činností je z fyziologického hlediska souhrn kombinace chemických přeměn a elektrických procesů. Změny v elektrochemické aktivitě jednotlivých částí mozku jsou korelovány s dovednostmi nebo smyslovými vjemy neboli s mozkovou aktivitou.“* [10]

Lidský mozek tvoří rozmanitá síť neuronů odlišných tvarů a velikostí, které se odlišují nejen podobou, ale i svými dispozicemi a kooperací s jinými mozkovými buňkami, které jsou podmíněny genovými dědičnými informacemi každého jedince. [10]

Mozkovou elektrickou aktivitu lze nejpřesněji měřit pomocí zavedení elektrod do mozkové tkáně. Díky tomu můžeme změřit elektrický potenciál jednoho určitého neuronu nebo zóny menšího kvanta neuronů. Tato metoda je u lidí využívána při operacích zcela výjimečně. Je používána více při výzkumu potkanů vpuštěných do bludiště, kdy je snímána jejich mozková činnost při normálním jednání. [10]

Další možnost snímání elektrické aktivity mozku je elektrická encefalografie, kdy se na povrch hlavy přikládají elektrody, které následně měří elektrickou aktivitu mnoha (milionů) neuronů mozkové kůry. Tato metoda je hlavně využívána při epilepsii nebo při poruchách spánku. Činnost mozku je možno zachytit adekvátním počítačovým modelováním, kterému se věnuje relativně nový vědní obor - neuroinformatika. [10]

Neuroinformatika spojuje dvě vědy a to neurovědu a informatiku. Výzkum neuroinformatiky rozvíjí a uplatňuje nové inovační nástroje, které představují významný pokrok v porozumění funkcí lidského mozku. Výzkum neuroinformatiky je unikátně umístěn na křižovatce biomedicínské vědy, behaviorální vědy, biologie, fyzikální a matematické vědy, počítačové vědy a inženýrství. Synergie plynoucí z kombinace těchto disciplín umožní zrychlení vědeckého a technologického pokroku, což má za následek velké zdravotnické, sociální a ekonomické přínosy. [12]

Neuroinformatika se primárně řídí třemi směry:

1. Vývojem nástrojů a databází pro správu a sdílení neurovědeckých dat na všech úrovních analýzy.
2. Vývojem nástrojů pro analýzu a modelování dat v neurovědě.
3. Vývojem výpočtových modelů nervového systému a nervových procesů. [12]

## 2 NEUROVĚDA

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, která spojuje centrální nervovou soustavu s orgány a tkáněmi celého těla. [1]

### 2.1 Neuron

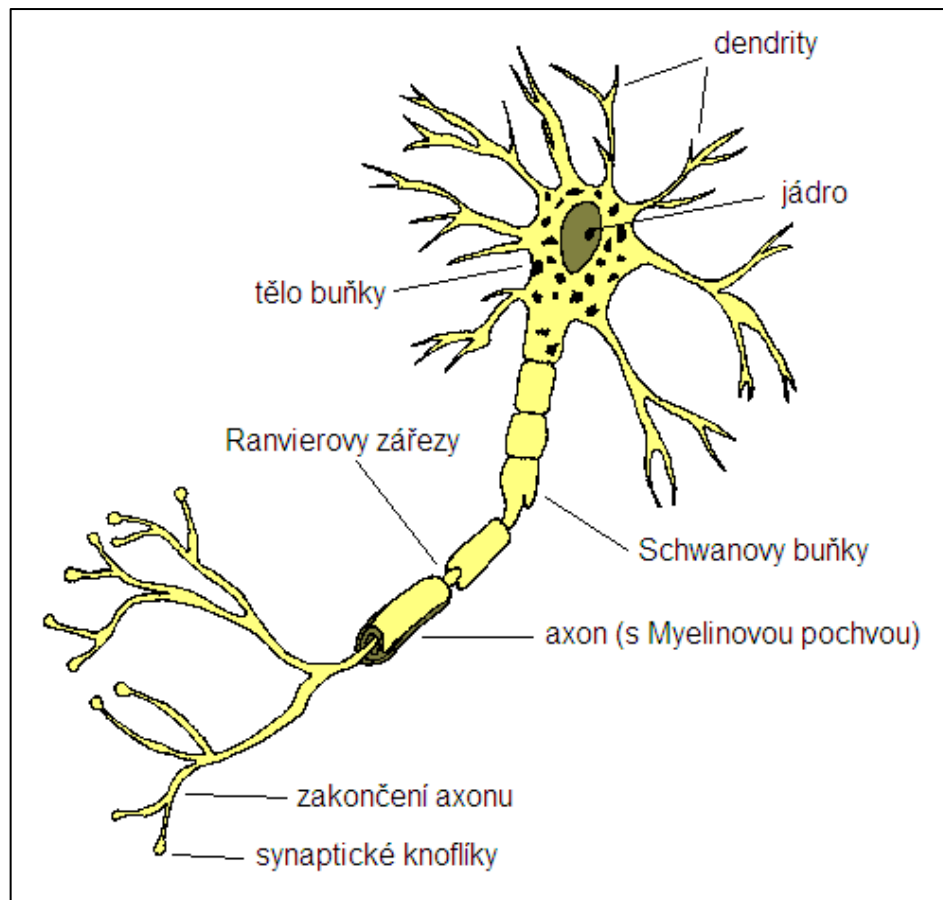
Základem nervové soustavy jsou neurony (nervové buňky). Nejdůležitější funkcí neuronu je šíření vzruchu neboli impulsu. Neuron se skládá z buněčného těla a výběžků. Ty jsou nazvány dendrity a neurity (axon). [6]

Tělo buňky je složeno z jádra a organel (ribozomy, mitochondrie, endoplasmatické retikulum). Pokud se tyto těla buněk neuronů shluknou, tvoří v centrálním nervovém systému tzv. šedou hmotu. Shluky těl neuronů v periferním nervovém systému se nazývají tzv. ganglia. [6]

Výběžky, které vycházejí z těla buňky, se nazývají dendrity. Dendrity přivádějí impulsy směrem k tělu neuronu. Těchto výběžků bývá zpravidla velké množství a obvykle se napojují na další neurony. [6]

Výběžek neuronu, který vede impulsy směrem od těla neuronu, nazýváme neurity neboli axony. Axon se na konci větví na množství krátkých výběžků, které se napojují synapsemi na dendrity, těla nebo axony ostatních neuronů nebo na svalová vlákna. [6]

V centrálním nervovém systému je tvořena těmito výběžky (axony a dendrity) bílá hmota a v periferním nervovém systému jsou těmito výběžky tvořeny periferní nervy. Povrch je pokryt podpůrnými buňkami. Ty se nazývají Schwannovy buňky v periferní nervové soustavě a oligodendrocyty v centrálním nervovém systému. [6]



Obrázek 1: Stavba neuronu [26]

### 2.1.1 Funkce neuronu

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. [6]

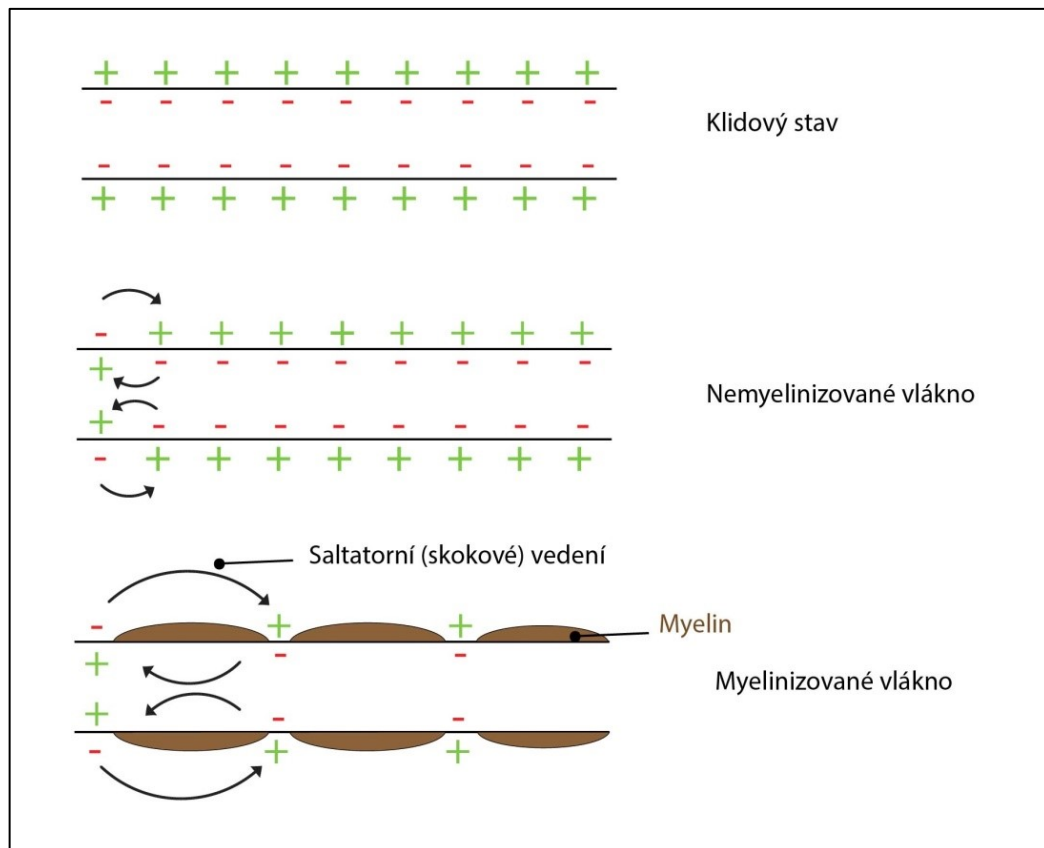
Částice, které jsou elektricky nabitě, se nazývají ionty. Pokud je tato částice nabitá kladně, nazývá se kationt, záporně nabitě ionty jsou anionty. Principem membrány je vytvoření elektrického rozdílu (potenciálu) mezi prostorem buňky a prostorem mimo buňku. Elektrický potenciál vzniká právě tehdy, když membrána pomocí transportu, využije své polopropustnosti a nerovnováhy mezi chemickými a elektrickými silami částic. Pokud chce částice projít po koncentračním spádu dovnitř buňky, je naopak tažena elektrickou silou ven z buňky. Využitím relativně nízké energie, membrána vytvoří tzv. klidový potenciál

zhruba o velikosti  $-70$  mV a tento stav udržuje. V klidovém stavu převažují draslíkové kationty a anionty velkých molekul, které se zdržují na vnitřní straně membrány. Naopak na vnější straně membrány převažují sodíkové kationty a chloridové anionty. Pokud se membrána podráždí např. chemicky, elektricky nebo mechanicky, nastane prudká změna její propustnosti pro sodíkové ionty a na membráně dojde ke změně potenciálu. Tato změna se nazývá depolarizace. Depolarizace znamená, že dojde ke změně náboje, vnitřek membrány je kladný a vnějšek je záporný. To znamená, že se polarity obrátily. Díky tomu dochází k ukončení propustnosti pro sodík a otevírají se draslíkové kanály. Ionty draslíku putují dovnitř buňky a potenciál se opět na membráně obrací a dochází k repolarizaci. Na těchto procesech se podílejí i jiné další částice. Membrána začne obnovovat situaci a pomocí aktivního transportu přepumpuje ionty zpět na svoje místo až do obnovení klidového stavu. Tyto děje nastávají na malém úseku membrány. Až se membrána depolarizuje na onom malém úseku membrány, dochází k podráždění vedlejšího úseku membrány a začne probíhat stejný děj. Elektrické změny na membráně tak postupují podél vlákna a membrána tak vede nervový vzruch neboli akční potenciál. [6]

### **2.1.1.1 Akční potenciál**

Akční potenciál je šířen tzv. saltatorně. To znamená, není šířen kontinuálně po membráně, ale přeskakuje úseky, které jsou obalené myelinem (Schwannovými buňkami) a je dál šířen přes takové úseky membrány, které nejsou obalené. Pomocí tohoto skokového šíření je akční potenciál šířen rychleji a buňka ušetří spoustu energie. [6]

Jestliže akční potenciál dorazí až na konec axonu, dojde k přenosu tohoto potenciálu na jinou buňku. Synapse neboli spojení je nazýváno oblastí přenosu akčního potenciálu z buňky na buňku. V lidském těle převažuje zejména synapse chemická. Existují ale i synapse elektrické anebo smíšené. Chemické synapse je tvořena presynaptickou částí (konec axonu), synaptickou štěrbinou (prostorem mezi buňkami) a postsynaptickou částí (membrána další buňky, na kterou se potenciál přenáší). Chemická synapse je vždy šířena jednosměrně. Na konci axonu je pomocí akčního potenciálu uvolněna látka, která se nazývá mediátor (transmitter), do synaptické šterbiny, kde je navázána na receptory v membráně následující buňky (např. na membráně dendritu). Tento mediátor je schopen vyvolat útlum či podráždění membrány. Jestliže má mediátor vyvolat podráždění membrány, pak se membrána depolarizuje a šíření akčního potenciálu postupuje dále. Mediátorů je charakterizováno mnoho desítek, mezi nimi adrenalin, nonadrenalin, acetylcholin, serotonin. [6]



Obrázek 2: Šíření akčního potenciálu nervovým vláknem [13]

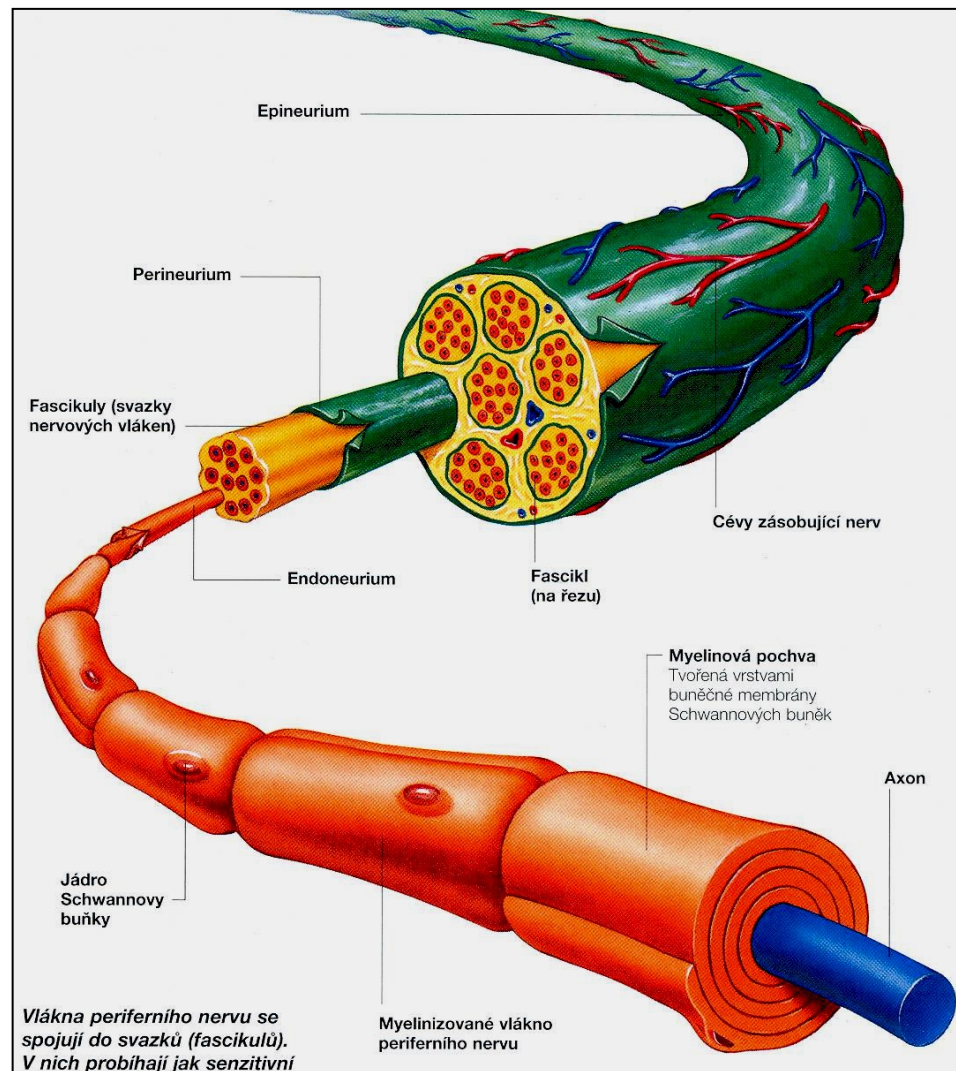
## 2.2 Periferní nervová soustava

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 nervů, které jsou přímo propojeny s mozkem a z 31 párů míšních nervů. Tato síť nervů se větví do všech částí lidského těla. [4]

### 2.2.1 Stavba periferního nervu

Nervová vlákna (axony, dendrity) probíhající v periferním nervu dělíme podle jejich obalu. Vlákna se dělí podle toho, zda mají obal nebo nemají na myelinizovaná (silná vlákna) a nemyelinizovaná (tenká vlákna). Myelinizovaná vlákna (axony a dendrity) mají obal, který je tvořen Schwannovými buňkami. Jsou to podpůrné buňky, které vytvářejí mnohvrstevnou myelinovou pochvu tak, že se mnohonásobně otáčejí kolem axonu. Nemyelinizovaná vlákna nemají myelinovou pochvu, a proto jsou tato vlákna uložena pouze v záhybech Schwannových buněk. [6]





Obrázek 3: Stavba periferního nervu [27]

Periferní nervy dělíme podle toho, jak jsou v nich zastoupena nervová vlákna, na motorické, senzitivní, autonomní a smíšené.

- Motorické nervy – skládají se z axonů motorických neuronů. Těla těchto neuronů jsou situována v předních rožích míšních a v motorických jádrech některých hlavových nervů. Tyto vlákna vedou impulsy od míchy a mozku k periférii.
- Senzitivní nervy – jsou tvořeny dendrity prvních neuronů somatosenzorické dráhy, v gangliích zadních kořenů míšních a dále v gangliích některých hlavových nervů jsou uschována jejich těla. Senzitivní vlákna vedou impulsy od periferie k centru.
- Autonomní (vegetativní) nervy – dále rozlišujeme na parasympatická a sympatická vlákna, která představují axony a dendrity neuronů. Tyto vlákna vedou eferentní impulsy z mozku a míchy, vyjma systému spojujícího kosterní svalstvo. A díky tomu spojuje hladké svaly, žlázy, srdce. Z těchto orgánů se šíří i aferentní impulsy

z tzv. interoreceptorů. Těla těchto neuronů se nachází v gangliích, které jsou blízko míchy, mozku, ale i dále v organismu, či jsou umístěny v jádrech mozku a míchy.

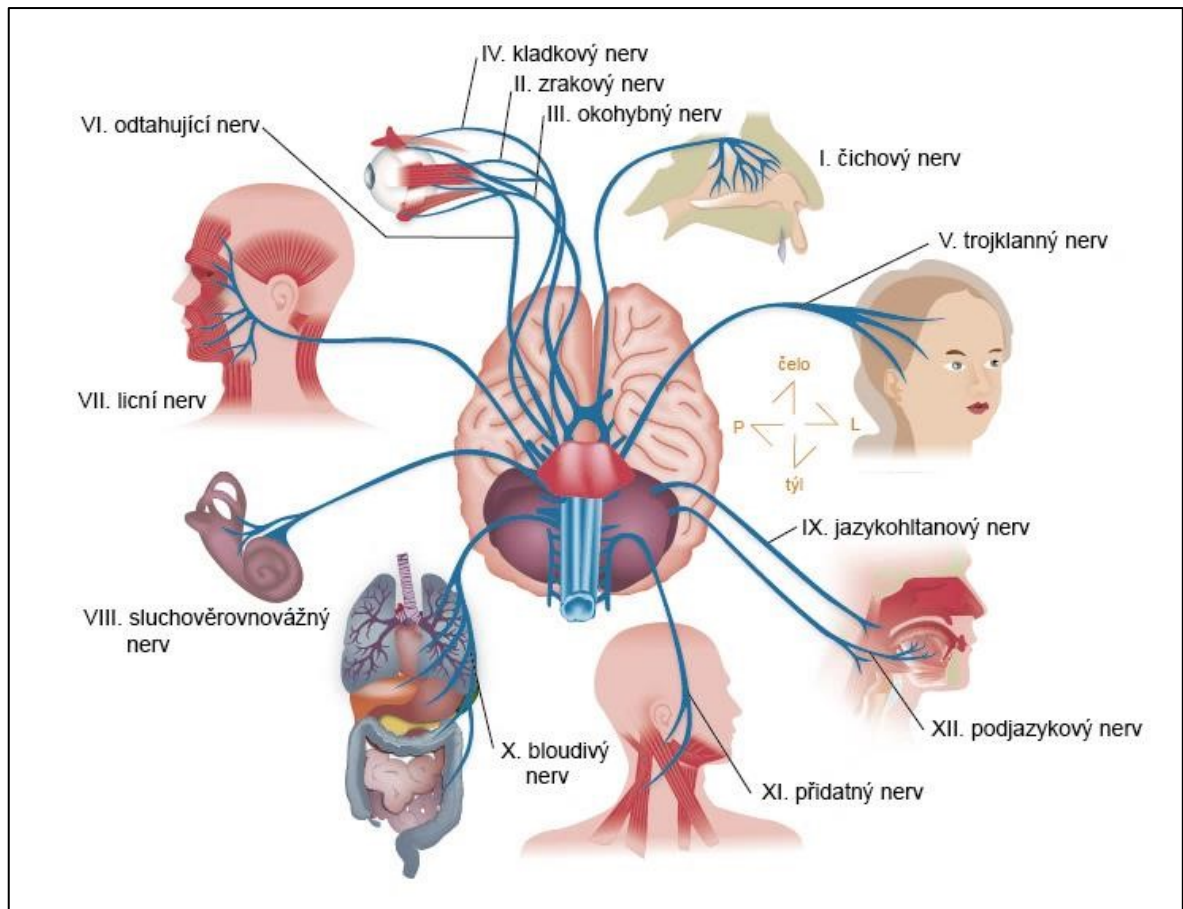
- Smíšené nervy – obsahující více typů nervových vláken. [6]

### 2.2.1.1 Hlavové nervy

Dvanáct párů nervů je přímo napojeno na mozek. Hlavové nervy hlavně spojují hlavu a krk. Zrakový, sluchový či čichový nerv plní jenom funkci senzorickou, zatímco ostatní hlavové nervy plní funkci motorickou nebo smíšenou. [4]

Hlavové nervy se označují římskými číslicemi I-XII. Patří zde:

- I. Čichový nerv – obsahuje čistě senzitivní nervová vlákna a přivádí do mozku čichové informace z čichového pole dutiny nosní
- II. Zrakový nerv – je druhým čistě senzitivním nervem a je tvořen axony gangliových buněk sítnice
- III. Okohybný nerv – patří mezi smíšené nervy, motorická vlákna spojují téměř všechny okohybné svaly a autonomní vlákna jsou určena pro svěrač zornice a sval řasnatého tělíska
- IV. Kladkový nerv – obsahuje pouze motorická vlákna a je určen pro inervaci horního šikmého okohybného svalu
- V. Trojklanný nerv – je smíšený nerv, složen ze senzitivních a motorických vláken
- VI. Odtahující nerv – je čistě motorický nerv, který inervuje zevní přímý oční sval
- VII. Lícni nerv – je nerv smíšený, který obsahuje motorická vlákna spojující obličejové svaly, a senzitivní vlákna vedoucí chuťové informace z jazyka
- VIII. Sluchově rozvázný nerv – obsahuje pouze senzitivní vlákna, která přivádí do mozku informace z rovnovážného ústrojí a vnitřního ucha
- IX. Jazykohltanový nerv – smíšený nerv, který obsahuje senzitivní vlákna, které vedou chuť ze zadní třetiny jazyka a autonomní vlákna, která jsou určena pro příušní slinnou žlázu
- X. Bloudivý nerv – smíšený nerv s rozsáhlou inervační oblastí (krční, hrudní, břišní a pohlavní)
- XI. Přidatný nerv – obsahuje jen motorická vlákna inervující trapézový sval a zdvihač hlavy
- XII. Podjazykový nerv – pouze jej tvoří motorická vlákna, která inervují svaly jazyka [3]



Obrázek 4: Hlavové nervy [15]

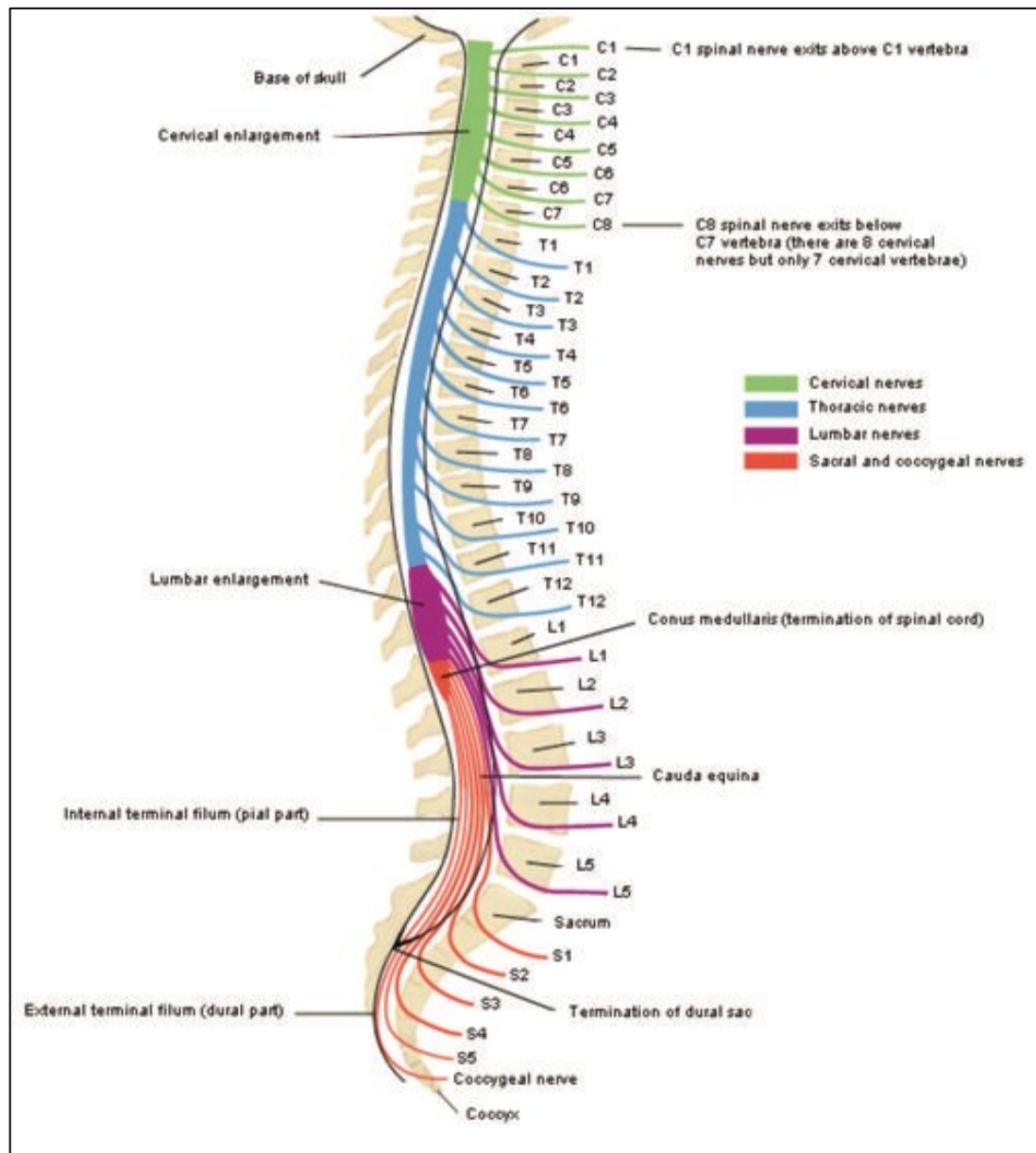
### 2.2.1.2 Míšňní nervy

62 míšňních nervů, které jsou připojeny k míše senzoričkým a motorickým kořenem, je smíšených. Opouštějí míšňní kanál úzkými průchody mezi obratli (meziobratlovými otvory) a dělí se do mnoha větví (přední větve, zadní větve a spojující větve) a pak se spojují a vytvářejí místní síť, pleteně. [4]

Podle místa, kde vystupují z páteřního kanálu, rozlišujeme pět skupin míšňních nervů:

1. Krční nervy – tvoří 8 párů nervů, které vystupují z krčního úseku páteře mezi obratli C1 – C7 . Tyto nervy jsou vytyčeny pro horní končetinu, hlavu a krk. Z prvních čtyř kořenů krčních nervů vznikají zejména nervy pro svaly a kůži krku. Patří zde nervy:
  - a. Brániční nerv – sestupuje ze svalů krku do hrudníku, kde spojuje bránici. Rytmičké impulsy přiváděné nervem ke svalovině bránice způsobují její kontrakci a navozují vdech.

- b. Pažní pleteň – vede štěrbinou mezi krčními svaly za klíční kost a vstupuje do podpažní jámy. Zde vznikají všechny nervy spojující svaly, kůži, kosti a kloubní pouzdra horní končetiny. V podpažní jámě se pažní pleteň rozkládá na samostatné nervy.
  - c. Podpažní nerv – je určen pro deltový sval
  - d. Středový nerv – nachází se v ose předloktí mezi předloketními svaly, které inervuje. Nerv se zakončuje zejména v krátkých svalech palce.
  - e. Loketní nerv – jde na předloktí společně s loketní tepnou a vstupuje do dlaně. Inervuje na předloktí ohybače ruky a prstů, a ve dlani většinu krátkých svalů ruky, malíku a palce.
  - f. Vřetení nerv – zajišťuje spojení natahovačů horní končetiny.
2. Hrudní nervy – 12 párů a jsou určeny zejména pro mezižební svaly hrudníku a zad
  3. Bederní nervy – 5 párů nervů, které spojují kůži a svaly stehna a pánve a kůži zevních pohlavních orgánů
  4. Křížové nervy – 5 párů, které jsou určeny pro svaly dolní končetiny, hýžd'ové svaly a svaly hráze. Patří zde nervy sedací, lýtkový, holenní.
  5. Kostrční nerv – pouze jeden pár, který je funkčně bezvýznamný [7]



Obrázek 5: Míšní nervy [16]

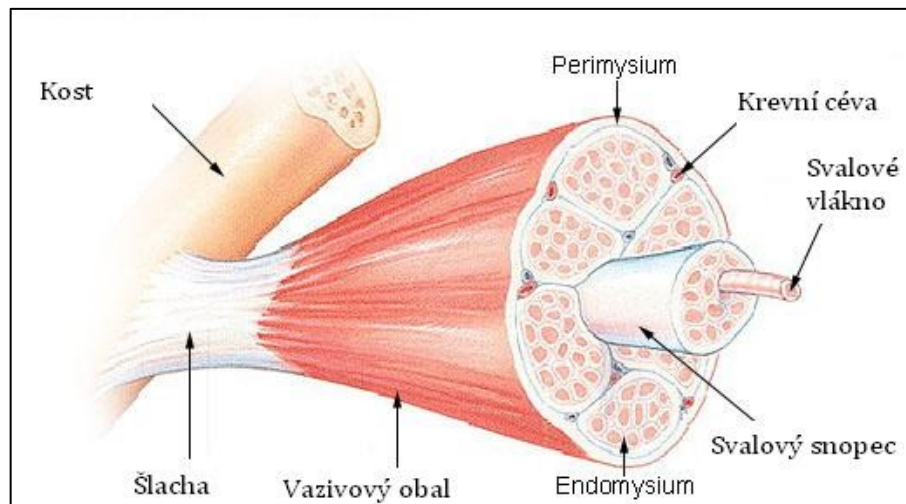
## 2.3 Svalová soustava

*„Svaly jsou neobjemnější tělesnou soustavou. Představují asi 40% celkové tělesné hmotnosti. Lidské tělo obsahuje 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. [7]

### 2.3.1 Stavba kosterního svalu

Svalová buňka se nazývá svalové vlákno, jelikož je to dlouhá tenká buňka. Povrch této buňky je pokryt plasmatickou membránou. Uvnitř této buňky nalezneme kontraktilní bílkoviny, které se nazývají aktin a myosin. Molekuly těchto bílkovin vytvářejí řetězce – aktinová a myozinová vlákna (filamenta), která jsou částečně zasunuta mezi sebou. Mnoho těchto vláken vytváří silnější vlákno tzv. myofibrilu. Ta je pokryta sarkoplasmatickým retikulem (jedna z organel uvnitř buňky). Myofibril je ve svalové buňce mnoho a vyplňují svalové vlákna. Z membrány svalového vlákna vybíhají výchlípky membrány k sarkoplasmatickému retikulu, ty se nazývají T tubuly. Za předpokladu, že se spojí 10-100 těchto svalových buněk vrstvičkou vaziva (endomysium) vznikne primární snopeček svalový. Díky těmto snopečkům vznikají některé malé svaly. U větších svalů se spojí primární snopečky svalové opět vrstvou endomysia, čímž vznikne sekundární snopec. Spojením sekundárních snopců vzniknou snopce vyšších řádů. Celý sval je pak obalen vazivem, které se nazývá fascie neboli epimysium. Na konci svalu je umístěna svalová šlacha. Šlacha je tuhé vazivo, které slouží k upevnění kosterního svalu ke kosti. [6]



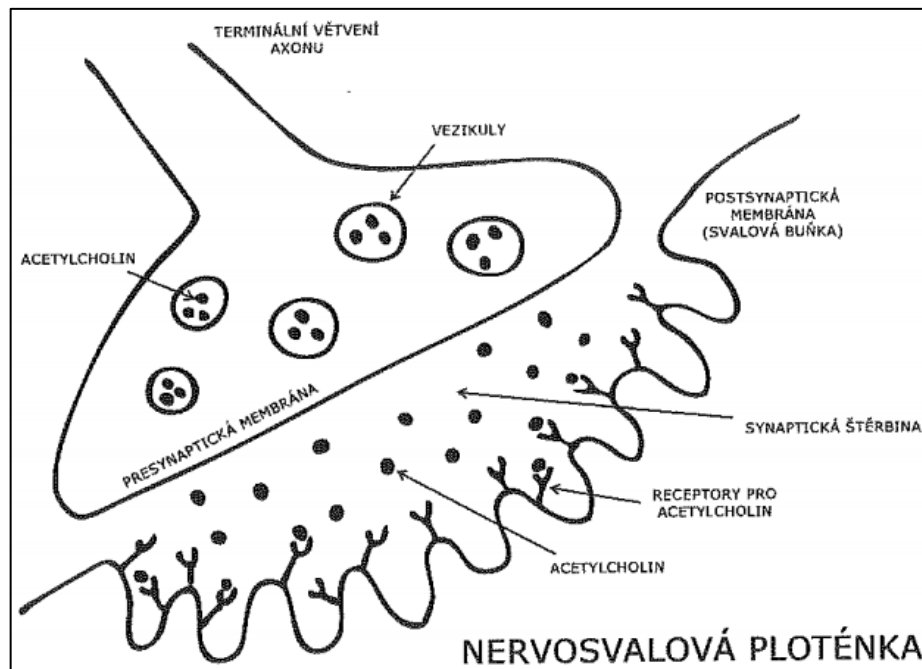
Obrázek 6: Stavba kosterního svalu [22]

Konstrukce svalů se mění v závislosti na rozsahu pohybu a vyvíjené síly. V nejjednodušším uspořádání (vřetenovité) jsou paralelní vlákna rozmístěna po celé délce svalu a jsou k nim připojeny šlachy na obou koncích. Svaly, které produkují velkou sílu, mají složitější strukturu, ve které se svalová vlákna připojují k šlaše, která se rozprostírá přes velkou část svalu. Tento tvar svalu (dvojhlavý) zvyšuje průřezovou plochu svalu a tím, vzniká i silnější kontrakce. Pokud svalová vlákna vybíhají z obou stran šlachy, tak se tato svalová struktura označuje jako trojhlavá. [21]

## 2.3.2 Nervosvalová ploténka

### 2.3.2.1 Stavba

Chemická synapse mezi nervovou a svalovou buňkou se nazývá nervosvalová ploténka. Její hlavní funkcí je přenos akčního potenciálu mezi nervovou a svalovou buňkou. Je složena z presynaptického útvaru, který je představován axonálním zakončením motoneuronu a je uložen v mělkých žlábcích vytvořených invaginací sarkolemy. Dále je složena ze synaptické štěrbině a postsynaptického útvaru, který představuje sarkolema (plazmatická membrána vláknů kosterního svalu). [6]



Obrázek 7: Nervosvalová ploténka [6]

### 2.3.2.2 Funkce

Jakmile vejde akční potenciál na presynaptickou část, dochází k uvolnění mediátoru acetylcholinu do synaptické štěrby. Na postsynaptické části ploténky se pak acetylcholin váže na receptory. Pokud je obsazeno velké množství těchto receptorů, dochází k otevření kanálů na postsynaptické membráně, k přesunu iontů a tím k depolarizaci (vznik akčního potenciálu) na svalové membráně a potenciál se dále šíří po svalovém vlákně. Acetylcholin uvolňující se z receptorů je pohlcován zpět do presynaptické části a zároveň štěpen enzymem acetylcholinesterázou na cholin a acetylový zbytek a pak pohlcován zpět do synaptického knoflíku. [6]

### 2.3.3 Funkce kosterního svalu

Na membráně svalového vlákna nervosvalové synapse se napojí acetylcholin na acetylcholinové receptory. Spustí se otevírání iontových kanálů, přes svalovou membránu dochází k přenosu iontů a membrána se následně depolarizuje. Akční potenciál tak přeskočil z nervové buňky na svalovou a je šířen k membráně svalového vlákna. Pomocí výchlípek svalové membrány je akční potenciál šířen dál, až doputuje k sarkoplasmatickému retikulu. Tady dojde k vyplavení vápníkových iontů a k zasunutí myosinu a aktinu do sebe. Vzhledem k tomu že dojde k zasunutí aktinových a myosinových vláken vzájemně do sebe, zkrátí se svalová buňka a při součinnosti všech svalových buněk se zkrátí celý kosterní sval. [6]

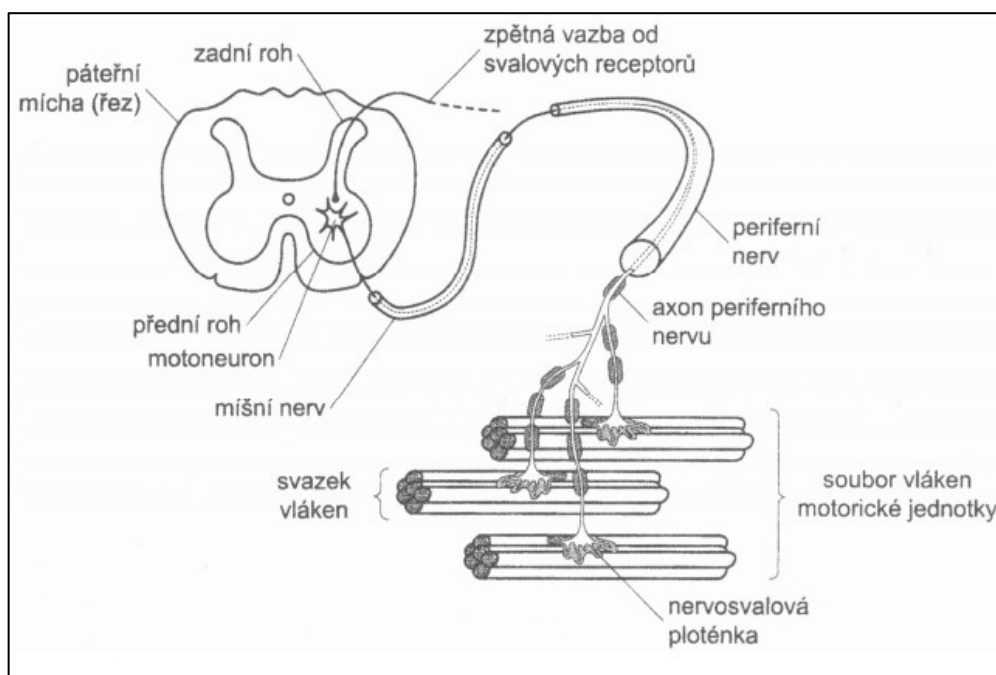


### 3 ELEKTROMYOGRAFIE

"Elektromyografie (EMG) je experimentální technika založená na rozvoji, nahrávání a následného analyzování myoelektrických signálů. Myoelektrické signály jsou tvořené fyziologickými podmínkami v membráně svalového vlákna." [23]

#### 3.1 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 tisíci těchto motoneuronů. Těla motoneuronů jsou usazena v předním rohu míchy. V předním kořenu míchy vybíhá axon a stává se součástí míšního nervu, který následně přechází v periferní nerv. Tento axon se dále rozvětjuje a každá z těchto větví je zakončena nervosvalovou ploténkou, která ovládá svazek vláken. Vlákná všech svazků tvoří výše zmíněný soubor. Jednotlivé motorické jednotky určitého svalu mohou spojovat menší či větší počet jeho vláken. [5]



Obrázek 8: Princip elektromyografie [5]

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 zakon-

čením, 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. [5]

Podrážděním motoneuronu jediným nadprahovým podnětem nastane jedna kontrakce, a to po krátké době, asi 100ms. Tato kontrakce je nezbytná k přenosu akčního potenciálu na svalová vlákna a k depolarizaci membrány vláken. Jednotlivá vlákna nekontrahují v přesně stejný okamžik, ale s odlišným vzájemným časovým zpožděním o velikosti několika milisekund. Poté nastává samovolná relaxace svalových vláken. Proveďte se tedy pouze jeden záškub. [5]

Trvalá kontrakce svalových vláken je udržována periodicky opakujícími se nadprahovými podněty, které působí na motoneuron. Tyto stimuly musí přicházet dostatečně rychle. Jestliže budou od sebe v čase příliš vzdáleny, dojde jenom ke dvěma rychlým záškubům. Nejvyššího zvětšení síly kontrakce svalových vláken se dosáhne za předpokladu, že následující nadprahový podnět přijde již v době kontraktilní reakce na předchozí podnět. Při frekvenci podnětů 10÷20Hz ještě nedochází k splývání kontrakcí a sval vykazuje minimální záškuby. K silné kontrakci dochází asi při 60 Hz. Úplná kontrakce je dosažena přibližně při dvojnásobné frekvenci. [5]

Maximální síla kontrakce svalu se nazývá jako MVC (maximum voluntary contraction). Požadované síly kontrakce je dosaženo náborem motorických jednotek, tedy jejich postupnou aktivací. Tento zde popsaný mechanismus se liší u svalů podle jejich velikosti. Dosažením 50% MVC u malých je nutné aktivovat všechny motorické jednotky. Pro dosažení vyšší síly kontrakce se frekvence jejich dráždění zvýší až na 60 Hz. Velké svaly dosahují postupným zapojováním motorických jednotek až 90% své MVC. K udržení kontrakce vystačí menší frekvence, zpravidla kolem 40 Hz. Podle tzv. principu velikosti jsou nejprve aktivovány motorické jednotky, které spojují menší počet vláken. Jednotky, které inervují větší počet vláken, jsou zapojovány více, pokud je třeba dosáhnout větší síly kontrakce. Díky tomu umožněno pomalé stupňování. [5]

Vzhledem k tomu, že čas šíření akčního potenciálu motorickou jednotkou vykazuje určité výkyvy a reakce svalového vlákna na podráždění není vždy přesně identická (což je dáno podstatou fungování), nemůže sval nikdy dosáhnout konstantní síly kontrakce. Pomocí měření byly objeveny výkyvy asi 1÷2 Hz. [5]

EMG signál více motorických jednotek se nazývá interferenčním, protože jednotky nejsou aktivovány zároveň, což výrazně ovlivňuje charakter signálu. [5]

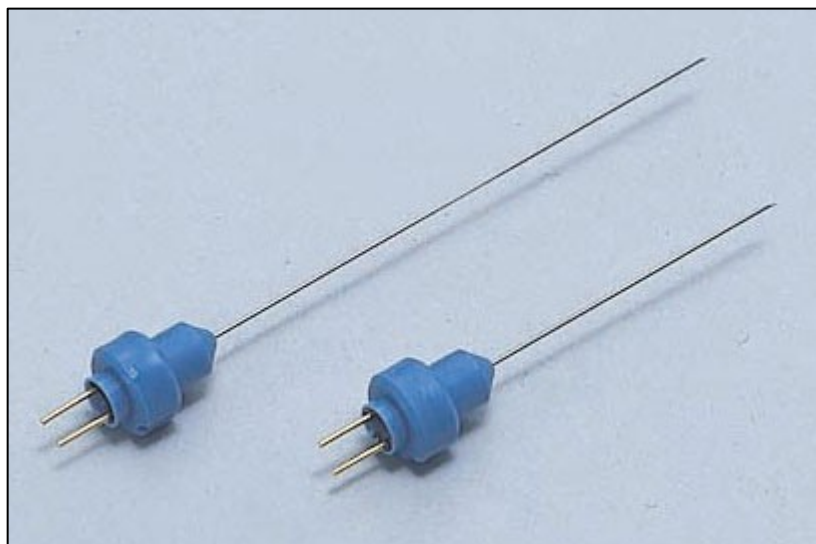
## 3.2 Snímání EMG signálu

Rozlišujeme snímání intramuskulární a povrchové.

### 3.2.1 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 perkutánní. Objem tkáně mezi nimi a zdrojem signálu je nepatrný a neexistuje zde rozhraní elektroda-pokožka, které značně omezuje frekvenční pásmo u povrchového snímání. Proto sahá využitelné frekvenční pásmo signálu dokonce i k 10kHz. Velmi malá plocha elektrod a dobrá lokalizace je hlavním důvodem, že špičkové napětí signálu je velmi malé. [5]

Pro intramuskulární snímání se používají převážně perkutánní jehlové elektrody. Jehlové elektrody dělíme na monopolární, bipolární a multipolární. Monopolární jehlová elektroda je určena pro snímání velkého počtu signálů z velmi malého prostoru. Průměr této elektrody je  $50\div 70\mu\text{m}$ . Bipolární elektroda slouží pro snímání EMG jediného svalového vlákna má kontaktní plochu aktivní elektrody o velikosti pouhých  $25\mu\text{m}$ . [5]

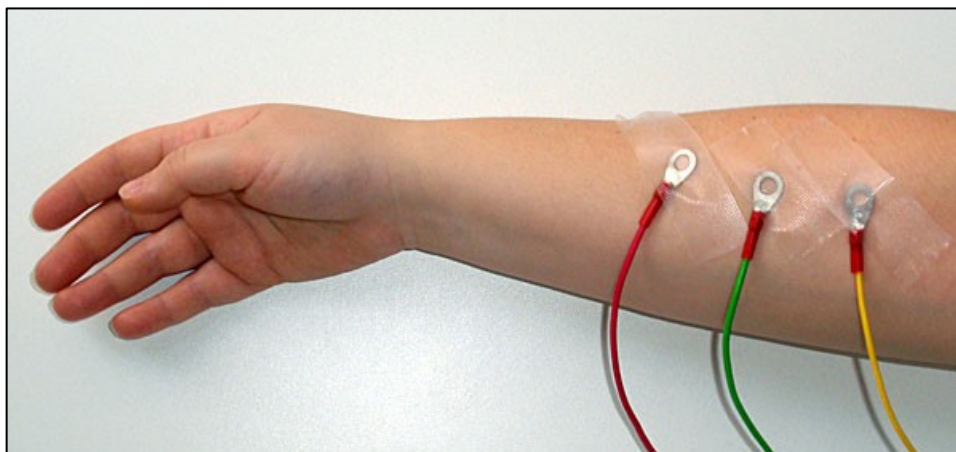


Obrázek 9: Jehlové elektrody [24]

### 3.2.2 Povrchové snímání

Povrchové snímání hodnotí funkci svalů a nahrává svalovou aktivitu z povrchu kůže. Signál z povrchového snímání dosahuje špičkové hodnoty do 10mV. [5]

Pro povrchové snímání EMG se využívají tzv. multielektrody, které sdružují odlišný počet Ag/AgCl nebo Ag elektrod do určité geometrické konfigurace. Rozeznávají se dva druhy konfigurací jednorozměrné a dvourozměrné. Jednorozměrné konfigurace jsou nazývány stripem – proužek. Dvourozměrné konfigurace se nazývají matice či grid (mřížka). Nejpožívanější typ elektrod jsou multielektrodbé stripy. Ag/AgCl elektrody jsou rozloženy vedle sebe s určitým odstupem. Elektrody mohou být umístěny na povrchu primitivní silikonové podložky a spojeny tenkými vodiči s přívodním kabelem. Modernější design využívá plochých flexibilních vodičů, zakončených konektorem. Elektrody jsou umístěny na podložce v prohlubních, které umožňují aplikaci vodivého gelu. Multielektrody tohoto typu jsou vyráběny i jako jednorázové. Dvourozměrné multielektrody, slouží k mapování rozložení potenciálů generovaných svalem. Jednotlivé elektrody jsou nejčastěji malé kuličky stříbra, obalující zakončení přívodního vodiče. Podložka může být ohebná a fixovaná samolepící páskou nebo může být vyrobena z tvrdého plastu a zakřivena do určitého poloměru. [5]



Obrázek 10: Povrchové elektrody [25]

## 4 PROJEKTOVÁ VÝUKA

Projektová výuka je založena na projektové metodě. Projektová metoda je vyučovací metoda, při níž jsou studenti vedeni k samostatnému zpracování určitých projektů. Díky těmto projektům získají studenti zkušenosti praktickou činností a experimentováním. Je odvozena z pragmatiké pedagogiky a zásad instrumentalismu, rozvíjené J. Deweyem, W. Kilpatrickem aj. V USA a dalších zemích jedna z nejdůležitějších metod podporujících motivaci žáků a kooperativní učení. Projekty jsou vedeny formou integrovaných témat, praktických problémů ze životní reality nebo praktické činnosti vedoucí k vytvoření nějakého výrobku. [9]

### 4.1 Projekt

Definice projektu podle Kratochvílové: „*Projekt je komplexní úkol (problém), který je spjatý s životní realitou, s níž se žák identifikuje a přebírá za něj zodpovědnost, aby svou teoretickou i praktickou činností dosáhl výsledného žádoucího produktu (výstupu) projektu, pro jehož obhajobu a hodnocení má argumenty, které vycházejí z nově získané zkušenosti*“ [8]

**Rysy, které má projekt obsahovat, uvádí J. Coufalová (2006, s. 11):**

1. Projekt vychází z potřeb (potřeba získávat nové zkušenosti, odpovědnosti za svou činnost, ...) a zájmů dítěte.
2. Projekt vychází z konkrétní a aktuální situace, která se neomezuje jen na prostředí školy.
3. Projekt je interdisciplinární.
4. Projekt je především podnikem žáka.
5. Práce žáků v projektu přináší konkrétní produkt, tj. výstup, kterým se účastníci projektu prezentují.
6. Projekt se zpravidla uskutečňuje ve skupině (ale může být i projekt individuální).
7. Projekt umožňuje začlenění školy do života obce nebo širší veřejnosti. [8]

### 4.1.1 Základní kroky projektu

Pro stanovení fázi řešení průběhu projektu by se měl učitel opírat o tyto čtyři fáze: záměr-plán-provedení-hodnocení. Tyto projektové fáze stanovil W. Kilpatrick.

1. Stanovení záměru projektu, který je představován formulací výchovně-vzdělávacích cílů projektu, stanovení výsledku činnosti žáků.
2. Plánování, tj. vytyčení základních otázek, tématu, typu činností.
  - a. Definovat podnět – problém, který se bude řešit
  - b. Zvolit výstup projektu – jak bude vypadat závěrečná podoba projektu
  - c. Zpracovat časové rozvržení projektu – v jaké době se projekt uskuteční, jak dlouho bude trvat daný projekt vytvořit
  - d. Promyslet prostředí projektu – kde bude probíhat práce na projektu
  - e. Vymezit účastníky projektu – kdo všechno se bude účastnit na projektu
  - f. Promyslet organizaci projektu – jaký bude průběh práce a jakým způsobem bude daný projekt realizován
  - g. Zajistit podmínky pro projekt – zajištění vhodných pomůcek, materiálů
  - h. Promyslet hodnocení – jakým způsobem se bude projekt hodnotit, a kdo se bude na hodnocení podílet
3. Provedení, samostatná realizace projektu.
  - a. Postupuje se podle předem připraveného plánu
  - b. Pedagog přebírá roli poradce
4. Zhodnocení práce na projektu.
  - a. Jedná se o hodnocení celého procesu - naplánování projektu, jeho průběhu i výsledku a to z pohledu studenta i pedagoga
  - b. Hodnocení projektu se opírá o předem vytvořená kritéria
  - c. Z hodnocení by měla vyplynout opatření do budoucna, a to v rovině učitele i studenta [8]

## 4.2 Typologie projektů

Díky historickému vývoji se utvořila celá řada projektů, které můžeme třídit dle odlišných hledisek. Tyto hlediska třídění jsou uvedena v tabulce (Tabulka 1), které jsou dále využívány při tvorbě návrhu projektů. [8]

Tabulka 1 – Ucelená typologie projektů [8]

Hledisko třídění	Typy projektů
<b>Navrhovatel projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žákovské</li> <li>• Uměle připravené</li> <li>• Kombinace obou předchozích typů</li> </ul>
<b>Účel projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problémové</li> <li>• Konstruktivní</li> <li>• Hodnotící</li> <li>• Směřující k estetické zkušenosti</li> <li>• Směřující k získání dovedností</li> </ul>
<b>Informační zdroj projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volný (informační materiál si žák obstará sám)</li> <li>• Vázaný (informační materiál je žákovi poskytnut)</li> <li>• Kombinace obou typů</li> </ul>
<b>Délka projektů</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krátkodobé (mohou trvat dvě nebo více vyučovacích hodin).</li> <li>• Střednědobé (realizuje se v průběhu jednoho až dvou dnů).</li> <li>• Dlouhodobé (tzv. projektové týdny, které se realizují zpravidla jednou za školní rok)</li> <li>• Mimořádně dlouhodobý (několik týdnů nebo i měsíců). Tyto projekt probíhají paralelně s výukou.</li> </ul>
<b>Prostředí projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Školní</li> <li>• Domácí</li> <li>• Kombinace obou typů</li> <li>• Mimoškolní</li> </ul>

<b>Počet zúčastněných na projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuální</li> <li>• Společné (skupinové, třídní, ročníkové, mezitřídní, meziročníkové, celoškolní)</li> </ul>
<b>Způsob organizace projektu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednopředmětové</li> <li>• Víceředmětové</li> </ul>

### 4.3 Cíle projektové výuky

Cílem projektové výuky je rovnoměrné formování osobnosti studenta ve všech rovinách. Tato forma výuky by neměla být vedena jako předání velkého množství poznatků v co nejkratším čase, nýbrž by měla studenty vést k samostatnosti, aktivitě a tvořivosti. Tato výuka tedy staví na principu svobodné volby a maximálnímu spojení školy se životem. [8]

Na začátku projektového vyučování by měl učitel určit, dosažení jakých cílů projektem sleduje. Cíle můžeme definovat v několika rovinách. Vhodné je zamyslet se například nad očekávaným přínosem v rovině:

- Kognitivní (vzdělávací, informativní) – cíl, který je vymezen vědomostmi (fyzikální pojmy, zákony a teorie). Patří zde osvojení intelektuálních dovedností a schopností (řešení fyzikální úlohy).
- Afektivní (postojové, hodnotové, emocionální, výchovné) - zahrnují osvojování postojů, vytváření hodnotové orientace (např. uvážlivý přístup k řešení ekologických otázek) a sociálně komunikativních dovedností (např. vyslechnout názor druhého, hledat argumenty pro obhájení svého způsobu řešení problému aj.),
- Psychomotorické (výcvikové, operační, činnostní) – shrnuje dovednosti psychomotorické (manipulace s přístroji či jinými pomůckami, sestavování elektrického obvodu nebo experimentální aparatury)

Vytyčení cílů projektu je důležité jednak pro samotné plánování a realizaci projektu, nejvíce pak pro jeho organizovanost. [28] [29]

### 4.4 Přednosti a úskalí projektové výuky

V dnešní pedagogické praxi není projektové vyučování dosti populární. Mnohdy jsou tyto projekty realizovány pedagogy jen jako zpestření výchovně vzdělávacího procesu, nikoliv jako systematický zásah začleňovaný do výuky. Důvody, které uvádějí pedagogové pro



nezačleňování projektů do výuky, jsou hlavně: projekt je náročný na přípravu, je náročný na pomůcky a materiální zajištění, vyžaduje dovednost práce ve skupinách, je náročný na organizaci. [8]

Výhody projektového vyučování podle V. Příhody:

- Projekt osvobozuje od učebnic, vede k pozorování faktů a k četbě speciálních děl
- Osvobozuje od systému abstraktně logického a vede k tvoření zdravých úsudků na základě experimentace s věcmi
- Zdůrazňuje hlavní myšlenku problému a podřizuje drobné fakty myšlenkám, jež řídí lidské chování i vědění
- Dává možnost silné motivace, podle které se organizuje učení jako žákovský podnik
- Projektem je možné zažít opravdu určitou zkušenost a vyčerpat určitý problém, neboť místo systému jednotlivostí běží v projektu o celkové pochopení životní otázky
- Je možné organizovat učení ve velkých jednotkách, v nichž jsou podřízena drobná fakta pracovnímu cíli
- Projekty zjednodušují učení, drobná fakta se odvozují z velkých a dává se jim místo v pracovním pochodu i v soustavě žákovského vědění [8]

Za nevýhody považuje V. Příhoda:

- Neplánovitost a podléhání dětským vrtolům
- Nezdářilá socializace vyučování, nedostatečná kooperace
- Vyučování snadno ztrácí soustavnost a důkladnost
- Specifické návyky se často při projektech nevyskytly, žáci nemají příležitost k ovládnutí nástrojů lidského poznání
- Nepočítalo se s tím, že dítě musí vybavovat zvykově některé dovednosti a vědomosti (při čtení, psaní, v počtech.)
- Projekty odporovaly zákonům učení, aby byla opatřena nejen náležitá motivace, ale aby byla příležitost k opakování a zakončení důsledku učení [8]

## 5 POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ

Zde je seznam použitých zařízení v diplomové práci.

### 5.1 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).[14]



Obrázek 11: Vědecký kit HHI [14]

Vědecký kit HHI obsahuje:

#### 5.1.1 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 neléčí žádný fyziologický problém, pouze pomáhá kontrolovat bolest.

TENS je určen pro použití k úlevě od bolesti. TENS 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. [20]

#### Popis jednotky TENS 3000:

TENS 3000 je bateriový generátor impulsů, který odesílá elektrické impulzy. 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 impulzy, jejichž intenzita, doba trvání, počet impulsů za sekundu a modulace může být změněna pomocí ovládacích prvků nebo spínačů. [20]



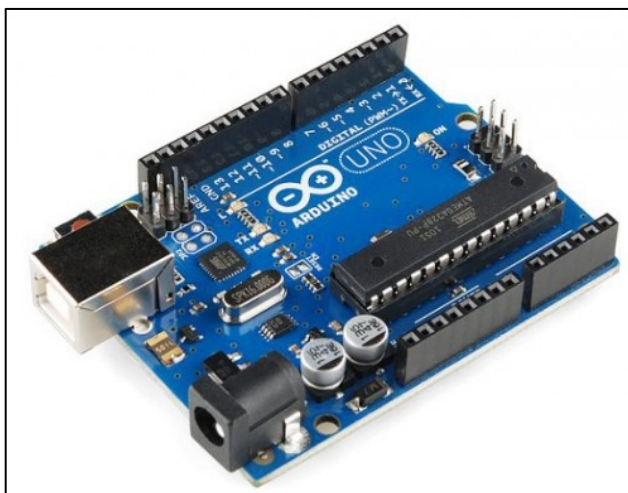
Obrázek 12: Jednotka TENS [14]

#### 5.1.2 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), založené na prostředí Processing. [18]

### 5.1.2.1 Popis

V této diplomové 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. [19]



Obrázek 13: Arduino UNO R3 [30]

### 5.1.2.2 Vývojové prostředí

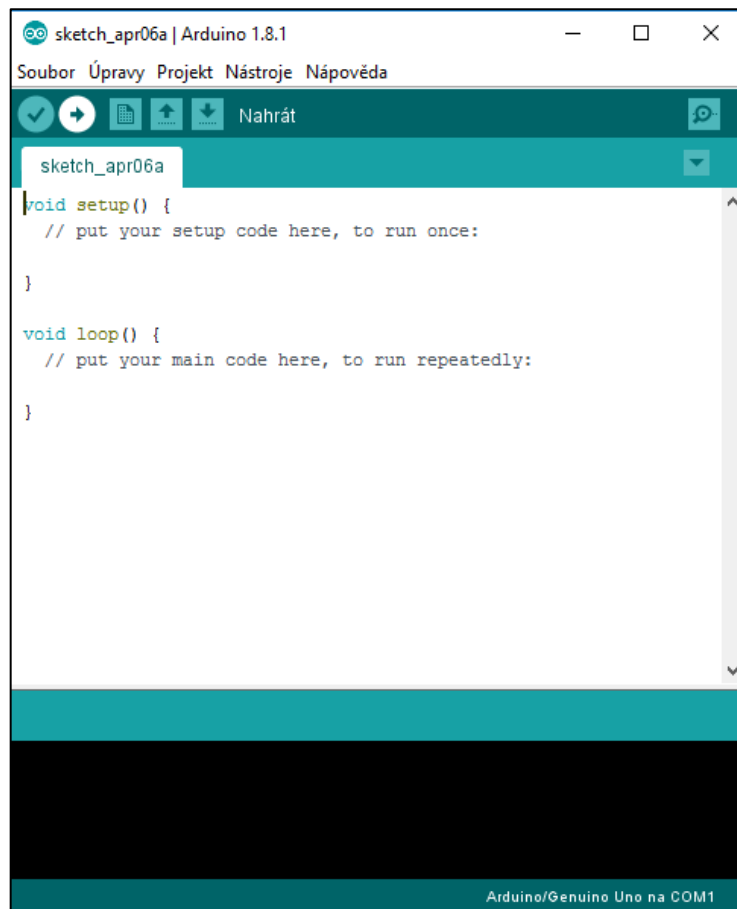
Pro „oživení“ Arduina je nutností nahrání programu do mikrokontroléru. To se uskutečňuje pomocí vývojového prostředí Arduino IDE. Vývojové prostředí je napsáno v jazyce Java, což umožňuje spuštění v operačních systémech Windows, Linux a Mac OS X. [31]

Toto vývojové prostředí disponuje především textovým editorem, který slouží pro napsání zdrojového kódu. Výhodou je, že již při spuštění tohoto programu, máme k dispozici vypsanou základní kostru, bez které by žádný kód nefungoval. Viz. Obrázek 14. Dále obsahuje panel nástrojů, který má 6 funkcí:

- Verify (Compile) – přeloží zdrojový kód a zkontroluje případné chyby
- Upload – zkompiluje zdrojový kód a následně ho nahraje do Arduina
- New – vytvoří nový sketch (nový program)
- Open – otevření již uloženého kódu
- Save – uloží zdrojový kód

Na horním panelu se nachází menu s různými funkcemi, které slouží pro práci se souborem – File, upravování zdrojového kódu – Edit, práce se sketchem (kompilace, vkládání kniho-

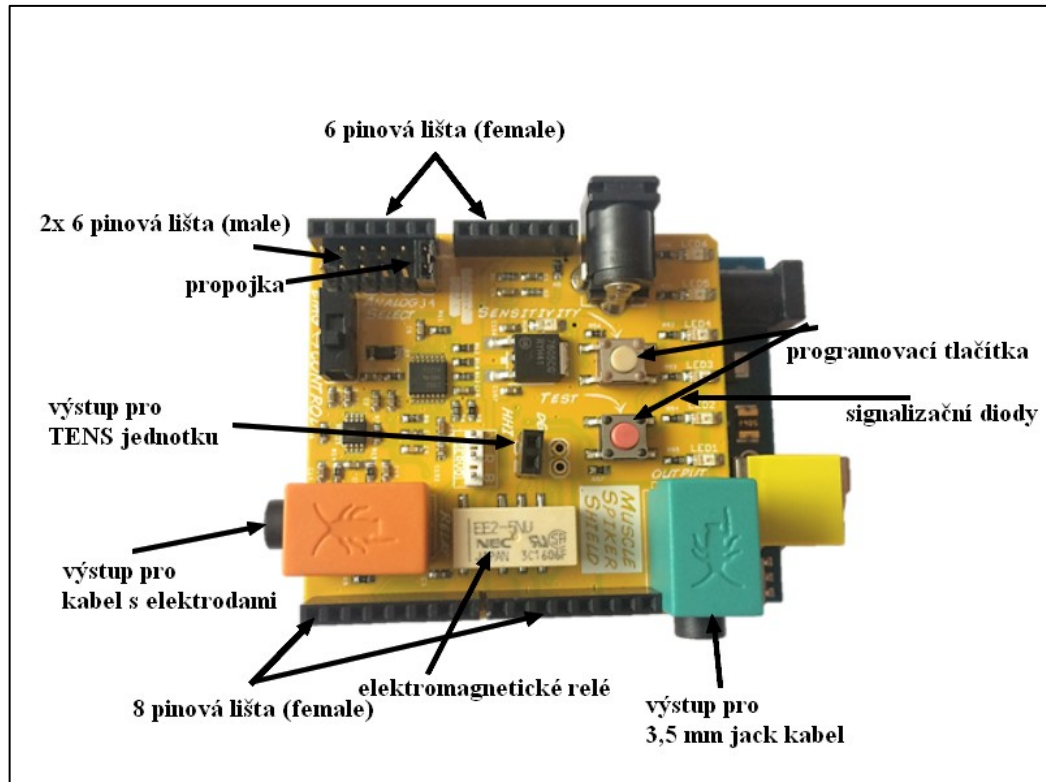
ven) – Sketch, nastavování portů - Tools a nápovědu – Help. Dolní panel vývojového prostředí Arduino IDE slouží k zobrazení zpráv překladače. [18] [31]



Obrázek 14: Vývojové prostředí Arduino IDE [17]

### 5.1.3 Muscle SpikerShield spolupracující s Arduinem

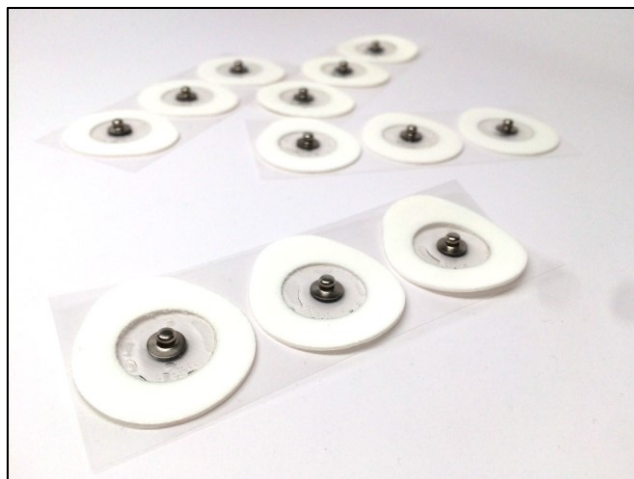
Aby Arduino plnilo požadovanou funkci, je možné jej rozšířit o periferní obvody se specifickou funkcí tzv. shieldy. Pro tuto diplomovou práci byl použit Muscle SpikerShield, který je sestavený firmou Backyard Brains.



Obrázek 15: Popis Spiker Shield desky [17]

#### 5.1.4 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). Další vlastností, kterou tyto elektrody vlastní, je univerzálnost a jsou vhodné pouze na jedno použití.



Obrázek 16: Elektrody [14]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 REALIZACE NEUROVĚDECKÝCH EXPERIMENTŮ

Vědecký kit Backyard Brains má velký záběr v realizaci a simulování činnosti nervové soustavy. Pro tuto diplomovou práci byly navrženy a vytvořeny tři experimenty, které mohou být dále využity v projektovém vyučování na střední škole. V této kapitole budou důkladně popsány popisy experimentů a jejich postupy, které mohou být uplatněny jako informační zdroje projektu.

### 6.1 Analýza síly kontrakce svalu

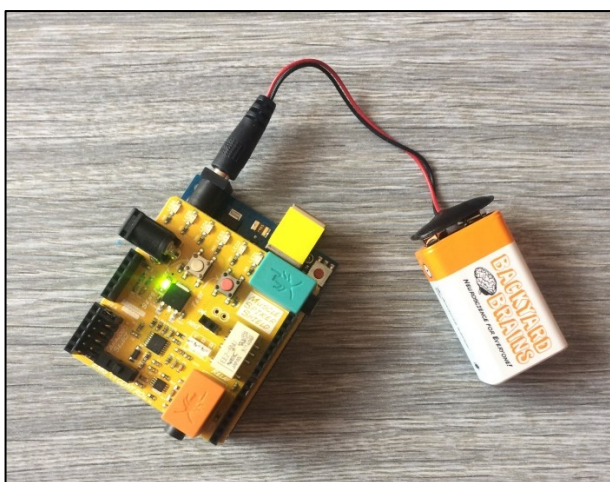
#### 6.1.1 Popis experimentu

Tento experiment slouží k pochopení a poznání základního principu elektromyografie. Pomocí elektrod umístěných buď na paži, nebo na bicepsu je zanalyzována síla, kterou dokáže vyvinout sval při jeho zatnutí – kontrakci. Síla svalové kontrakce se zanalyzuje pomocí signalizačních diod umístěných na SpikerShieldu.

#### 6.1.2 Postup

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

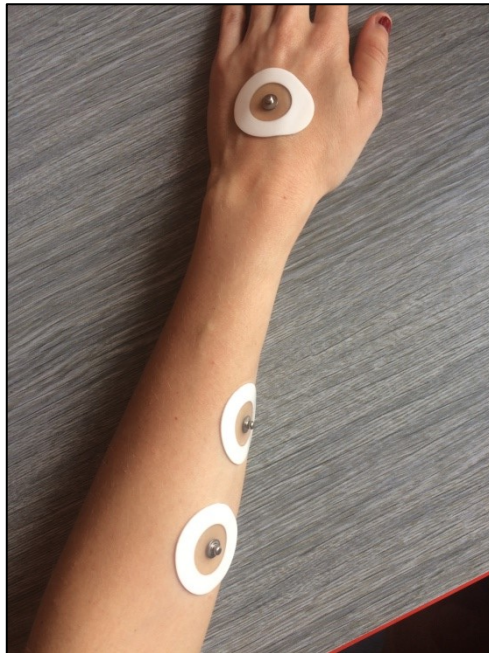
Arduino je schopné pracovat po připojení baterie, anebo připojením USB kabelu k počítači.



Obrázek 17: Arduino připojené k baterii [17]

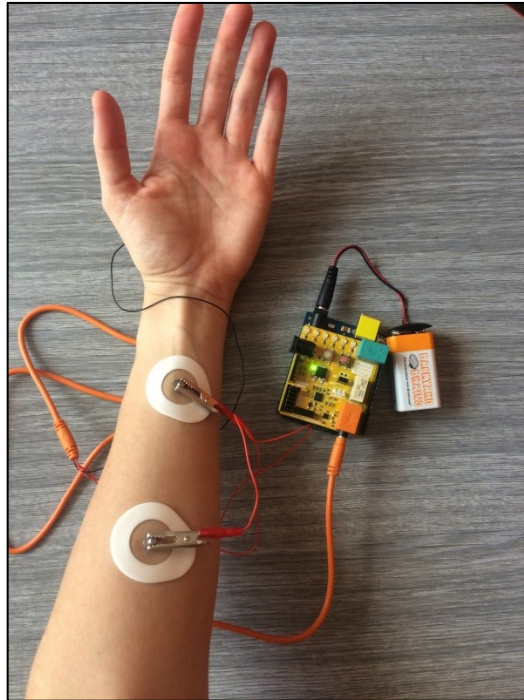


Zprvu se umístí dvě elektrody na předloktí nebo na paži (biceps). Následně se jedna elektroda nalepí na hřbet dlaně (země).



*Obrázek 18: Umístěné elektrody na předloktí [17]*

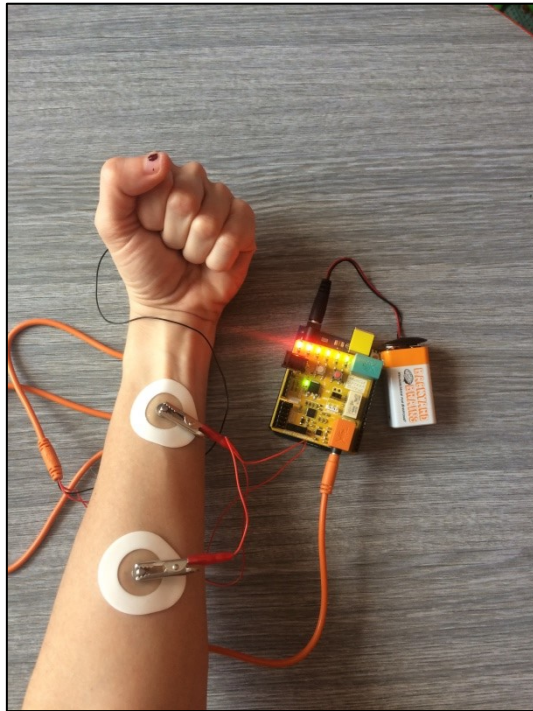
Zapojením oranžového kabelu se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu na Spiker Shield desce, se získá propojení Spiker Shield desky s elektrodami.



*Obrázek 19: Kompletně připravený experiment [17]*

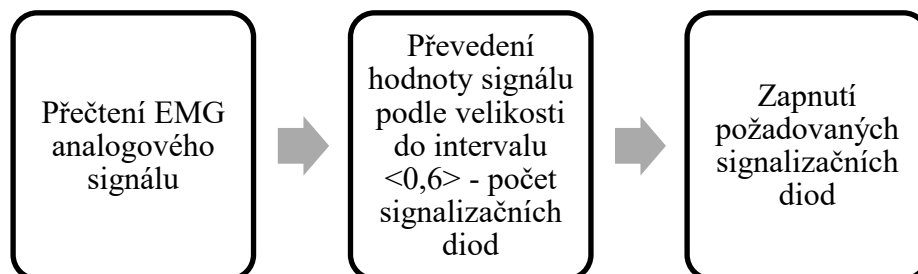
Na elektrody v předloktí či na paži se použijí červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně, se připojí černý banánek. Nyní je již experiment kompletně připravený pro použití.

Nechte ruku v klidu a poté vši 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 zaťat, tím více elektrod se rozsvítí.



Obrázek 20: Rozsvícené signalizační diody při kontrakci svalu [17]

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 21: Blokové schéma experimentu [17]

## 6.2 Měření a diagnostika akčního potenciálu

### 6.2.1 Popis experimentu

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

### 6.2.2 Postup

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.

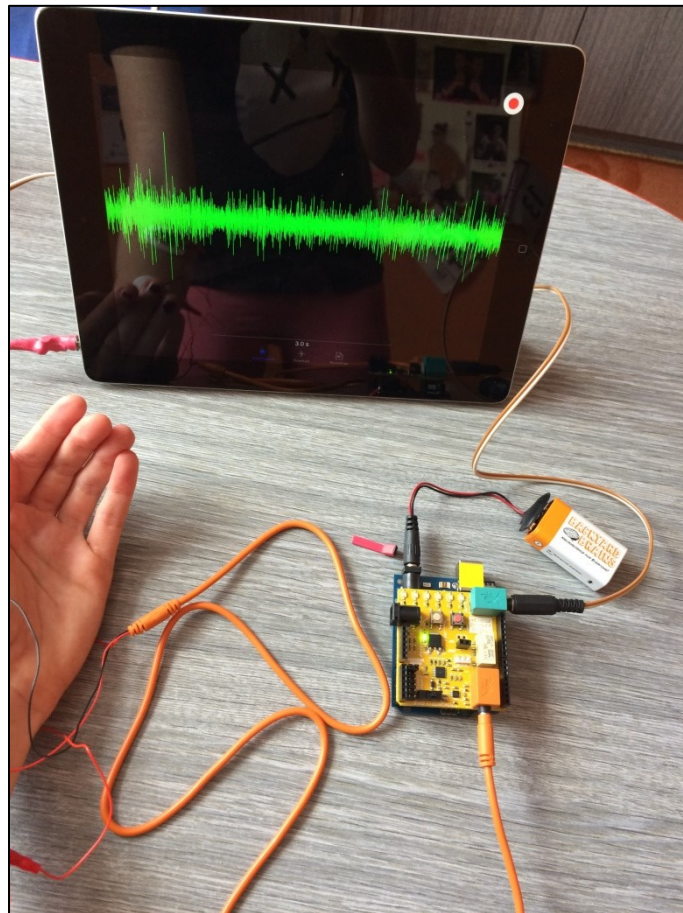
Arduino je schopné pracovat po připojení baterie anebo připojením USB kabelu k počítači. Nejprve se umístí dvě elektrody na předloktí. Následně se jedna elektroda nalepí na hřbet dlaně (země).



Obrázek 22: Umístěné elektrody na předloktí [17]

Nejprve je zapojen oranžový kabel se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu, který se nachází SpikerShield desce. Na elektrody v předloktí jsou použity červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně je použit černý banánek. Následně na to se propojí Spiker Shield deska a zařízení (chytrý tele-

fon/tablet) pomocí kabelu. Do zařízení (chytrý telefon/tablet) se stáhne aplikace s názvem Spike Recorder, která se následně spustí.



Obrázek 23: Propojení experimentu s tabletem [17]

Pokud je ruka v klidu, na obrazovce se zobrazí jen šum, který pochází z aktivizace vzdálenějších neuronů. Jakmile je ale ruka zatnuta na displeji se nápadně zvýší amplituda signálu – akční potenciál svalu.

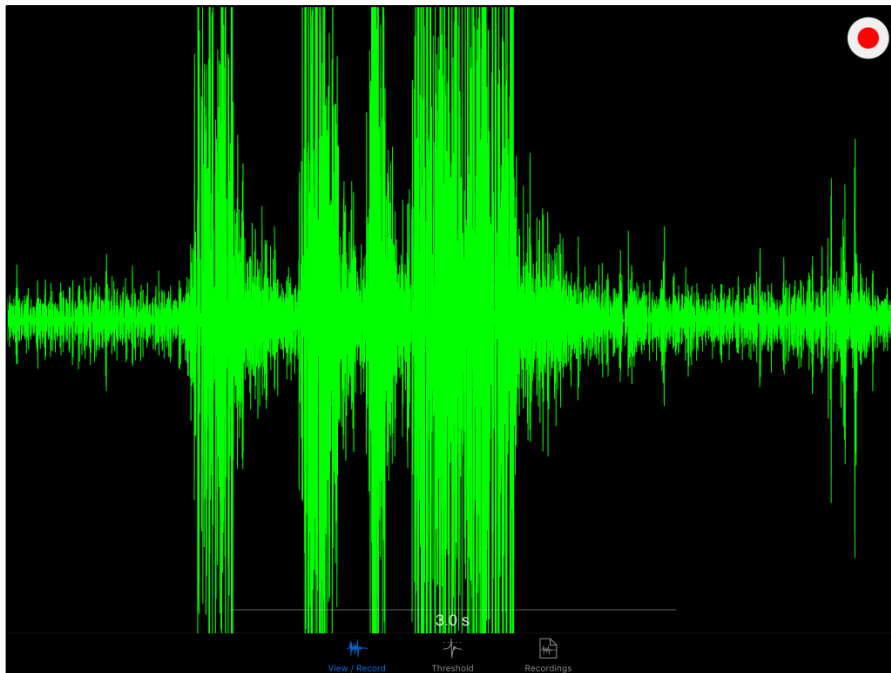
Akční potenciály svalu je možné aplikaci nahrávat a dále zpracovávat.

### 6.2.3 Aplikace Spike Recorder

Spike Recorder je aplikace, která byla vyvinuta společností Backyard Brains a je volně stažitelná do počítače, chytrého telefonu či tabletu. Hlavní funkcí této aplikace je schopnost zobrazování elektrických impulsů. Získané elektrické impulsy se poté mohou dále zpracovávat.

### 6.2.3.1 Postup práce s aplikací Spike Recorder

Spuštěním této aplikace se zobrazí tzv. režim Real-time, což znamená, že elektrické impulsy, které se budou nahrávat, jsou v reálném čase. Dolní lišta je určena k výběru tří možností. Na výběr je zde poskytnut buď View/Record (elektrické impulsy v reálném čase/ nahrávání impulsů), Threshold (zobrazení jednoho elektrického impulsu) a Recordings (nahrávky elektrických impulsů).

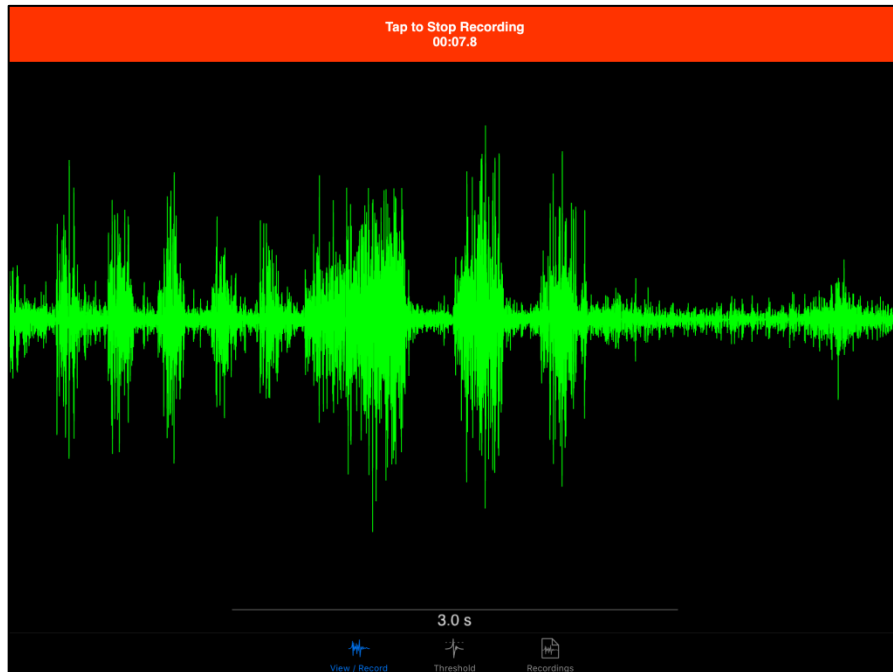


Obrázek 24: Elektrické impulsy v reálném čase [17]

#### 1. Realtime view / Record

Ve výchozím nastavení aplikace se budou zobrazovat hodnoty v reálném čase. Křivka signálu se zobrazí spolu s horizontální časovou osou ve spodní části obrazovky. Signál může být přezkoumán podrobněji přiblížením a oddálením pomocí dvou prstového gesta. Díky tomu je aplikace schopna, změnit hodnoty osy jak pro amplitudu, tak i pro časový rozsah. Časový rozsah může být změněn z 0,1 milisekund na 3 sekundy. Tato flexibilita umožňuje posoudit signál v plné hloubce, od jednoho elektrického impulsu až po řadu dalších.

Další funkcí této aplikace je nahrávání signálu. Nahrávání je prováděno pomocí tlačítka v pravé horní obrazovce. Během nahrávání aplikace se zobrazí červený pruh v horní části obrazovky s uplynulým časem od začátku nahrávání. Klepnutím na červenou lištu, aplikace přestane nahrávat a uloží data do zvukového souboru.

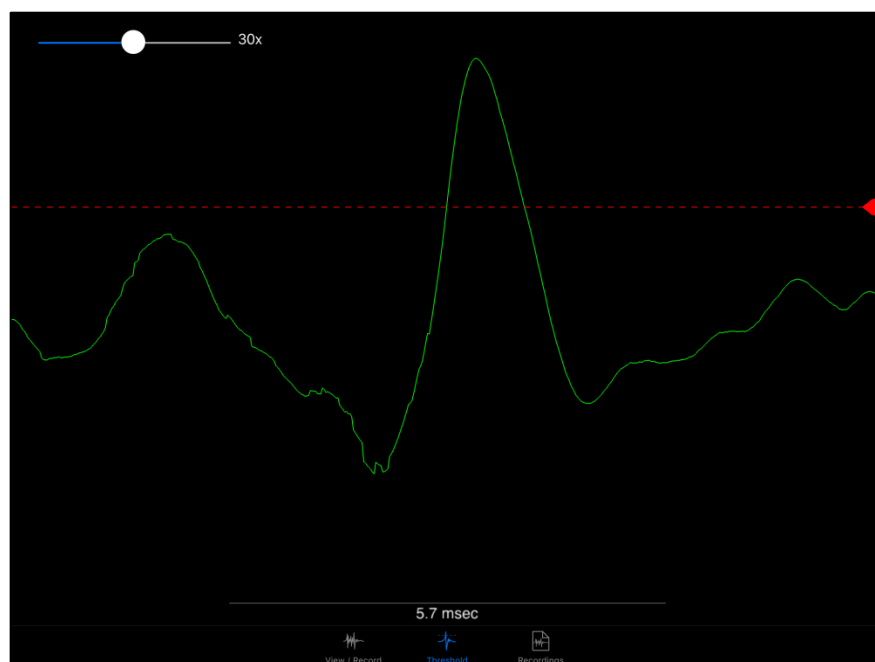


Obrázek 25: Nahrávání signálu [17]

Na všechny nahrávky je možno přistupovat z karty „Recordings“ (nahrávky) v pravém dolním rohu obrazovky.

## 2. Threshold view

Karta „Threshold view“ – neboli prahové zobrazení, nabízí zobrazení jednoho akčního potenciálu.



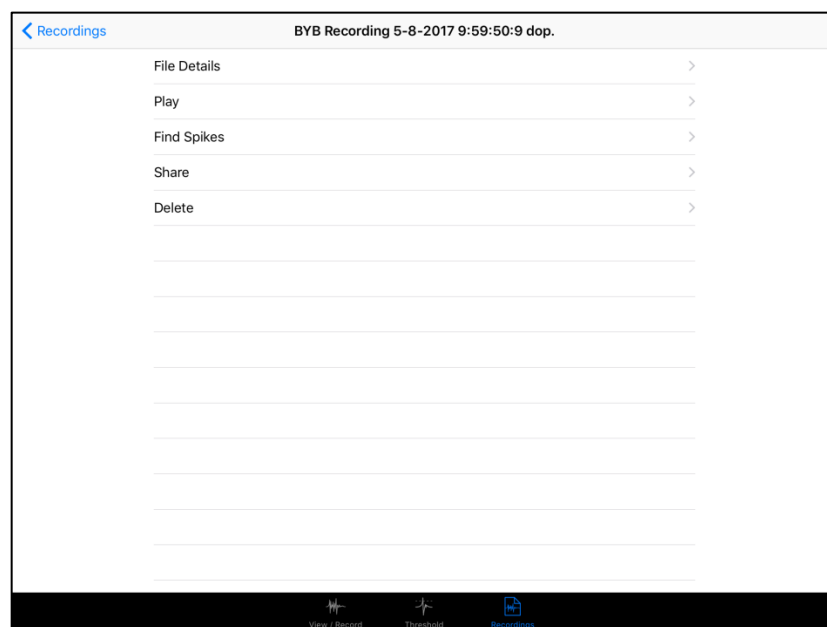
Obrázek 26: Zprůměrovaný akční potenciál [17]

V horní části obrazovky se nachází posuvník, který zobrazuje čísla 1x-100x. Pomocí tohoto posuvníku, aplikace určuje počet po sobě jdoucích akčních potenciálů, ze kterých se vypočítá průměrný akční potenciál. Na obrázku 26 je zobrazeno číslo 30x. To znamená, že bylo zprůměrováno 30 po sobě jdoucích akčních potenciálů.

Amplituda i časová osa signálu se změní přiblížením nebo oddálením při dotyku na daný signál. Podržením prstu na tvaru křivky se objeví značka výběru. Přidržením a přetažením prstu po vodorovné rovině je získán interval signálu. Aplikace zobrazí časovou délku onoho intervalu a efektivní hodnotu vybraných hodnot.

### 3. Recordings

Vybráním karty „Recordings“ se aplikace dostává ke všem souborům, které byly nahrány. Po vybrání jednoho určitého souboru, který se bude analyzovat, se objevuje menu s pěti možnostmi. První z těchto možností je „File details“ neboli Podrobnosti o souboru, aplikace zobrazuje podrobnosti o záznamu. Nachází se zde schopnost změnit název souboru, přidat do souboru komentář a zobrazit další podrobnosti, jako je vzorkovací frekvence, délka souboru a datum vytvoření. Další možnosti, které aplikace vlastní je „Play - přehrávání záznamu, „Share“ – sdílení záznamu s jinými mobilními zařízeními nebo stolním počítačem nebo jej smazat – „Delete“.

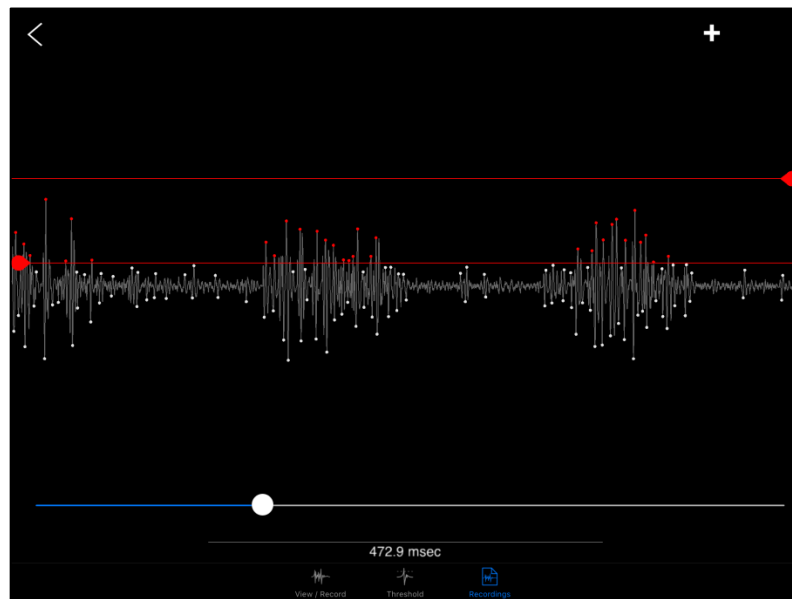


Obrázek 27: Základní možnosti karty „Recordings“ [17]



Pro získání výsledků analýz je nezbytností uspořádání všech elektrických impulsů. Toto třídění se provádí pomocí možnosti „Find Spikes“ – nalezení akčních potenciálů.

Když se otevře obrazovka třídění impulsů, zobrazí se průběh signálu, který je zpracován algoritmem detekce impulsu. Pomocí posuvníku se prochází celá nahrávka. Akční potenciály neuronů v blízkosti záznamové elektrody mají obvykle nejvyšší amplitudy napětí. Pokud se, ale na signálu objeví menší amplitudy, jsou to sekvence akčních potenciálů vzdálenějších neuronů. Algoritmus používaný v této aplikaci je velmi citlivý a typicky rozpozná a označí všechny amplitudy z různých neuronů.



Obrázek 28: Možnost třídění akčních potenciálů [17]

Nejprve jsou všechny amplitudy označeny bílou tečkou. Filtrací signálu je získán, takový signál, který obsahuje pouze ty akční potenciály, které odpovídají aktivizaci jednoho neuronu. Filtrace se nastaví tak, že pomocí dvou červených šipek na levé a pravé straně se posouvá signál tak, aby byl označen interval pro nejbližší aktivizovaný neuron. Viz. Obrázek 28. Interval výběru se aplikuje na celý signál a nejen na část signálu, který je zrovna zobrazený na obrazovce. Proto je vždy nutné použít posuvník v dolní části obrazovky a zkontrolovat, zda je interval dobře vyfiltrován po celé délce signálu. Po úpravě intervalu filtrováním bude soubor vybraných akčních potenciálů považován za jednu sekvenci, která odpovídá aktivaci jednoho neuronu. Všechny ostatní elektrické impulsy (s bílou značkou) budou zlikvidovány po dokončení třídění akčních potenciálů.

Po dokončení filtrování signálu klepnutím na tlačítko zpět, se signál automaticky ukládá. Díky filtrovanému signálu se na hlavní ploše možností objeví další záložky. Tyto záložky

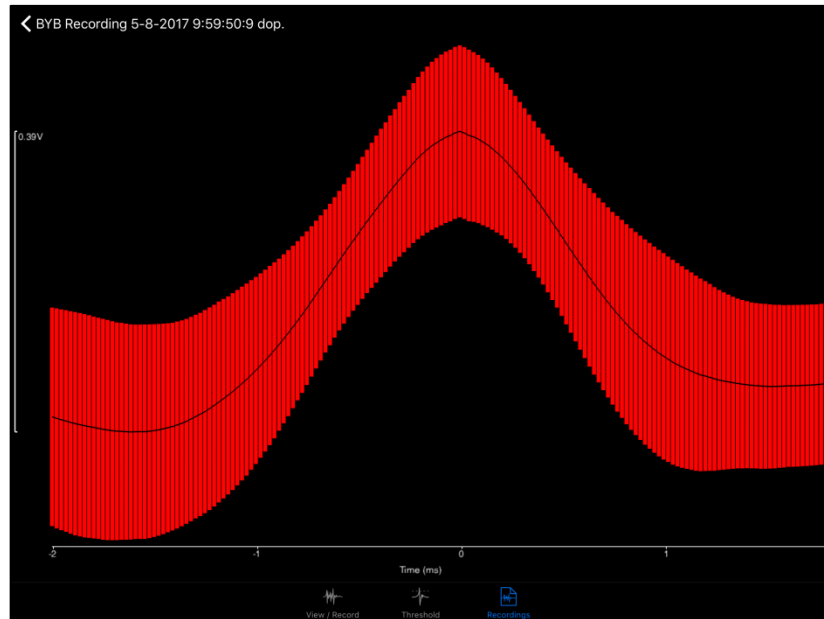
slouží na analýzu signálu. Nachází se zde možnosti jako „Autocorrelation“ – autokorelace, „ISI“ – interval mezi dvěma akčními potenciály a „Average Spike“ – získání průměrného akčního potenciálu.



Obrázek 29: Možnosti po dokončení třídění akčních potenciálů [17]

Nejdůležitější možností této aplikace je možnost „Average Spike.“ Tento graf zobrazuje průběh průměrného akčního potenciálu, který byl vypočítán podle průměru všech akčních potenciálů.

Horizontální lineární osa představuje čas v milisekundách a vertikální osa zobrazuje amplitudu průměrného křivkového tvaru vlny v napěťových jednotkách. (Na obrázku 30 je velikost 0,39 V) Vedle průměrného tvaru vlny (černá čára uprostřed každého grafu) zobrazuje graf také standardní odchylku průměrné křivky, která je vyznačena červenou barvou.



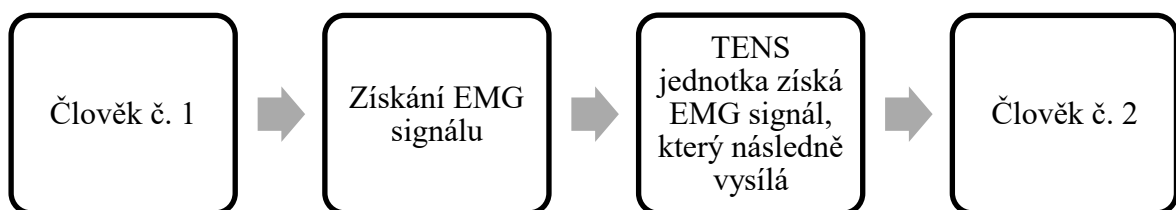
Obrázek 30: Průměrný akční potenciál [17]

Získaný soubor je také možno přehrát jako zvukový záznam. Slyšitelný zvuk vznikl během svalové kontrakce. A je generován mnoha akčními potenciály.

## 6.3 Human-Human Interface

### 6.3.1 Zadání

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



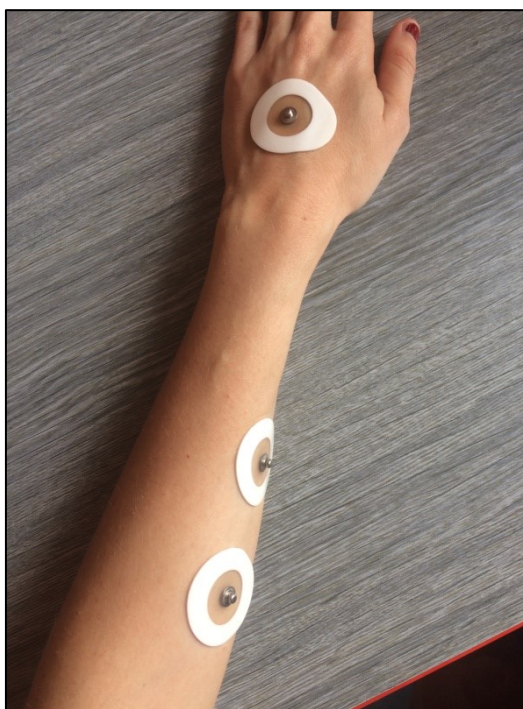
Obrázek 31: Blokové schéma [17]

### 6.3.2 Postup

Nejprve se připraví všechny potřebné součástky pro tento experiment. Těmito součástkami jsou: Arduino společně se Spiker Shield 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 6.1 a 6.2.

Arduino je schopné pracovat po připojení baterie anebo připojením USB kabelu k počítači. Na prvního člověka se umístí dvě elektrody na předloktí. Následně se jedna elektroda nalepí na hřbet dlaně (země).



*Obrázek 32: Umístěné elektrody na předloktí [17]*

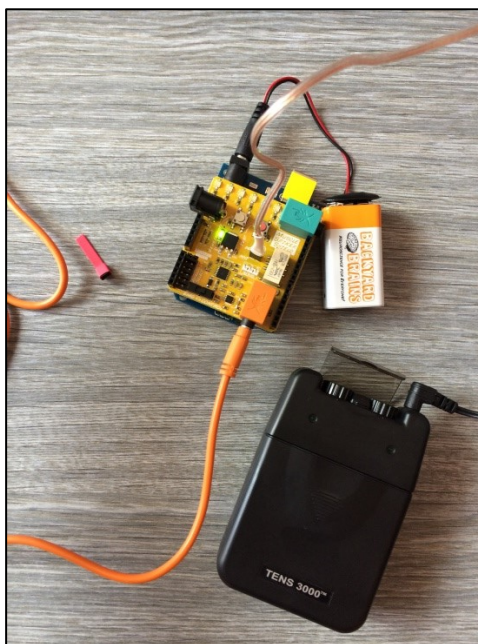
Nejprve je zapojen oranžový kabel se dvěma červenými banánky a jedním černým do oranžového portu, který se nachází na Spiker Shield desce. Na elektrody v předloktí jsou použity červené banánky (krokodýlky) a na elektrodu, která se nachází na hřbetu dlaně je připojen černý banánek.

Poté se připraví na experiment druhý člověk. Připraví se dvě elektrody, které se následně nalepí na loketní nerv. Loketní nerv se nachází v oblasti lokte v tzv. loketním žlábků. Viz obrázek 33.



*Obrázek 33: Připojení  
elektrod na loketní nerv  
[17]*

Posléze se připojí 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 Spiker Shield desku.



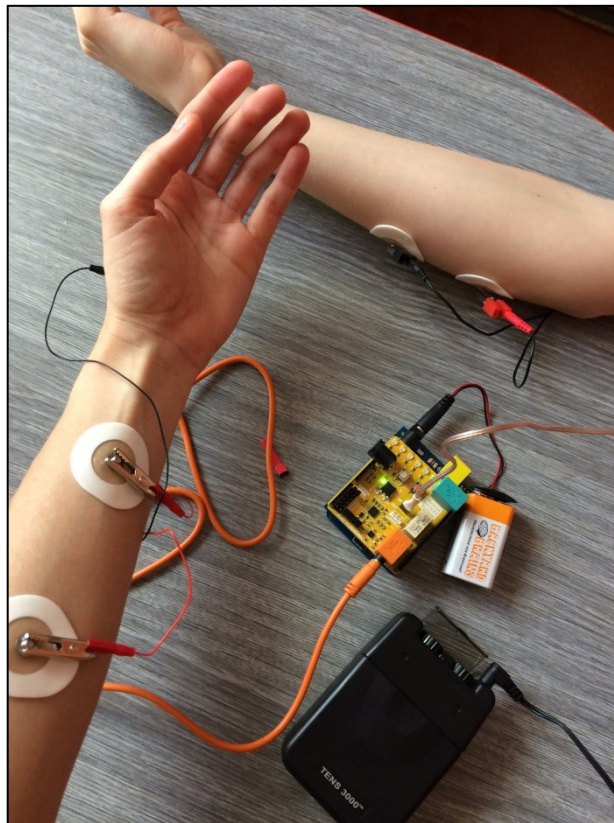
Obrázek 34: Připojení TENS jednotky na SpikerShield desku [17]

Jednotka TENS se nejprve musí nastavit. A to tak, že se kryt sundá směrem dolů a tím zobrazí panel s možnostmi nastavení. Správné nastavení TENS jednotky viz Obrázek 35.



Obrázek 35: Nastavení TENS jednotky [17]

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



Obrázek 36: Propojení obou osob [17]

## 7 NEUROVĚDECKÉ EXPERIMENTY V PROJEKTOVÉ VÝUCE NA STŘEDNÍ ŠKOLE

Tato kapitola slouží jako návod pro použití projektu „Neurovědecké experimenty“ do vyučovacích hodin. Bude zde vytvořen návrh projektu, kde bude rozepsán typ projektu, cíle projektu, smysl projektu či výstup projektu. V další podkapitole bude uvedeno, jak má být daný projekt realizován.

### 7.1 Návrh projektu

Před realizací samotného projektu by si měl pedagog ujasnit časový harmonogram, typ, cíle a smysl projektu. Tomu by mohla pomoci tabulka (Tabulka 2), kterou jsem již definovala v teoretické části diplomové práce.

*Tabulka 2 – Návrh projektu*

<b>Název projektu:</b> Neurovědecké experimenty	
<b>Autor projektu:</b> Bc. Zuzana Koudelková	
<b>Ročník:</b>	<b>Doba plnění:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3. a 4. třídy gymnázií</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 týdny (2 hodiny týdně)</li> </ul>
<b>Typ projektu:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• podle délky: dlouhodobý</li> <li>• podle prostředí: školní</li> <li>• podle počtu zúčastněných: společný</li> <li>• podle organizace: vícepředmětový</li> <li>• podle navrhovatele: uměle připravený</li> <li>• podle informačních zdrojů: kombinovaný</li> </ul>	
<b>Mezipředmětové vztahy:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologie</li> <li>• Informatika</li> <li>• Semináře z biologie</li> <li>• Seminář z informatiky</li> <li>• Praktické cvičení z biologie</li> </ul>	



**Smysl projektu:**

- Získat znalosti z oblasti neurověd
- Uvědomit si význam nervové a svalové soustavy
- Získat znalosti o elektromyografii
- Seznámit se s pomůckami jako je Arduino atd.
- Seznámit se s výrobky firmy Backyard Brains
- Rozvíjet pozitivní postoj k biologii a informatice
- Rozvíjet týmovou práci
- Rozvíjet klíčové kompetence žáků

**Cíle projektu:**

## Kognitivní cíle

- Definovat a popsat nervovou a svalovou soustavu člověka
- Vysvětlit funkci nervové soustavy člověka
- Demonstrovat a vysvětlit všechny experimenty

## Afektivní cíle

- Uvědomit si podstatu nervové a svalové soustavy člověka
- Nebát se prosadit svůj názor ve skupině
- Ohodnotit svůj postoj k práci

## Psychomotorické cíle

- Správně postupovat podle návodu
- Správně najít loketní nervy při třetím experimentu
- Práce na počítači při vzniku dokumentací k jednotlivým protokolům

## Sociální cíle

- Spolupracovat při týmové práci
- Vytyčení rolí ve skupině
- Přijetí rolí ve skupině

**Předpokládané pomůcky:**

- Pracovní listy
- Návody

- Pomůcky, které slouží k jednotlivým experimentům (vědecký kit Backyard Brains)
- Počítač
- Fotoaparát (mobilní telefon)

**Výstupy projektu:**

Výstupem tohoto projektu budou tři dokumentace každá týkající se jednoho experimentu. V dokumentaci se studenti budou řídit pracovními listy.

## 7.2 Realizace projektu

Tento projekt by se měl zařadit do hodin biologie až po získání základních znalostí z oblasti nervové a svalové soustavy. Studenti by tyto znalosti měli využít v rámci vypracování projektových úkolů.

### **1. Vyučovací hodina**

V této hodině budou studenti seznámeni s názvem projektu a jeho popisem. Společně s pedagogem pohovoří na téma neurověda. Pedagog jim připomene pár základních informací o nervové a svalové soustavě. Následně se třída rozdělí do skupin po dvou nebo třech lidech. Studenti se dozvědí cíle projektu a výstupy tohoto projektu.

### **2. Vyučovací hodina**

Každé skupině bude přidělen vývojový kit. Skupiny se seznámí s vývojovým kitem a pracovními listy. Také dostane každá skupina vtištěné návody, které jsou nutné k vypracování projektových úkolů.

### **3. až 8. Vyučovací hodina**

Skupiny začínají pracovat na experimentech. Na každý experiment jsou určeny dvě vyučovací hodiny. Studenti se řídí pracovními listy a návody, které dostaly. Pedagog plní funkci poradce.

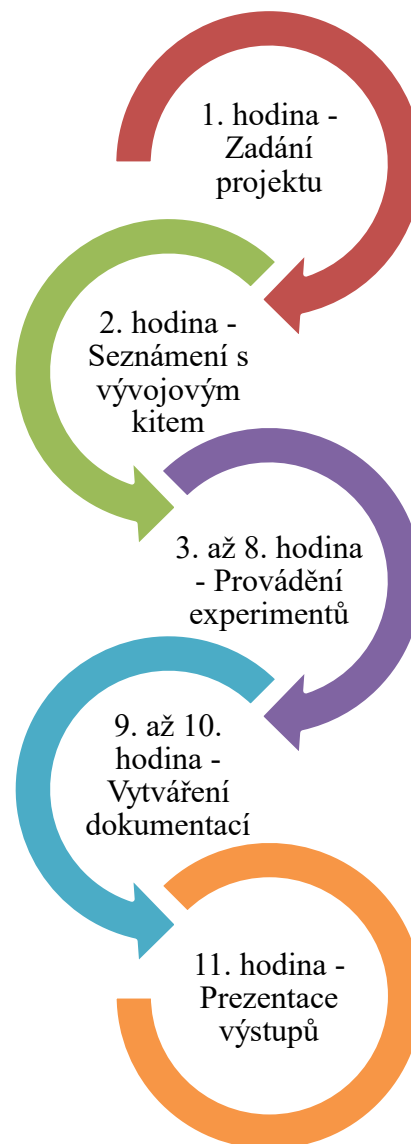
### **9. až 10. Vyučovací hodina**

Studenti začínají pracovat na tvorbě dokumentace jednotlivých projektových úkolů. Řídí se pokyny, které dostaly v rámci druhé vyučovací hodiny. K vypracování jednotlivých projektových úkolů jim pomáhají fotografie a videa, které si opatřili během práce na experimentech.

## 11. Vyučovací hodina

Poslední vyučovací hodina tohoto projektu. Skupiny postupně ukazují své vypracované dokumentace. Následně třída hlasuje pro nejlépe odvedenou práci.

### **Ukázka realizace projektu prostřednictvím grafického schématu:**




Obrázek 37 : Realizace projektu [17]

### 7.3 Pracovní listy a návody


Pracovní listy i návody budou přiloženy k diplomové práci a také budou rozepsány v příloze diplomové práce.

#### Ukázka pracovních listů:

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta aplikované informatiky	
<b>Zadání projektového úkolu</b>	
Nosné téma společného projektu: <u>Neurovědecké experimenty</u>	
Ročník (třída):	Doba plnění: 4 týdny
Předmět:	
Mezipředmětové vazby:	
+	
<b>Název projektového úkolu: Analýza síly zatnutí svalu</b>	
Číslo projektového úkolu: 1	
<b>Zadání projektového úkolu:</b>	
<p>Tento experiment slouží k pochopení a poznání základního principu elektromyografie. Pomocí elektrod umístěných buď na paži, nebo na bicepsu zanalyzujte sílu, kterou je schopen vyvinout sval při svalové kontrakci. Sílu této svalové kontrakce zanalyzujte pomocí signalizačních diod, které jsou umístěné na <u>SpikerShield</u> desce. Následně celý experiment zdokumentujte (fotografie nebo video) a popište každý krok. V závěru popište, jak vzniká svalová kontrakce.</p>	
Pomůcky: Počítač, internet, návod pro 1. Projektový úkol, vědecký <u>kit Backyard Brains</u>	
<b>Zpracování projektového úkolu:</b>	

Obrázek 38: Ukázka pracovních listů – Projektového úkolu č. 1 [17]

**Ukázka návodu:**

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta aplikované informatiky

**Zadání projektového úkolu**

Nosné téma společného projektu: Neurovědecké experimenty

**Název projektového úkolu: Analýza síly zatnutí svalu**


Číslo projektového úkolu: 1

**Zadání projektového úkolu:**

Tento experiment slouží k pochopení a poznání základního principu elektromyografie. Pomocí elektrod umístěných buď na paži, nebo na bicepsu zanalyzujte sílu, kterou je schopen vyvinout sval při svalové kontrakci. Sílu této svalové kontrakce zanalyzujte pomocí signalizačních diod, které jsou umístěné na SpikerShield desce. Následně celý experiment zdokumentujte (fotografie nebo video) a popište každý krok. V závěru popište, jak vzniká svalová kontrakce.

**Zpracování projektového úkolu:**

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



Obrázek 39: Ukázka návodu – Projektového úkolu č. 1 [17]

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvoření a následné zrealizování neurovědeckých experimentů. Díky zařízením, která mi byla poskytnuta, se jednalo o velice zajímavou práci. Firma Backyard Brains našla způsob, jak poskytnout informace o neurovědě široké veřejnosti.

V teoretické části práce jsem se především zaměřila na teoretické aspekty, které prohloubily moji znalost o neurovědě a elektromyografii. Také jsem se dozvěděla, jak zpracovat a navrhnout projekt, který jsem v praktické části diplomové práce měla sama navrhnout.

V praktické části práce jsou zrealizovány tři neurovědecké experimenty: „Analýza síly kontrakce svalu“, „Měření a diagnostika akčního potenciálu“ a „Human-Human interface“. Každý experiment obsahuje popis a detailní postup realizace experimentu, který je obohacen o fotografie. Experimenty jsou řazeny od nejjednoduššího po nejsložitější, a to hlavně z důvodu přehlednosti.

Veškeré experimenty byly transferovány do podoby projektových úloh pro cílovou skupinu studentů středních škol. V praktické části proto byla zhotovena osnova projektu a následně popsána případná realizace. V přílohách je přiloženo šest dokumentů. A to tři pracovní listy a ke každému pracovnímu listu byl zhotoven návod.

Práce je součástí výzkumné spolupráce Ústavu informatiky a umělé inteligence FAI UTB s 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).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MYSLIVEČEK, Jaromír. Základy neurověd. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2009. ISBN 9788073870881.
- [2] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část). 7., aktualiz. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2004. ISBN 8071821772.
- [3] MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 9788024715216.
- [4] ŘEZNÍČKOVÁ, Daniela, ed. Lidské tělo: poznáváme lidský organismus a jeho činnost. Praha: Fortuna Print, 2003. Cesty za poznáním (Fortuna Print). ISBN 8073210800.
- [5] PENHAKER, Marek. Lékařské diagnostické přístroje: učební texty. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 8024807513.
- [6] TYRLÍKOVÁ, Ivana a Martin BAREŠ. Neurologie pro nelékařské obory. Vyd. 2., rozš. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012. ISBN 9788070135402.
- [7] DYLEVSKÝ, Ivan. Základy funkční anatomie člověka I. 2. upravené vydání. Praha: Vysoká škola tělesné výchovy a sportu Palestra, spol. s r.o, 2016. ISBN 978-80-87723-27-2.
- [8] KRATOCHVÍLOVÁ, Jana. Teorie a praxe projektové výuky. 2. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2016. ISBN 978-80-210-8163-5.
- [9] PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. Pedagogický slovník. 6., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-647-6.
- [10] VALEŠOVÁ, Marta. Neuroinformatika [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://edtech.blogy.rvp.cz/tag/neuroinformatika/>
- [11] MLČOCH, MUDr. Zbyněk. Mozek - jednotlivé anatomické části a jejich funkce v přehledu [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://edtech.blogy.rvp.cz/tag/neuroinformatika/>
- [12] CRASTO, Chiquito Joaquim. Neuroinformatics. Totowa, N.J.: Humana, c2007. Methods in molecular biology (Clifton, N.J.), 401. ISBN 1588297209.

- [13] Šíření akčního potenciálu nervovým vláknem. In: Funkce buněk a lidského těla [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://fblt.cz/wp-content/uploads/2013/12/Sireni-vzruchu-011.jpg>
- [14] Backyard Brains [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <https://backyardbrains.com/>
- [15] Hlavové nervy. In: Nervová soustava [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [https://publi.cz/books/151/images/pics/Obr17\\_hlavove\\_nervy.jpg](https://publi.cz/books/151/images/pics/Obr17_hlavove_nervy.jpg)
- [16] Míšní nervy. In: *Páteř a mícha* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://files.czepa.webnode.cz/200001341-391ac39623/segmenty%20poraneni%20michy\\_pater\\_small.jpg](http://files.czepa.webnode.cz/200001341-391ac39623/segmenty%20poraneni%20michy_pater_small.jpg)
- [17] Tvorba autora
- [18] Arduino [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://arduino.cz/>
- [19] Arduino UNO R3 ATmega328P CH340 mini USB [online]. [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://arduino-shop.cz/arduino/1353-klon-arduino-uno-r3-atmega328p-ch340-mini-usb-1466635561.html>
- [20] Instruction manual for the TENS 3000 [online]. , 13 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.clinicalhealthservices.com/productimages/TENS3000manual.pdf>
- [21] Principles of Electromyography. BRONZINO, Ed. Joseph D. The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition. [online]. [cit. 2017-04-23]. ISBN 978-1-4200-4951-0.
- [22] Stavba kosterního svalu. In: Biologie člověka [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/29452975-Mgr-jana-rotkova-ph-d.html>
- [23] BASMAJIAN, John V. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. 3d. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1974. ISBN 0683004115.
- [24] Jehlová elektroda. In: Elektromyografie [online]. [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: [http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk/kompodium/biomechanika/experiment\\_metody\\_emg.php](http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk/kompodium/biomechanika/experiment_metody_emg.php)
- [25] Povrchová elektroda. In: Porovnání elektromyografie flexorů předloktí a paže po stejné zátěži [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/biochemie/biofyz12/myo.html>
- [26] Stavba neuronu. In: Nervové řízení svalové práce [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/49/05.html>



- [27] Stavba periferního nervu. In: *Periferní nervový systém* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3323305/>
- [28] LOJDOVÁ, Mgr. Kateřina. Projektové vyučování [online]. , 22 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: [http://katkalojdova.weebly.com/uploads/2/4/3/0/24306750/projektove\\_vyucovani.pdf](http://katkalojdova.weebly.com/uploads/2/4/3/0/24306750/projektove_vyucovani.pdf)
- [29] Taxonomie výukových cílů [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://dielektrika.kvalitne.cz/taxonomie.html>
- [30] Arduino UNO R3. In: Hobby Electronics [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.hobbytronics.co.uk/arduino-uno-r3>
- [31] KADLEC, Bc. Milan. Ovládací panel s vývojovým kitem Arduino [online]. Zlín, 2014 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/29939>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Pospíšilík, Ph.D.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EMG elektromyografie

HHI Human-Human Interface (Rozhraní člověk-člověk)

TENS Transkutánní elektrická stimulace nervů

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obrázek 1: Stavba neuronu [26]</i> .....	14
<i>Obrázek 2: Šíření akčního potenciálu nervovým vláknem [13]</i> .....	16
<i>Obrázek 3: Stavba periferního nervu [27]</i> .....	17
<i>Obrázek 4: Hlavové nervy [15]</i> .....	19
<i>Obrázek 5: Míšňní nervy [16]</i> .....	21
<i>Obrázek 6: Stavba kosterního svalu [22]</i> .....	23
<i>Obrázek 7: Nervosvalová ploténka [6]</i> .....	24
<i>Obrázek 8: Princip elektromyografie [5]</i> .....	25
<i>Obrázek 9: Jehlové elektrody [24]</i> .....	27
<i>Obrázek 10: Povrchové elektrody [25]</i> .....	28
<i>Obrázek 11: Vědecký kit HHI [14]</i> .....	34
<i>Obrázek 12: Jednotka TENS [14]</i> .....	35
<i>Obrázek 13: Arduino UNO R3 [30]</i> .....	36
<i>Obrázek 14: Vývojové prostředí Arduino IDE [17]</i> .....	37
<i>Obrázek 15: Popis Spiker Shield desky [17]</i> .....	38
<i>Obrázek 16: Elektrody [14]</i> .....	38
<i>Obrázek 17: Arduino připojené k baterii [17]</i> .....	40
<i>Obrázek 18: Umístění elektrody na předloktí [17]</i> .....	41
<i>Obrázek 19: Kompletně připravený experiment [17]</i> .....	42
<i>Obrázek 20: Rozsvícené signalizační diody při kontrakci svalu [17]</i> .....	43
<i>Obrázek 21: Blokové schéma experimentu [17]</i> .....	43
<i>Obrázek 22: Umístění elektrody na předloktí [17]</i> .....	44
<i>Obrázek 23: Propojení experimentu s tabletem [17]</i> .....	45
<i>Obrázek 24: Elektrické impulsy v reálném čase [17]</i> .....	46
<i>Obrázek 25: Nahrávání signálu [17]</i> .....	47
<i>Obrázek 26: Zprůměrovaný akční potenciál [17]</i> .....	47
<i>Obrázek 27: Základní možnosti karty „Recordings“ [17]</i> .....	48
<i>Obrázek 28: Možnost třídění akčních potenciálů [17]</i> .....	49
<i>Obrázek 29: Možnosti po dokončení třídění akčních potenciálů [17]</i> .....	50
<i>Obrázek 30: Průměrný akční potenciál [17]</i> .....	51
<i>Obrázek 31: Blokové schéma [17]</i> .....	51
<i>Obrázek 32: Umístění elektrody na předloktí [17]</i> .....	52

---

<i>Obrázek 33: Připojení elektrod na loketní nerv [17].....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 34: Připojení TENS jednotky na SpikerShield desku [17].....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 35: Nastavení TENS jednotky [17].....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 36: Propojení obou osob [17] .....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 37 : Realizace projektu [17].....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 38: Ukázka pracovních listů – Projektového úkolu č. 1 [17].....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 39: Ukázka návodu – Projektového úkolu č. 1 [17].....</i>	<i>61</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 – Ucelená typologie projektů [8] .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 2 – Návrh projektu .....</i>	<i>56</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I : Seznam příloh na CD.....	71
--	----

## **PŘÍLOHA P I: SEZNAM PŘÍLOH NA CD**

Na CD jsou uloženy tři složky:

- Projektový úkol č. 1
  - Pracovní list
  - Návod
  - Video
- Projektový úkol č. 2
  - Pracovní list
  - Návod
- Projektový úkol č. 3
  - Pracovní list
  - Návod
  - Video