ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
CENTRUM TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

# POROVNÁNÍ EMG SIGNÁLU U PROVEDENÉ POHYBOVÉ DOVEDNOSTI A PŘI JEJÍ IMAGINACI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Adéla Drahokoupilová**
*Pedagogika pohybové prevence*

Vedoucí práce: Mgr.Daniela Benešová, Ph.D.

**Plzeň 2020**

*Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.*

V Plzni, duben 2020

.....

*vlastnoruční podpis*

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce paní Mgr. Daniele Benešové, Ph.D. za odborné vedení, připomínky, cenné rady a pomoc při tvorbě této práce. Také bych ráda poděkovala všem, kteří se zúčastnili tohoto výzkumu.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

# OBSAH


1 ÚVOD ..... 3

1.1 CÍL ..... 4

1.2 ÚKOLY ..... 4

1.3 HYPOTÉZA ..... 4

1.4 VÝZKUMNÁ OTÁZKA ..... 4

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ..... 5

2.1 LIDSKÝ POHYB ..... 5

2.1.1 Motorika ..... 5

2.1.2 Řízení motoriky ..... 6

2.1.3 Aference při řízení polohy a pohybu ..... 11

2.2 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI A DOVEDNOSTI ..... 12

2.2.1 Koordinační schopnosti ..... 13

2.2.2 Rovnováhové schopnosti ..... 14

2.2.3 Testování rovnováhových schopností ..... 15

2.2.4 Motorické testy ..... 16

2.2.5 Testování statické rovnováhy ..... 16

2.3 NEUROPLASTICITA ..... 17

2.4 EMG ..... 20

2.4.1 Přenos snímaného signálu ..... 21

2.4.2 Snímaný signál ..... 21

2.4.3 Umístění elektrod ..... 21

2.4.4 Zpracování signálu ..... 23

2.4.5 Vyšetřované hodnoty EMG ..... 24

2.5 IMAGINACE ..... 25

2.5.1 Princip Imaginace ..... 26

2.5.2 Asociační zákony ..... 26

2.5.3 Typy imaginace ..... 27

2.5.4 Imaginace a sport ..... 27

2.5.5 Testování imaginace ..... 28

2.5.6 Zrcadlové neurony ..... 29

3 METODOLOGICKÁ ČÁST ..... 30
3.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU ..... 30
3.2 ODEBRÁNÍ OSOBNÍ ANAMNÉZY ..... 30
3.3 TECHNICKÉ VYBAVENÍ ..... 30
3.4 POSTUP TESTOVÁNÍ ..... 31
3.5 APLIKACE ELEKTROD ..... 32
3.6 PRŮBĚH TESTOVÁNÍ ..... 33
3.7 POUŽITÉ STATISTICKÉ METODY ..... 35
4 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ ..... 36
5 DISKUZE ..... 40
6 ZÁVĚR ..... 42
7 RESUMÉ ..... 43
8 SUMMARY ..... 44
9 SEZNAM LITERATURY ..... 45
10 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ ..... 50
11 PŘÍLOHY ..... I

# 1 Úvod

Pohyb doprovází člověka po celý jeho život. Imaginace neboli představivost je schopnost, při které si pohyb pouze představujeme, člověk ji využívá nevědomky denně v běžném životě při všech svých činnostech. V této práci se budeme zabývat imaginací při předem stanoveném pohybu. V poslední době narůstá povědomí o této schopnosti člověka a vznikají nové výzkumy na toto téma. Vyvstává otázka, zda je přítomna aktivita svalu i během imaginace. Téma diplomové práce jsem si zvolila vzhledem k atraktivnosti a mimořádnosti problematiky a také proto, že jako bývala extraligová hráčka basketbalu se věnuji tréninkové činnosti u dětí a mládeže. Po ukončení studia bych se i nadále chtěla věnovat využívání imaginace, a to při výchově a propagaci sportovních aktivit různých věkových skupin. V této činnosti by mi mohly pomoci získané informace o tomto tématu.

Cílem této práce je prozkoumat a následně vyhodnotit, zda je určitý sval lidského těla aktivní při pohybu a následně i při imaginaci u zkoumaného souboru studentů Centra tělesné výchovy a sportu ve věku 20-26 let. Pro zajištění jednoznačnosti a správnosti testování se provádí měření za předem určených podmínek se zřetelem na dodržení časových intervalů, jak v pohybové, tak v imaginační části zkoumání. Testované osoby budou provádět modifikovaný test statické rovnováhy a následně si tento modifikovaný test budou představovat. Hodnoty svalového podráždění budou snímány pomocí povrchové elektromyografie. Informace o testovaných osobách a výsledky měření budou zaznamenány do předem připravených tabulek.

V teoretické části bude definován lidský pohyb a jeho řízení, dále bude práce zaměřena na popsání motorických dovedností a schopností se zaměřením na koordinační a rovnováhové schopnosti a jejich testování. Poté bude definována neuroplasticita, elektromyografie a imaginace. Metodologická část se bude zabývat testováním výzkumného souboru. Informace o testovaných osobách a výsledky měření budou zaznamenány do předem připravených tabulek. Následně budou získaná data statisticky zpracována, porovnána a nakonec vyhodnocena.

## 1.1 Cíl

Cílem diplomové práce je zjistit jaký je vztah svalového podráždění při provedené pohybové dovednosti a při její imaginaci.

## 1.2 Úkoly

Na základě výše zmíněného cíle si stanovujeme následující úkoly:

1. Rozbor literatury a dostupných zdrojů
2. Měření EMG signálu při pohybové činnosti
3. Měření EMG signálu při pohybové imaginaci
4. Zvolení vhodné statistické metody, zpracování dat
5. Analýza výsledků a jejich komparace, formulace závěrů pro teorii a pro praxi

## 1.3 Hypotéza

$H_0$: Předpokládáme, že existuje závislost mezi svalovým podrážděním pohybové činnosti a imaginace.

## 1.4 Výzkumná otázka

1) Existuje závislost mezi svalovým podrážděním prováděného pohybu a pohybové imaginace?

# 2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

## 2.1 LIDSKÝ POHYB

Lidský pohyb je chápan jako základní vyjádření života. Lze ho definovat jako úkon, který umožňuje lidem pohyb v určitém prostředí. Vymezuje se jako pohybový projev organismu nutný pro přežití, dále také pomáhá hledat potravu, zprostředkovává útěk do bezpečí a v neposlední řadě napomáhá hledat lepší podmínky pro život nebo rozmnožování (Bursová, 2005; Kiehn & Doughtery, 2013).

Můžeme jej z nejobecnějšího hlediska definovat jako určitou změnu. Z hlediska antropomotoriky, která je objektem zájmu populace zabývající se sportem a tělesnou výchovou, můžeme tuto změnu rozdělit na dvě části. První částí je změna vzájemného postavení dílčích segmentů pohybové soustavy (např. přechod ze stoje do kleku). Druhou část můžeme definovat jako přesunutí celého organismu v prostoru (např. chůze, běh) (Měkota, 1983).

Dle Bursové a Rubáše (2001) můžeme lidský pohyb vymezit jako nástroj k vytvoření vztahů mezi vnitřním prostředím organismu a vnějším prostředím. Lze konstatovat, že pohyb je vnímám již v prenatálním období. V období kojeneckém a batolecím je pohyb považován za zásadní v rozvoji psychiky dítěte. V této etapě života dítěte je pohyb spontánní. V průběhu života je pohyb podporován, tlumen, usměrňován a ovlivňován, ba dokonce nahrazen různými sociálními podněty (Bursová & Rubáš, 2001).

Aktivní pohyb můžeme popsat jako příčinu v lidském organismu podnícený svalovou činností. Pokud je celé tělo, nebo jeho jednotlivé segmenty přemisťovány zevní silou, mluvíme zde o pohybu pasivním. Ten se nejčastěji používá při rehabilitaci (Měkota, 1983).

### 2.1.1 MOTORIKA

Pojem motorika můžeme vyvodit podle latinského slova motor (hnací stroj), nebo také podle slova motus neboli pohyb, Motoriku můžeme definovat jako konkrétní souhrn hybných jevů určitého systému. Dále je možné rozlišit dvě podstatné stránky motoriky. První stránkou jsou předpoklady systému pro pohyb, druhou stránku můžeme vymezit jako pohybové projevy systému i jejich výsledky (Měkota, 1983).

Z pohledu antropomotoriky můžeme motoriku rozdělit do dalších kategorií, například: senzomotorika a psychomotorika. Dále můžeme motoriku rozdělit na základě lidského konání, například každodenní, pracovní a tělocvičnou motoriku (Měkota, 1983).

Hrubou motoriku můžeme definovat jako komplex pohybových činností, řízený velkými svalovými skupinami. Ty zajišťují nejen koordinaci, ovládání a držení těla, ale také rytmizaci pohybů (Opařilová, 2010).

Na druhé straně jemná motorika je popisována jako schopnost kontrolovaně a zručně manipulovat malými předměty v malém prostoru. Patří sem zejména pohyby rukou, ústy a nohou. Je řízena malými svalovými skupinami, může zahrnovat například: mimiku, oromotoriku, ogomotoriku, grafomotoriku a vizuomotoriku (Vyskotová & Macháčková, 2013).

### 2.1.2 ŘÍZENÍ MOTORIKY

Proces řízení motoriky můžeme definovat jako úmyslné zajišťování aktivity pohybového systému k dosažení předem stanoveného cíle. Pohyb má individuální charakter, je podmíněn mentalitou člověka a vnáší tím do řídícího procesu nejasný faktor, se kterým se musí počítat při pohybové analýze (Véle, 2006).

Motorika je prakticky řízená všemi složkami CNS, tzn., že se na řízení pohybu podílí složky od mozkové kůry až po spinální míchu. Tyto složky jsou seřazeny v určitém pořadí a navzájem spolu spolupracují. Dále mají nepostradatelnou roli při zajištění mimovolných, rytmických a volních pohybů. Také spolupracují s ostatními strukturami nervové soustavy, především se senzitivními systémy. Řízení pohybu má souvislý charakter směrem od svalů až k mozkové kůře. Zvyšuje se tak úplnost řídící procesů (Ambler, 2011; Dylevský, 2009; Grafton & Hamilton, 2007).

Orth (2009) pohyby člověka rozděluje do tří úzce souvisejících a působících částí. První částí jsou pohyby mimovolní (reflexní). Jsou typické pro svou automatizaci a rychlost, nemusí být přítomna volní kontrola. Jsou řízeny na základě reflexu, který podnítí automatickou reakci neuronů na vnímavý podnět.

Mimovolní pohyby mají úlohu při udržení rovnováhy, koordinaci pohybu, vzpřímené polohy a svalovém napětí. Druhou částí jsou volní pohyby. Můžeme je popsat jako cílené, vědomé a úmyslné pohyby, které jsou řízeny motorickou kůrou. Člověk je schopen se je naučit během svého života (chůze, psaní, řízení auta).

Podmínka pro uskutečnění cíleného pohybu je zajištění pohybů mimovolných (reflexních). Třetí, ale neméně důležitou částí, jsou pohyby rytmické. Vyznačují se opakujícími se pohyby, jako je např. dýchání, žvýkání, kýchání a lezení. Jsou řízeny vědomě jen na začátku a konci prováděné sekvence. Spojují pohyby volní a mimovolní.

Již před sto lety začaly vznikat úvahy o činnosti funkčního systému. Lze tedy konstatovat, že funkční systém motorické kontroly obsahuje mozeček, bazální ganglii, určité oblasti mozkového kmene, spinální míchy, thalamu a mozkové kůry. Nelze opomenout také hippocampus a amygdalu (Koukolík, 2000; Shummway-Cook & Woollacott, 2007).

Dylevský (2009) popisuje, že se náš motorický systém skládá z těchto anatomických útvarů:

**Motorické jednotky**

Skládají se ze svalových vláken, míšních nebo kmenových motoneuronů. Můžeme je také popsat jako seskupení svalových vláken, které jsou inervovány pouze jedním motoneuronem. Nacházejí se v okrajové části motorického systému (Čihák, 2011).

**Přední rohy míšní**

Interneurony a motoneurony tvoří šedou hmotu předních rohů, jsou významnou složkou u mnoha reflexních oblouků a tím pádem vytvářejí zásobu postojových a pohybových programů (Dylevský, 2009).

Trojan (2005, s. 13) definuje, že se reflexní oblouk skládá z těchto pěti složek*: „receptor – aferentní dráha – centrum – eferentní dráha – efektor.“*

**Motorická centra mozkového kmene**

Plynule navazuje na hřbetní míchu a skládá ze tří složek. První složkou je prodloužená mícha, druhá složka je střední mozek a třetí složka je Varolův most. Prodloužená mícha společně s retikulární formací (RF) koriguje základní životní funkce (činnosti srdce, cév, dýchání a trávení). Dále částečně řídí posturální reflexy, svalový tonus a rovnováhu. Střední mozek je parciálně zodpovědný za kontrolu a koordinaci pohybů hlavy, těla a očí. Varolův most koriguje především dýchání, je zapojen díky některým nepodmíněným reflexům do řízení artikulace, pohybů očí a mimiky. Mozkový kmen je ovšem i centrem obranných a trávicích reflexů.

Mezi trávicí reflexy patří slinění, polykání a do obranných reflexů řadíme kýchání, kašlání a zvracení. Poškození mozkového kmene může být pro člověka fatální (Dylevský, 2009; Orel & Facová, 2009).

**Mozeček**

Vestibulární, spinální a cerebrální mozeček jsou jeho tři různě staré vývojové části. Mozeček je propojen pomocí tří silných svazků drah s mozkovým kmenem a koncovým mozkem, je tvořen šedou a bílou hmotou. Základní jednotkou kůry mozečku je Purkyňova buňka, účastní se při řízení svalového napětí, udržuje vzpřímenou polohu těla a koordinuje volní pohyby, provádí průběžně opravy pohybu. Mozeček má důležitou roli i v poznávacích a emočních funkcích, dále hraje roli při procesu učení, myšlení, paměti a motivace. Můžeme o něm hovořit jako o „šedé eminenci“ , sedí v tichosti v pozadí, ale ví o všem, co se děje, na druhé straně stále nevíme dopodrobna, co všechno mozeček ovlivňuje (Dylevský 2009; Orel & Facová, 2009).

**Motorická centra thalamu**

Jsou to zejména jádra, která propojují bazální ganglii, motorickou kůru a mozeček. Motorická jádra thalamu jsou součástí limbického sytému. Důsledkem propojení je koordinace, mimovolních pohybů a jejich vnímání (Dylevský, 2009).

**Bazální ganglia**

Jsou pomocná koordinační centra nacházející se hluboko v hemisférách mozku, jsou nápomocné při koordinaci volních a mimovolních pohybů. Jejich tlumivý vliv na podkorové a korové funkci potlačuje nechtěný pohyb. BG vytvářejí program úmyslných pohybů a vytvářejí rysy pohybu – směr, sílu a amplitudu pohybu. Součástí BG je amygdala (patří do limbického systému), ta má vliv na emoce – vztek, radost dále na paměť, chování a pozornost (Dylevský, 2009).

**Motorická kůra hemisfér**

Je tvořena mozkovou kůrou, která je považována za nejvyšší středisko centrální nervové soustavy. Motorická kůra na základem pyramidové dráhy (BG – thalamus – retikulární formace – hlavové nervy – mícha), která provádí cílené a úmyslné pohyby (volní pohyby). Hlavní funkcí motorické kůry je plánování cílených a jemných pohybů (Čihák, 2011; Dylevský, 2009).

Struktury motorického nervového systému uvedené výše se podílí na procesu řízení motoriky. Dále tvoří proces řízení motoriky čtyři neoddělitelné základní úrovně, které postupně participují na řídícím procesu. Jedná se o úrovně autonomní, spinální, subkortikální a kortikální (Véle, 2006).

**Autonomní úroveň**

Autonomní úroveň zachovává základní životní funkce a je součástí inervace vnitřních orgánů, kůže a hladké svaloviny. Dále řídí nezávisle funkci vnitřních orgánů. Tento systém můžeme fyziologicky a anatomicky rozdělit na dvě části. První částí je sympatikus, ten připravuje vnitřní prostředí těla na nejlepší optimální výkon. Druhá část je parasympatikus, který zpomaluje činnost srdce a aktivuje trávící systém. Tento organizovaný systém je propojen bilaterálně mozkovými a spinálními nervy a ovládá intenzitu činnosti vnitřních orgánů, svalů a psychiky. Sice mají tyto procesy autonomní ráz, můžeme je však ovlivnit určitými představami, které jsou sdružené s různými emocemi. Ukázkovým příkladem je tzv. Schultzův autogenní trénink. Tento trénink dokáže působit na rychlost tepu, proudění krve, tělesnou teplotu či reakci zornic. Dýchání je řízeno jak autonomním nervovým systémem, tak mozkomíšním. Různá dechová cvičení mají vliv na ventilaci plic a také na nám pomáhají získat vliv nad autonomním systémem. V praxi se s těmito cvičeními můžeme setkat například při józe (Dylevský, 2009; Véle, 2006).

**Subkortikální úroveň**

Řízení motoriky ovlivňuje především posturální funkci ale i průběh pohybových vzorů. Lidská motorika je charakterizována účastí vzpřímeného bipedálního stoje. Na udržení posturálních funkcí je potřeba velké množství mechanismů (intenzita svalového tonu), které se snaží o stálou opěrnou pozici těla. Pokud dojde k poruše v této oblasti, má to neblahé důsledky na koordinaci těla, jemnou motoriku prstů, ale i ke zhoršení svalového tonu a artikulace. Ve své podstatě není dodržen správný průběh pohybu. Důležitými útvary této úrovně jsou centra v prodloužené míše, bazálních gangliích, mozkovém kmeni, mezimozku (hypotalamus, thalamus) a limbický systém (Véle, 2006; Králíček, 2002)

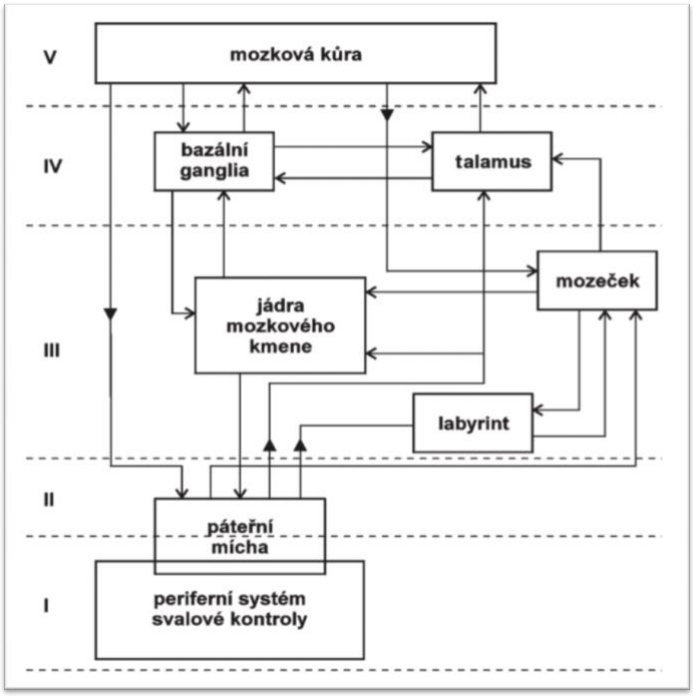
**Kortikální úroveň**

Kortikální úroveň potřebuje mozkovou kůru pro řízení pohybu. Motorická kůra řídí volní pohyb a také připravenost vnitřního prostředí pro rozšířené metabolické nároky aktivních svalů. Pohyb je proveden svalovým aparátem, jehož program je uložen v paměti. Do kortikálního řízení motoriky řadíme pyramidový a extrapyramidový motorický systém.

Oba tyto systémy spolu vždy spolupracují a za prezence BG a mozečku zaručují úmyslné pohyby. Ustavičná analýza informací kloubních a svalových čidel je nezbytná při celkovém řízení motoriky (Véle, 2006).

**Spinální (míšní) úroveň**

Spinální úroveň pomáhá řídit pohyb pro základní řízení svalů jako zdroj fyzikální síly. Mícha je nejdůležitější článek pro řízení pohybu a také podružnou složkou vyšších složek nervové soustavy. Míšní úroveň je řízena reflexně a podílí se na ní vegetativní neurony, interneurony a motoneurony. Motoneurony můžeme dělit na gama motoneurony, ty svými vlákny mají vliv na svalové receptory (svalová vřeténka), dále na specifitu pohybu a na mezisvalovou koordinaci (spolupráce agonisty a antagonisty). Alfa motoneurony můžeme rozlišit z hlediska velikosti na velké alfa motoneurony, které inervují rychlá (bílá) svalová vlákna a vedou vzruchy 60-110 m/s. Druhou skupinou jsou malé alfa motoneurony, které inervují pomalá (červená) svalová vlákna a vedou vzruchy 50-80 m/s. Tyto motoneurony jsou zodpovědné za volní pohyb svalovou kontrakci. Vegetativní neurony jsou zodpovědné za logistiku v řízení. Vazodilatace (rozšíření cév) je příznačný příklad jejich funkce. Interneurony jsou obsaženy v šedé hmotě míšní, zpracovávají informace, zvyšují, nebo naopak tlumí aktivitu. Propojují periferní, kortikální a subkortikální oblasti (Dylevský, 2009; Trojan, 2005; Véle, 2006).




Obrázek 1: Blokové schéma řízení motoriky (Trojan, 2005)

### 2.1.3 AFERENCE PŘI ŘÍZENÍ POLOHY A POHYBU

Aference hraje důležitou roli při tvorbě a během pohybových a polohových programů. Dá se říci, že se jedná o informace z exteroceptorů v kůži, interoceptorů z vnitřních orgánů, proprioreceptorů ve šlachách, svalech a kloubních pouzdrech, dále receptorů vestibulárního aparátu a v neposlední řadě akustická a optická aference (Véle, 1995).

Funkce exteroceptorů je, že přijímají podměty z vnějšího prostředí. Kožní receptory mají za úkol registraci mechanických podnětů. Dále jsou to receptory, co registrují podněty optické a akustické. Akustická a optická aference umožňuje díky informacím z vnějšího prostředí předvídat krátkodobé situace a následnou volbu posturálního plánu. Nociceptory jsou receptory, které reagují na bolest. Mohou způsobit vznik náhradního programu pro držení těla či pohybu. Mechanoreceptory zaznamenávají mechanické podměty působící na povrch těla. Podráždí se při deformaci kůže či ohnutí vlasů nebo chlupů. Lidská kůže obsahuje několik receptorů, které různě reagují na mechanické podměty. Merkelovy disky reagují na dotyk či lehký tlak na kůži. Meissnerova tělíska se nacházejí na bříškách prstů a jejich funkce je určení struktury objektu, na který se dotýká. Ruffiniho tělíska reagují na napínání kůže hlavně při pohybu, který je způsoben prstem či končetinou. Valter-Paciniho tělíska registrují vibrace (Králíček, 2011; Véle, 1995).

Funkce proprioreceptorů je, že díky nim vnímáme polohu a pohyb různých částí těla. Ruffinoformní tělíska-extrémní poloha v kloubu a pacinoformní tělíska-pohyb v kloubu. Tyto tělíska jsou podobná Ruffiniho a Valter-Pacciniho tělískům, ale nacházejí se v kloubních pouzdrech a vazech (Rokyta, 2000).

Svalová vřeténka jsou receptory, které zaznamenávají změnu délky svalu, na druhé straně Golgiho šlachová tělíska jsou receptory, které zaznamenávají svalovou kontrakci. Chrání sval před přetržením, tím že snižují svalové napětí. Dále jsou zde Ruffiniho tělíska, které reagují na napínání kůže hlavně při pohybu, který je způsoben prstem či končetinou. Vestibulární aparát úzce souvisí jak s pohybem, tak s polohou a orientací v prostoru. Určuje polohu a pohyb hlavy v prostoru. Jeho signály zajišťují posturální reflexní reakce, které udržují hlavu a trup ve vzpřímené poloze a také vestibulookulomotorický reflex, který zajišťuje udržení oční fixaci na určitý předmět při změnách polohy hlavy. Receptory tohoto aparátu jsou v polokruhových kanálcích, kde se zaznamenává rotační a uhlové zrychlení, přičemž jsou receptory podrážděny při začátku a na konci otočení hlavy.

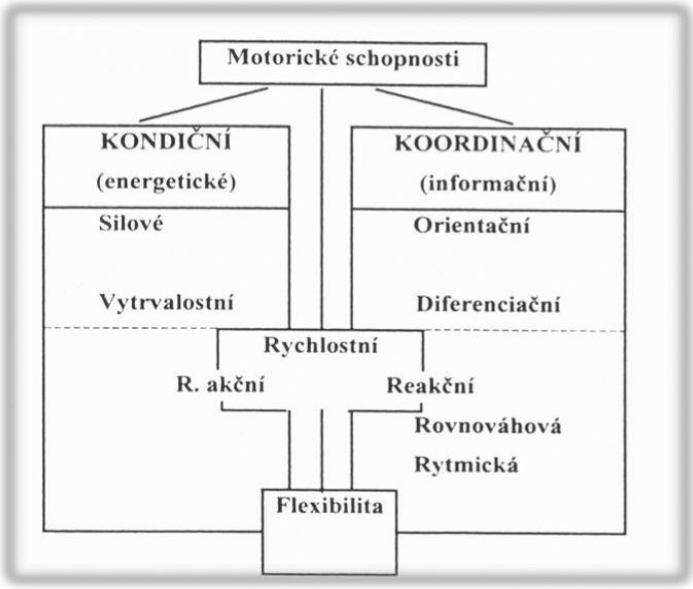
Dále jsou v blanitých váčcích sakulu a utrikulu, které zaznamenávají změnu rychlosti posuvného pohybu hlavy dopředu a dozadu, do stran nebo svisle (Králíček, 2011).

## 2.2 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI A DOVEDNOSTI

Schopnost můžeme definovat jako vlastnost, která pomáhá při tvorbě různých kognitivních a motorických aktivit. Díky schopnostem, lze určit rozdíly ve výkonu při různých činnostech. Dále můžeme schopnost definovat, jako dispozici pro činy a pohyb. Můžeme jí rozlišit na motorické a intelektuální schopnosti (Schmidt & Lee, 2014).

Burton a Miller (1998) tvrdí, že motorické schopnosti jsou částečně dědičné předpoklady pro pohybovou činnost, a kladou výkonnost do mnoha pohybových dovedností. Během života jsou trvalé. Choutka a Dovalil (1991) doplňují, že dlouhodobý trénink může způsobit jejich změnu.

Motorické schopnosti se vyskytují ve výsledcích pohybové činnosti, jelikož jsou součástí obecného výkonu člověka. Mimoto jsou latentní a skryté. Lze tedy předpokládat, že z určitého hlediska mohou omezit výkon člověka a jsou považovány za horní mez, kterou nelze překročit. Při učení různých pohybový dovedností se zároveň pohybové schopnosti zdokonalují a jsou považovány za vysokou úroveň předpokladů pro zdokonalování. Lze říci, že motorickou schopnost zlepšujeme nácvikem a množství schopností je omezeno, na druhé straně množství dovedností je nevyčíslitelný a zlepšujeme je tréninkem. Dále lze pohybové dovednosti definovat jako opakováním dosažená připravenost k řešení pohybového úkolu a dosažení zdárného výsledku. (Měkota & Cuberek, 2007; Měkota & Novosad, 2005).




Obrázek 2: Hrubá taxonomie motorických schopností (Měkota & Novosad, 2005)

V rámci této práce se přikláním k rozdělení schopností dle Měkoty a Novosada (2005), dle zaměření práce se budeme podrobněji věnovat pouze koordinačním a rovnováhovým schopnostem.

### 2.2.1 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI

Ve starších publikacích je koordinace definována jako obratnost. Časem pojem obratnost vymezili autoři Meinel a Schnabel, oddělili psychomotorické předpoklady jedince a dali vzniknout pojmu koordinační schopnost (Bursová & Votík, 1996).

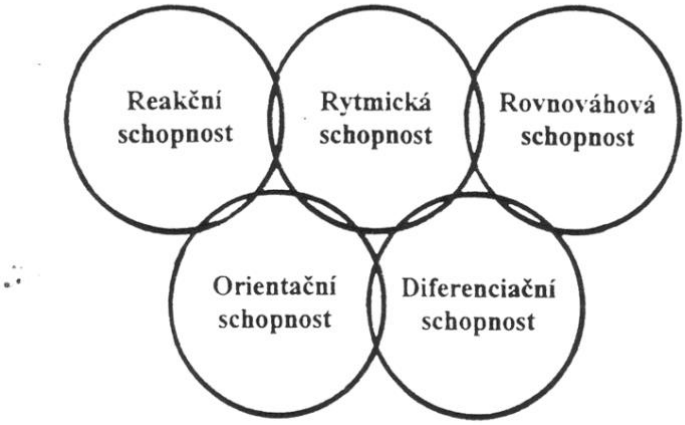
Obratnost je schopnost přesně provést složité časoprostorové sestavy pohybu, je velice často spojována s procesy řízení a kontroly motoriky. Dále ji můžeme definovat jako potenciál organismu provádět bezchybné pohyby v proměnlivých vnějších podmínkách (Gajda & Fojtík 2008; Chytráčková & Čelikovský, 1990).

Měkota a Novosad (2005) definují, že termín koordinovat představuje rovnat, vnášet řád a soulad. Při pohybu je koordinace popisována jako schopnost spolupráce jednotlivých pohybů, nebo určité fáze pohybu, při které vznikne vyrovnaný komplex pohybového činu. Při pohybu se člověk přemisťuje v prostoru a mění tak svojí pozici. Není však jednoduché zachovat či obnovit rovnováhu při rychlých a velkých změnách v prostoru. Každý den jsou kladeny nároky na přesné pohyby, aby se stanovený cíl splnil. Při sportu je důležité, aby člověk upravoval svůj pohyb podle soupeře a podle změn podmínek. Během různých aktivit je nezbytné provádět pohyb v příslušném rytmu. Například při tanci, kde je důležitý soulad s hudbou. Tím pádem je zde důležitá přítomnost motorické koordinace, která zprostředkovává pohyby, které jsou odlišně vedené, sladěné a komplikované. Jsou také prováděné v různých podmínkách a situacích.

V průběhu života se koordinace člověka mění v závislosti na věku. V období předškolního věku se koordinace zlepšuje, pohyb je veden racionálněji. Během mladšího školního věku dochází k rozvoji obratnosti a koordinace. Zlepšuje se řízení volních a mimovolných pohybů, avšak ty jsou omezeny psychikou dítěte. Puberta způsobuje zhoršení obratnosti a nekoordinované pohyby. Lze konstatovat, že vrcholem koordinačních schopností je období kolem 20-25. roku (Pavlík, Zvonař & Vespalec 2014).

Hirtz v roce 1985 představil 5 schopností důležitých pro školní tělesnou výchovu. Byla to schopnost rytmická, rovnováhová, diferenciační, reakční a schopnost orientační.

Později v roce 1997 vytvořil schéma, kde se tyto schopnosti navzájem překrývají, jelikož jsou navzájem propojené a ovlivňují se navzájem (Měkota & Novosad, 2005).




Obrázek 3: Základní koordinační schopnosti dle Hirtze (Měkota & Novosad, 2005)

Tito dva autoři doplnili rozdělení o další dvě schopnosti. Jedná se o schopnost sdružování a schopnost přestavby.

### 2.2.2 ROVNOVÁHOVÉ SCHOPNOSTI

Jak jsem se již zmínila, budu se zde nadále zabývat věnovat definicí a druhy rovnováhových schopností.

S rovnováhou se setkáváme již při narození. Novorozenec, který byl do té doby v matčině lůně, se ocitá na světě. Nejdříve provádí trhavé vrozené reflexní pohyby, aby se pokusil napřímit své tělo. Snaží se zvedat hlavičku, tzv. pase koníčky, dále leze, staví se na nohy a sedí. Svaly kolem páteře, svaly pro držení pozice a svaly posturální zaručují rovnováhu (Zemánková, 1996).

Rovnováha jako schopnost je dispozice, která nám pomáhá udržet tělo, nebo jeho díl v poměrně labilní poloze v průběhu pohybu. Lze jí také definovat jako činnost, permanentní balancování a upravování pozice proti gravitaci (Bursová & Votík, 1996; Zemánková, 1996).

Měkota a Novosad (2005) doplňují, že rovnováhu ovlivňuje celá řada fyziologických procesů lidského těla. Velice důležitá je spolupráce pohybového aparátu, centrálních a periferních částí nervového systému. Nejdůležitější analyzátory, které se podílí na řízení

rovnováhy, jsou: kinestetický a vestibulární aparát, vizuální a taktilní analyzátor. Dále je to schopnost, která dokáže rovnovážný stav obnovit i při neklidných rovnováhových relacích a nestálých podmínkách prostředí. Tito autoři rozdělují rovnováhové schopnosti zaprvé na statickou rovnováhovou schopnost, zadruhé na dynamickou rovnováhovou schopnost a za třetí na schopnost balancování předmětu.

Dělení rovnováhy dle Měkoty a Novosada (2005):

- **Statická rovnováhová schopnost:** dochází k ní v momentě, když je tělo v klidu a nedochází k pohybu v prostoru. Například při stoji na fixované podložce, jako je třeba kladinka, nebo na podložce, která nestála jako například deska, co se naklání. Může se jednat i o stoj na rukou, popřípadě hlavě, plavání nebo sed v lodi.
- **Dynamická rovnováhová schopnost**: dochází k ní při rychlých a rozměrných změnách polohy v prostoru, během pohybu člověka. Projevuje se:
    a) Lokomocí a translací: zachovávání a obnovování rovnováhy během běhu či chůze. Pohybová aktivita při lokomoci a translaci je například jízda na kole a na lyžích
    b) Rotací: zachovávání a obnovování rovnováhy během rotačních pohybů. Může zde docházet k otáčení až okolo všech tří os těla.
    Udržet rovnováhu je při rotaci velice těžké, jelikož dochází k podnícení vestibulárního aparátu. Pohybová aktivita při rotaci je například tanec, piruety v krasobruslení, nebo akrobatické skoky do vody.
    c) Letovou fází: zachovávání a obnovování rovnováhy ve fázi letu. Pohybová aktivita při letové fázi je například při skoku na lyžích.
- **Balancování předmětu:** rovnováha se uplatňuje nejen při procesu ovládání těla člověka, ale i schopnost zachovat v rovnováze i vnější objekt, například míč, tyč, nádobí.

### 2.2.3 TESTOVÁNÍ ROVNOVÁHOVÝCH SCHOPNOSTÍ

Měkota a Novosad (2005) uvádí, že schopnosti můžeme definovat jako latentní objekty, které jsou sami o sobě neměřitelné, a můžeme měřit jedině jejich projevy. Schopnosti můžeme z těchto vnějších projevů nejenom určit, ale i odhadnout velikost nebo stupeň. Jedná se o měření nepřímé, prostřednictvím indikátorů (ukazatelů), které mají nejčastěji podobu testů. O těchto testech se z nějakého důvodu domníváme, že jsou validní

k vzhledem k dané schopnosti. Testováním schopností můžeme chápat jako záležitost asociativního měření, protože zjevná vlastnost, kterou vyjadřuje daný ukazatel v podobě testu je spjata a asociována se schopností. Dále její změny jsou spjaty se změnami s neměřitelnou schopností. To znamená, že pro všechny schopnosti tedy nelze najít stejně validní testy.

### 2.2.4 MOTORICKÉ TESTY

Test můžeme definovat jako standardizovanou zkoušku, která má za úkol změřit určitý vzorek chování. Dále představuje základní prostředek testování. Obsah testu musí být pro všechny testované osoby stejný, nebo průkazně srovnatelný. Stejný by měl být i způsob vyhodnocování výsledku. Osobu, která je podrobená testování nazýváme testovanou osobou, na druhé straně osobu, která provádí testování, nazýváme testující (examinátor). Pokud je obsahem testu určité pohybové zadání jedná se ho motorickým test, který můžeme charakterizovat jako pohybovou činnost, která je stanovená pohybovým úkolem a pravidly. Tyto dvě věci nám pomáhají určit diagnostiku motorického předpokladu. Každý motorický test musí splňovat validitu, reliabilitu a v neposlední řadě standardizovanost. Motorické testy můžeme rozdělit podle místa na laboratorní a terénní. Laboratoř poskytuje vysokou standardizaci testů. Terénní testy se využívají v tělovýchově a sportu (Měkota & Blahuš, 1983).

### 2.2.5 TESTOVÁNÍ STATICKÉ ROVNOVÁHY

V této podkapitole popíši test statické rovnováhy, jelikož jeho modifikaci využívám ve své výzkumné části.

**Výdrž ve stoji jednonož na kladince**

*Význam testu*: Posouzení úrovně statické rovnováhové schopnosti.

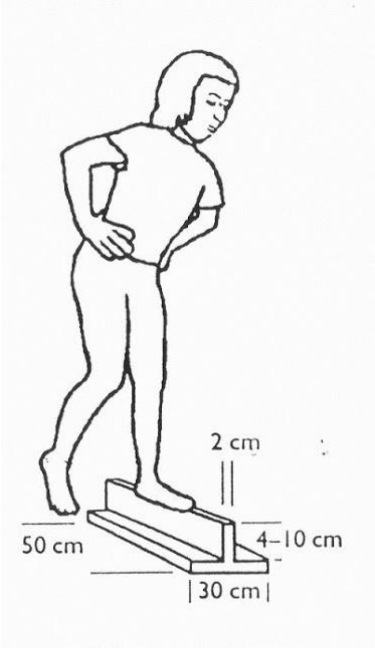
*Pomůcky*: Využívá se speciální dřevěná Fleishmanova kladinka a stopky.

*Popis a pravidla testu:* TO (testovaná osoba) se postaví vybranou bosou nohou na kladinku, chodidla jsou rovnoběžně s osou kladinky. Špička netestované nohy se opírá o zem, ruce v bok.

Až TO zaujme rovnovážný postoj, zavře oči a zvedne netestovanou nohu od země, dá v témže okamžiku časoměřiči pokyn, aby spustil stopky slovem „teď“.

V tomto rovnovážném stoji se TO snaží vydržet co nejdéle – maximálně 20 sekund. Provádějí se dva pokusy, přičemž měření času je s přesností 0,1 sekund a časy obou pokusů se sečtou.

*Pravidla:* Test je demonstrován a vysvětlen, TO si zkusí, na které noze se jí stojí lépe, oči otevřené. Časoměřič spouští stopky na povel TO v momentě, kdy oddálí netestovanou nohu od země a zavře oči. Stopky se zastaví, pokud TO přeruší postoj, dotkne se netestované nohy země, neudrží ruce v bok nebo otevře oči. Test je opakován dvakrát a odpočinek mezi jednotlivými pokusy je 30 sekund. Doporučuje se provést více pokusů a poté vybrat 2 nejlepší časy. Dále je důležité, aby měly všechny testované osoby stejné obutí nebo byly bosé (Měkota & Blahuš, 1983; Neuman, 2003).




Obrázek 4: Testovaná osoba na Fleishmanově kladince (Neuman, 2003)

## 2.3 NEUROPLASTICITA

Plasticitu mozku můžeme definovat jako specifickou schopnost nervového systému modifikovat své funkce či strukturu, jakožto výsledek vlivu vnějších a vnitřních podmínek (porucha mozku, osvojování nových dovedností) a vlivu učení (Lebeer, 1998; Kolář et al., 2009).

Lerner (1984) uvádí, že termín plasticita může mít různé významy. Za neuroplasticitu lze považovat buď mikroanatomické změny, nebo se může jednat o schopnost adaptační kapacity organismu se vymezit proti pevné a statické struktuře.

Experimentální nálezy a klinické zkoumání poskytly informace o dynamičnosti nervového systému. Ten je definován jako rovnováha mezi plasticitou a rigiditou. Plasticita ovlivňuje jedince po celý život, v raném období života je markantní, jelikož jsou funkční změny na mozku velice rozsáhlé. V dospělém věku plasticita klesá (Raskin, 2011; Friedlová, 2007).

Kolář et al. (2009) dělí a popisuje neuroplasticitu: evoluční, kdy během života jedince dochází pozitivním i negativním transformacím. Neuroplasticita reaktivní je krátkodobá a jednorázová expozice. Adaptační neuroplasticita je opakovaná při dlouhodobé zátěži, reparační neoplasticita je morfologická, nebo funkční obnova poškozených oblastí.

Kleim & Jones (2008) se ve svém výzkumu zabývají deseti principy neuroplasticity závislé na zkušenostech a úvahách o jejich aplikaci na poškozený mozek. Uvažují, zda studiem neuroplasticity budou schopni identifikovat základní zásady, které mohou pomoci při optimalizaci rehabilitace. Dokládají, že existují data dokazující, že neutrony mají schopnost změnit svou strukturu a funkci v reakci na vnější a vnitřní prostředí a na chování.

Proto vymezili neuroplasticitu jako mechanismus, který pomáhá mozku šifrovat zkušenosti a učí se novému chování. Neuroplasticita řídí učení ve zdravém i v poškozeném mozku, díky pochopení jejích základních principů lze identifikovat kriticky neurobiologické a behaviorální signály, které vedou k uzdravení. Ve svém výzkumu se opírají o těchto deset principů.

**Table 1.** Principles of experience-dependent plasticity.

| Principle | Description |
|---|---|
| 1. Use It or Lose It | Failure to drive specific brain functions can lead to functional degradation. |
| 2. Use It and Improve It | Training that drives a specific brain function can lead to an enhancement of that function. |
| 3. Specificity | The nature of the training experience dictates the nature of the plasticity. |
| 4. Repetition Matters | Induction of plasticity requires sufficient repetition. |
| 5. Intensity Matters | Induction of plasticity requires sufficient training intensity. |
| 6. Time Matters | Different forms of plasticity occur at different times during training. |
| 7. Salience Matters | The training experience must be sufficiently salient to induce plasticity. |
| 8. Age Matters | Training-induced plasticity occurs more readily in younger brains. |
| 9. Transference | Plasticity in response to one training experience can enhance the acquisition of similar behaviors. |
| 10. Interference | Plasticity in response to one experience can interfere with the acquisition of other behaviors. |

**Kleim & Jones:** *Principles of Plasticity* S227

Obrázek 5: Deset principů neuroplasticity (Kleim & Jones, 2008)

První princip je tzv. **Use It or Lose It.** Pokud se neutrální obvody aktivně neúčastní po delší dobu při provedení určitého úkolu, začínají se zhoršovat (pacient není schopný samostatně jíst, je proto krmen gastrosondou, po určité době můžou mechanismy polykání degradovat kvůli nedostatečnému použití. Následně když je pacient schopen jíst, může déle trvat obnova polykání). Druhý princip je **Use It and Improve It**. Při rehabilitaci konkrétní mozkové funkce může vést k jejímu zlepšení. Používá se zde pohybová terapie CIMT, požívá se například u pacientů po cévní mozkové příhodě, kdy jim nefunguje určitá strana těla. Tato terapie nutí pacienta omezit například paži na nepostižené straně a nutí tak používat postiženou končetinu. Třetím principem je **specifičnost.** Je důležitá při přizpůsobení rehabilitaci tak, aby vyústila v konkrétní obvody (posílení polykání). Další princip je **opakování**, zde si autoři pokládají otázku: „Jak dlouho to bude trvat, než se pacient zlepší?“ Pravdou je, že přesná čísla nejsou zatím k dispozici, ale ze studií a výzkumů vyplývá, že je zapotřebí desítky tisíc opakování určitých činností. Pátým principem je **intenzita**, zde si autoři také pokládají otázky z hlediska správné intenzity: „Jaká je správná dávka terapie?“ „Kolik opakování a jak dlouhé?“ Výzkum však ukázal, že čím větší intenzita, tím je větší pravděpodobnost, že člověk dosáhne lepších výsledků.

Šestým principem je **doba/čas.** Tento princip předpokládá, že se chce mozek po zranění co nejrychleji zotavit. Proto je velice poskytnout příležitost pro zotavení co nejdříve. Sedmým principem je **kvalita**. Je velice důležité, aby byla kvalita cvičení na takové úrovni, aby vyvolala činnost neuroplasticity. Osmým principem je **věk**. Jak je známo, neuroplasticita je u mladších lidí větší než u starších lidí. Jelikož je mozek mladších lidí plastičtější a lépe se přizpůsobuje změnám. Zde je apel na rozdílnost spolupráce u mladších a starších lidí. Předposledním principem je generalizace. Při cvičení jedné dovednosti může dojít ke zlepšení podobných dovedností. Posledním principem je **Interference** (negativní transfer při učení). Pokud se s léčbou začne později, mohou pacienti vykazovat kompenzační chování, tzn. nedostatek dovedností, nahradili špatnou kompenzací. Tím pádem se musí nejdříve začít s „odučením“ a poté se naučit správně provádět určitou dovednost. Cílem tohoto výzkumu bylo poskytnout přehled o některých principech nervové plasticity, které budou užitečné pro klinický výzkum a v konečném důsledku pro léčbu. Výsledky autoři definují tak, že je neuroplasticita základní složkou pro učení jak ve zdravém, tak v poškozeném mozku při fyzické rehabilitaci. Výzkumy zabývající se neuroplasticitou a jejím pozitivním vlivem na poškozený mozek mohou mít přínos a veliký význam pro rehabilitaci (Kleim a Jones, 2008).

Tento výzkum podporuje využití rehabilitačního tréninku jako nástroj k lepší reorganizaci mozku a jeho funkčních výsledků. Těchto deset principů tím pádem lze přenést do praxe a zlepšit tak zotavení u poškozeného mozku. Ovšem je zde problém při optimalizaci rehabilitace, je za potřebí větší pozornosti neurovědců a také pochopení, jak rehabilitace ovlivňuje reakce v mozku. Autoři zdůrazňují, že je důležité naučit se kombinovat rehabilitaci a léčbu, a najít východisko, jak zapojit rehabilitaci do léčby. Do budoucna doporučují, aby se vytvořil experimentální výzkum (kognitivní a motorické poruchy řeči) s určitou skupinou probandů a výpočtovým schématem (Kleim a Jones, 2008).

Dle mého názoru má neuroplasticita obrovský potenciál nejenom v oblasti rehabilitac, ale i sportu. Pokud by pedagogové a trenéři byli více informování o jejích výhodách a použití při sportu (např. využití těchto deseti principů), mohlo by dojít ke zlepšení jejich svěřenců.

## 2.4 EMG

Elektromyografie (EMG) je experimentální vyšetřovací metoda, která pomocí snímání bioelektrických signálů pomáhá sledovat aktivitu kosterního svalstva a jeho nervové řízení. Principem je pozorování elektrických projevů svalové tkáně za pomoci elektrod. Dá se říci, že je to i snímání motorických jednotek a jejich akčních potenciálů okolo elektrody (Krobot & Kolářová 2011; Kolář et al., 2009).

EMG můžeme rozdělit na dva typy. První typ je **jehlová (detekční) EMG**, elektrody jsou situované přímo do svalu (jehlami). Jehlové elektrody mohou snímat a předávat informace pouze o malém množství svalových vláken, je zde veliké množství kontraindikací při této metodě včetně hemofilie či infekce (Kolář et al., 2009; Kadaňka, Bednařík & Voháňka, 1994).

Druhý typ je **povrchová EMG**, to znamená, že jsou elektrody na povrchu těla. Dále budeme požívat zkratku SEMG z anglického Surface - (Poly) - Electro- Myo- Grahpy. Lze jí definovat jako elektronickou, přístrojovou a moderní technologii, která zprostředkovává záznam a rozbor akčních potenciálů kosterních svalů během svalové kontrakce. Pomocí SEGM můžeme posuzovat činnost mnoha kosterních svalů (až 32) a zároveň hodnotit jejich další funkce. Dále zprostředkovává poznatky nejen o jednotlivých pohybových strategiích ale zároveň o funkcích mnoha systémů pohybové periferie a centrálních senzomotorických systémů (Krobot & Kolářová, 2011).

### 2.4.1 PŘENOS SNÍMANÉHO SIGNÁLU

Pomocí různých elektronických přístrojů je signál z elektrod doveden až na obrazovku počítače, kde lze poté získat informace o činnosti svalu. Tato naměřená data se automaticky ukládají do paměti počítače a tím pádem se s nimi může dále pracovat. V dnešní době jsou často používány povrchové elektrody s telemetrickým přenosem signálu, jelikož kabely omezují pohyb v prostoru. Existuje celá řada elektromyografů, které jsou schopny sledovat vícero svalů naráz během pohybu (Kolář et al., 2009).

### 2.4.2 SNÍMANÝ SIGNÁL

Naměřený signál je ovlivněn celou řadou faktorů, které Krobot a Kolářová (2011) upravili a následně je rozdělují na faktory vnitřní a vnější.

**Faktory vnitřní**:

Jedná se o faktory biochemické, fyziologické a anatomické. Počet aktivních motorických jednotek napomáhá při kontrakci svalu a tím pádem se podílejí na amplitudě signálu. Dalším faktorem je složení vlákna svalu, které stanovuje změnu Ph intersticiální tekutiny v průběhu kontrakce. Prokrvení tkáně určuje, jakou rychlostí se v průběhu kontrakce pohybují metabolity. Průměr svalového vlákna má vliv na amplitudu a rychlost řízení akčních potenciálů, které vytvářejí signál. Umístění a hloubka aktivních svalových vláken ovlivňuje profil naměřeného signálu. Dalším faktorem je filtrace signálu. Toto je závislé na četnosti tkáně mezi elektrodou a povrchem svalu. Dále jsou to iontové toky a depolarizační zóny přes membránu. Cross talk znamená, že okolní svaly ovlivňují záznam signálu měřeného svalu. Dalšími faktory jsou diferenciální konfigurace elektory, detekční objem elektrody a pozice a rychlost akčních potenciálů, které tvoří signál (De Luca, 1997).

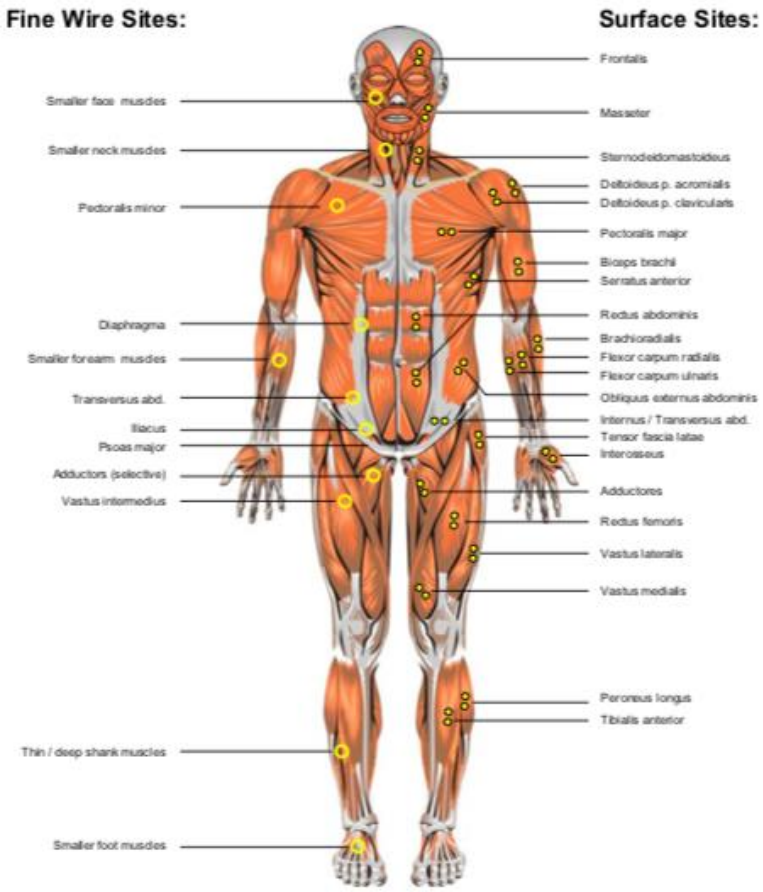
**Faktory vnější:**

Tyto faktory můžeme svým konáním ovlivnit. Pro co nejkvalitnější EMG signál je důležité správné umístění elektrod na konkrétním svalu (Krobot & Kolářová, 2011).

### 2.4.3 UMÍSTĚNÍ ELEKTROD

Velice důležité při měření EMG signálu je umístění elektrod. Při měření EMG signálu se nejběžněji využívá bipolární metoda. Při této metodě se používají dvě elektrody, které se umístí souběžně na svalové bříško ve směru vláken svalu, neměly by být umístěny v místě motorického bodu, úponu šlachy a na okraji svalu.

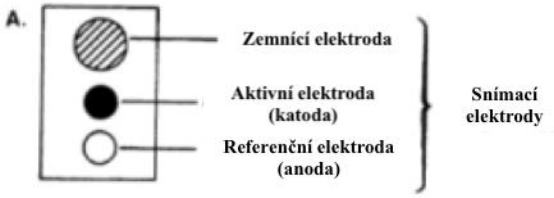
Projekt SENIAM popisuje, že je vzdálenost mezi dvěma bipolárními elektrodami 20 mm. Třetí elektroda je umístěna, na co nejvíce elektricky inaktivní oblast (klouby). Na druhé straně, lze použít i metodu mopolární, při které se požívá jedna elektroda umístěná nad svalem a zemnící elektroda. Při monopolární metodě může dojít k měření více svalů tzv. cross talk (Stegeman & Hermens, 2007; Krobot & Kolářová, 2011).




Obrázek 6: Místa pro uložení elektrod, pohled zepředu (Konrad, 2005)

Latash (2008) doplňuje, že můžeme použít elektrody o průměru 1 až 20 mm ve vzdálenosti 5 až 50 mm, musíme si však dávat pozor, aby elektrody nezaznamenávaly i okolní svaly. Malé elektrody lze použít například na svaly obličeje, velké elektrody lze použít například na velké posturální svaly.

Oh (2002) uvádí, že velké množství elektromyografů má katodu jako aktivní elektrodu a anodu jako referenční elektrodu. Dodává, že zemnící elektroda je nepostradatelnou součástí tohoto celku.



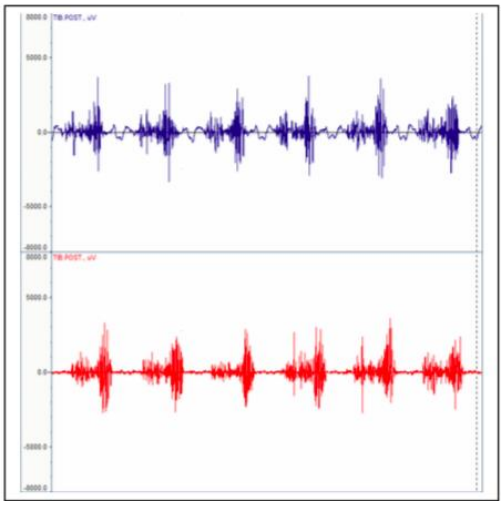

Obrázek 7: Označení elektrod (Oh, 2002)

Keller (1999) dodává, že aktivní elektroda se umisťuje do bodu, kde se bude snímat. Referenční elektroda je popsána jako druhý vstup zesilovače. V blízkosti těchto elektrod je nutné umístit zemnící elektrodu, která je také připojena k přístroji, Přičemž zemnící elektroda může být buď pásková, nebo disková s větší kontaktní plochou. Je velice důležité, aby byly elektrody čisté s hladkým povrchem.

Další faktor je pečlivé očištění pokožky před aplikací elektrod. Provádí se to kvůli snížení odporu pokožky a lepšímu přilnutí elektrod. Lze použít etylalkohol, aceton, tukové rozpouštědlo a další. Dostačující může být i důsledné umytí kůže vodou. Pokud ani po aplikaci těchto látek nedochází ke snížení odporu pokožky, lze na kůži aplikovat jemný smirkový papír, nebo abrazivní pastu. V neposlední řadě se snažíme vyhnout externímu šumu, který může vzniknout při porušení elektromagnetického pole, kvůli jinému přístroji nebo pohybovým artefaktem (Dufek, 1995; Krobot & Kolářová, 2011; Kadaňka Bednařík & Voháňka, 1994).

### 2.4.4 ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

Surový záznam můžeme definovat jako záznam, který je potřeba pokaždé upravit. Nejčastější metoda při úpravě záznamu je frekvenční filtrace, při které je horní propustnost 10-20 Hz a dolní propustnost 500 Hz. Tato metoda má za úkol odstranit nežádoucí signál, který nevzniká ve snímaném svalu, ale vzniká při chůzi, nebo úderem patou o zem, nazýváme ho pohybový artefakt. Ten můžeme ovlivnit nejenom nastavením propustnosti, ale i očištěním pokožky viz výše (Krobot & Kolářová, 2011).



Obrázek 8: Záznam EMG signálu (Kondrad, 2005)

Dále se signál upravuje pomocí rektifikace, při které se negativní hodnoty odstraní, nebo převedou do pozitivních hodnot, například průměr hodnot horní amplitudy. Dalším krokem při úpravě signálu je vyhlazení, kde se užívají algoritmus AVR (average rectified value), jehož výsledek je průměr hodnot v určitém časovém období. Příhodnější algoritmus je RMS (root mean square), který odráží vztah mezi kontrakcí svalu a motorických jednotek a který vyhodnocuje střední kvadratickou hodnotu.

Důležitá je normalizace signálu, jejímž výsledkem je poměr velikosti svalové aktivity, kdy je zachována změna amplitudy v čase. Dále následuje amplitudová analýza, při které se určí průměrná a maximální amplituda, plocha pod křivkou. Dalším krokem je určení frekvenční analýzy, při které se určí průměrná, střední frekvence a poměr přítomnosti frekvence (Krobot & Kolářová, 2011; Kolář et al., 2009).

### 2.4.5 VYŠETŘOVANÉ HODNOTY EMG

Povrchovou elektromyografii lze využít hlavně v oblasti rehabilitace, kdy se hodnotí z hlediska biochemického rozboru motoriky svalová únava, svalová síla vyvinutá svalovou kontrakcí a svalová koordinace. V oblasti sportu jí můžeme využít při hodnocení zručnosti a trénovanosti (Krobot & Kolářová, 2011; Kolář et al., 2009).

## 2.5 IMAGINACE

Pojem imaginace definují Hartl a Hartlová (2010) jako schopnost vytvářet sluchové, zrakové a pohybové představy.

Důvodem, proč je imaginace cenná, je, že lidský mozek není schopen poznat rozdíl mezi zkušenostmi, které jsme doopravdy prožili a zkušenostmi, které jsme si pouze představovali. Jelikož mozek vnímá obě zkušenosti stejně a navíc jsou při nich zapojena naprosto shodná mozková centra, má imaginace nedozírný potenciál (Orlick, 2012).

Člověk má schopnost si představit téměř cokoli. Vybavit si místa, která již neexistují, oblíbené místo, osobu. Je schopný si představit dovednosti, které není v reálném životě schopný vykonat (tanec). Imaginace pohybu je popisována jako kognitivní proces, při kterém si člověk představuje, že provádí pohyb. Ve skutečnosti ho však neprovedl a ani nedošlo k aktivaci svalů (Mulder, 2007).

Šafář a Hřebíčková (2014) popisují, že podmínka tvořivé činnosti je právě imaginace (představivost), která je schopností vytvářet představy. Podstatou imaginace je představa určitého zážitku (pohybu), co nejpřesněji tak, jak jej cítíme nebo prožíváme v reálném životě. Dále má imaginace vliv na motivaci sportovce, dokáže pomoci ke správnému rozhodnutí v situaci, kdy si sportovec představí různé postupy a vybere ten nejvíce efektivní. Tato technika se velice často používá před sportovním výkonem, kdy si sportovec představuje provedení a průběh určitého pohybu a jeho vytoužený výsledek. Slepička, Hošek a Hátlová (2009) doplňují, že trénink imaginace lze použít nejen pro nácvik nových dovedností, ale také pro úpravu a zdokonalení již existujících.

Imaginace také napomáhá zraněnému sportovci při rekonvalescenci, odvádí jeho pozornost od zranění a bolesti a sportovec se soustředí jen na danou pohybovou dovednost. Toto pomáhá sportovci, který není schopen vykonávat pohyb, aby danou pohybovou dovednost procvičoval a nezapomněl.

V některých případech však můžou mít představy negativní efekt, kdy si již uzdravený sportovec představuje, že nebude schopný dosáhnout svého maxima (Morris, Spittle & Watt, 2005).

### 2.5.1 PRINCIP IMAGINACE

Jsme schopní ve svém vědomí udržovat obrazy předmětů, jevů, zatímco nepůsobí na žádný náš smysl. Toto umožňuje psychicky poznávací proces – představivost. Výsledek představivosti je představa. Představy mohou být vzpomínky (v minulosti již působily na naše smysly), nebo fantazie (dočista vymyšlené). Dále jsou představy součástí všech psychických procesů a společně s vjemy a počitky vytvářejí úroveň smyslového poznaní skutečnosti. Živost představ je vyšší hlavně u dětí a umělců, kteří jsou schopni mít představy jasnější a živější. Lze konstatovat, že se představy vybavují za určitým účelem. Základ pro aktivaci upevněných stop je mozková kůra. Asociační zákony jsou vymezeny díky určitým pravidlům během procesu vybavování. (Plecerová & Pužejová, 2016).

### 2.5.2 ASOCIAČNÍ ZÁKONY

Dělení a definice Asociačních zákonů dle Plecerové a Pužejové (2016).

**Primární:**

Zákon dotyku a prostoru v čase (současnost, následnost) popisuje, že představy jsou spojeny se specifickou osobou, místem či událostí. Tyto představy vznikly a obnovují se na témže místě, čase, nebo se stejnou osobou. Ve sportovní praxi to znamená, že se sportovci bude lépe představovat výkon na místě, kde trénuje a dobře ho zná, např. atlet si představuje techniku vrhu koulí na místě, kde techniku obvykle nacvičuje.

Zákon podobnosti a kontrastu popisuje, že se nám vybavují podobné, nebo protikladné zážitky. Příkladem je seznámení s cizím člověkem, který nám třeba držením těla, barvou vlasů připomíná našeho přítele.

**Sekundární:**

Zákon novosti říká, že se nám lépe vybavují nové než staré zážitky. Ve sportovní praxi to znamená, že se sportovcům lépe představují dovednosti z posledního tréninku než dovednosti několik dní staré.

Zákon častosti popisuje, že pokud si pravidelně vybavujeme určité pozitivní nebo negativní zážitky jsou tyto zážitky silnější. Ve sportovní praxi to znamená, čím silnější jsou představy, tím lepší je kvalita imaginačního nácviku.

Zákon živosti popisuje, že se jedná o často vybavované zážitky, které v nás vyvolaly velký emoční zážitek.

### 2.5.3 TYPY IMAGINACE

Imaginaci můžeme dělit na čtyři základní typy, podle smyslů, které jsou aktivní při tvoření představ. Jedná se o čichovou, kinestetickou, sluchovou a vizuální imaginaci. Sportovci nejčastěji využívají kinestetickou a vizuální, ale u různých druhů sportu se využívá auditivní představa, tzn. jiný zvuk tenisového míčku při různých úderech, nebo čichová představa, tzn. vůně sportovní výstroje (Weinberg & Gould, 2019).

Mahoney a Avener (1977) rozdělují představu na externí (vnější) a interní (vnitřní). Během externí představy vnímá osoba sebe z pohledu externího pozorovatele. Na druhé straně během interní představy si osoba představuje samu sebe uvnitř svého těla a prožívá pocity, které by mohli být přítomny během reálné situace. Weinberg a Gould (2019) doplňují, že externí představa má lepší efektivitu na sporty, kde se výkon odvíjí od formy jedince. Naopak interní představa je lepší pro sporty, které jsou v proměnlivém prostředí za účasti percepce a anticipace.

Mulder (2007) tyto dva typy imaginace nazývá kinestetická, což znamená pohled první osoby a vizuální, což znamená pohled třetí osoby. Dále uvádí, že kinestetická představa má lepší vliv na motorické učení než vizuální.

Imaginaci dále můžeme dělit na pozitivní a negativní, přičemž pozitivní imaginaci si sportovec představuje zejména v předzávodním období a během tréninku. Ku příkladu si sportovec představuje hezká místa a věci. Na druhé straně negativní imaginace je často v během soutěže, kdy si sportovec představuje, jak špatně odpálí míček, a nakonec ho špatně odpálí (Weinberg & Gould, 2019).

### 2.5.4 IMAGINACE A SPORT

Dle mého názoru má ideomotorický trénink obrovský potenciál a celou řadu výhod. Každý sportovec je schopný ho využívat skoro neustále, pomáhá mu k vylepšení jeho výkonu.

Imaginaci můžeme provádět téměř kdykoli – před a po soutěži, tréninku. Dále během soutěže, přípravy, pauz při tréninku, v osobním životě a navíc i při rekonvalescenci (Weinberg & Gould, 2019).

Existují velké rozdíly ve schopnostech imaginace, dokonce i mezi elitními sportovci. Čím častěji sportovec používá imaginaci, tím lepší v ní pak je. Je důležité znát úroveň

imaginativních dovedností jedince. Právě úroveň těchto dovedností nám může pomoci snížit nedostatek koncentrace, pocitu ztrapnění nebo dokonce přetransformovat fyzickou aktivitu, kterou ovládáme do efektivní imaginace. Sportovci, kteří se mohou během stresových situacích a při pocitech úzkosti spolehnout na imaginaci, nebo si sebe představují jako mentálně odolného jedince, mají vyšší sebevědomí. Sebevědomí představuje důležitý kognitivní determinant sportovního výkonu nejen pro hráče, ale i pro trenéry, je třeba tento determinant podporovat. Na druhé straně to může být i kontraproduktivní u sportovců, kteří neprožívají stavy úzkosti a nejsou schopni si představovat pozitivní věci (Mousavi & Meshkini, 2011).

Mentální trénink má za úkol vytvoření pohybových představ dané aktivity bez jejího provedení, ale na její adekvátní úrovni. Cílem tohoto tréninku je podnícení pozitivního myšlení a představa našeho úspěchu. Dle výzkumů bylo prokázáno, že existuje vztah mezi představami a mikrokontrakcí daných svalů. Na druhé straně imaginace nemůže přebrat funkci fyzického tréninku (Stackeová, 2011, Weinberg & Gould, 2019).

### 2.5.5 TESTOVÁNÍ IMAGINACE

Kavková a Vičar (2014) tvrdí, že je několik metod testování imaginace, ovšem jejich problém je, že jsou pouze součástí širšího celku zjišťování duševních vlastností člověka. Dále je nemůžeme požívat tak často ve sportu, jelikož se zaměřují jen na určitou složku imaginace (např. vizuální) a tím pádem je nemůžeme využít ve sportovní praxi. Trenéři a psychologové mohou použít dotazník, který je navržen přímo pro sportovní aktivitu.

Jelikož ve své výzkumné části pracuji pouze s modifikovaným dotazníkem VMIQ-2, podrobně ho zde popíši a další dotazníky pouze vyjmenuji dle Kavkové a Vičara (2014):

1. *Movement Imagery Questionnaire* (MIQ, Hall & Martin, 1997).
2. *Sport Imagery Questionnaire (SIQ, Hall, Stevens, & Paivio, 2005)*
3. *Sport Imagery Ability Measure (SIAM, Watt, Morris, & Andersen, 2004)*
4. *Vividness Movement Imagery Questionnaire* (VMIQ-2, Roberts et al., 2008). Český název je Dotazník živosti pohybové imaginace. Tento dotazník je předělanou verzí VMIQ (Isaac, Marks Russell, 1986). Obsahuje 12 pohybových úkolů (např. běh z kopce). Úkolem testovaného jedince je představit si daný úkol pomocí externí a interní vizuální imaginace a kinestetické imaginace. Cílem toho dotazníku je zjistit, jak moc je reálná každá z těchto představ, poté se výsledky zaznamenávají na pětibodové stupnici od 1 do 5.

Čím menší skóre, tím lepší je představa daného úkolu (Kavková & Vičar, 2014). Tito dva autoři jako jediní přeložili tento dotazník do českého jazyka.

### 2.5.6 ZRCADLOVÉ NEURONY

Tyto specifické buňky byly poprvé nalezeny v premotorické kůře u opic makaků. Jsou to velice zvláštní nervové buňky, které mají jak motorické, tak senzitivní vlastnosti. Mají důležitou roli při tvorbě představ pohybu a aktivují se při pohybové aktivitě jedince, ale i při pozorování dalšího jedince. V dalších studiích se vědci zabývali, zda je možný výskyt zrcadlových neuronů u lidí, kdy využili neinvazivní zobrazovací metody (EEG, TMS a fMRI) a poté došli k závěru, že zrcadlové neurony mohou mít velkou roli při imitaci, empatii a osvojování jazyka (Di Pellegrino, Fadiga, Foagassi, Galesse & Rizzolatti, 1992; Ramachandran, 2013).

# 3 METODOLOGICKÁ ČÁST

## 3.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Výzkumný soubor tvořilo 25 osob (11 žen a 14 mužů) ve věku 20-26 let. Soubor tvořili studenti Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni, přičemž se jednalo o studenty studijních oborů: Tělesná výchova a sport, Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání a navazující magisterský obor Pedagogika pohybové prevence. Testované osoby se zúčastnily výzkumu dobrovolně, nebylo zde přítomno žádné omezení. Jejich průměrná váha, výška a věk jsou zobrazeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Výzkumný soubor

| | | Váha (kg) | Výška (cm) | Věk |
|---|---|---|---|---|
| **N** | **25 (100%)** | **71,24** | **174,28** | **22,88** |
| *Muži* | *56%* | *78,43* | *179,5* | *22,07* |
| *Ženy* | *44%* | *62,09* | *167,63* | *23,9* |

## 3.2 ODEBRÁNÍ OSOBNÍ ANAMNÉZY

Před vlastním měřením byla probandům odebrána osobní anamnéza: jméno, pohlaví, váha, výška a věk. Tyto informace byly zaznamenány do záznamového archu, který sloužil pouze pro potřeby měření (viz příloha 1).

## 3.3 TECHNICKÉ VYBAVENÍ

V diplomové práci byl použit přístroj od firmy ADInstrument Bio Amp FE132 (viz obrázek 9). Tento přístroj je izolován a obsahuje zesilovač s nastavením filtru a tím pádem je optimální pro měření EMG signálu dále odpovídá standartu IEC6011. Přístroj disponuje softwarem LabChart a zaznamenává časovou řadu svalového podráždění pomocí měření akčních potenciálů. K přístroji je připojen jeden kabel, který se skládá ze tří vodičových kabelů, na kterých jsou připojeny tři elektrody. Výrobce přístroje uvádí, že barvy elektrod jsou libovolné, jelikož je systém PowerLab určený pro všeobecné použití. Ke snímání signálu byly použity oválné, jednorázové, samolepící elektrody Kendall – ECG o průměru 35 mm.

Obrázek 9: ADInstrument Bio Amp FE132

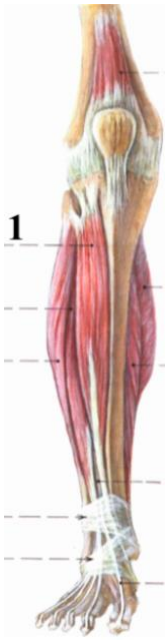
## 3.4 POSTUP TESTOVÁNÍ

Testování probíhalo od prosince 2019 do února 2020 v laboratoři nacházející se ve druhém patře Centra tělesné výchovy a sportu Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni, jelikož zde byly zajištěny vhodné podmínky pro výzkum. Teplota v místnosti byla 23℃. Testované osoby se účastnily měření v laboratoři jednotlivě. Pro testované osoby byla připravena Fleishmanova kladinka a pohovka, pro examinátora byl připravený počítač, který zaznamenával svalové podráždění jednotlivých testovaných osob. Před samotným testováním byl testovaným osobám popsán účel výzkumu a byly slovně i názornou ukázkou examinátora vysvětleny a předvedeny jednotlivé testovací pozice. Následně byly aplikovány povrchové elektrody na levou dolní končetinu a poté proběhla kalibrace přístroje na individuální nulu.

Obrázek 10: Testovací prostředí

## 3.5 APLIKACE ELEKTROD

K testování byl vybrán *Musculus tibialis anterior* označen číslicí 1 (viz obrázek 11). Tento sval začíná na dvou třetinách boční strany plochy tibie a přilehlé části membrána interossea. Upíná se na plantární cuneiforme mediale a bazi 1. metatarsu. Na úponu šlachy bývá mezi ní a skeletním podkladem malá *bursa subtendinea musculi tibialis anterioris.* Hlavní funkcí tohoto svalu je dorzální flexe a supinace nohy. Spoluúčastní se na inverzi nohy a pomáhá udržovat podélnou klenbu nohy. Během klidného stoje není zpravidla aktivován (Čihák, 2011).




Obrázek 11: Tibialis anterior (Čihák, 2011)

Testovaný sval levé dolní končetiny byl nejdříve ozřejměn palpací při izometrické kontrakci a poté bylo místo, kde byly uloženy elektrody, omyto vodou a osušeno. Umístění elektrod bylo určeno dle Konrada (2005) zřetelně vyznačeno na obrázku 6. Dvě elektrody byly umístěny na střed svalového bříška souběžně s průběhem svalových vláken, dle projektu SENIAM (Stegeman & Hermens, 2007) byla vzdálenost mezi těmito elektrodami 2 cm. Zemnící elektroda byla umístěna na drsnatině tibie.

Obrázek 12: Umístění elektrod

## 3.6 PRŮBĚH TESTOVÁNÍ

Před testováním byly odstraněny rušivé elementy z vnějšího prostředí, testovaným osobám byl popsán účel výzkumu. Poté byly slovně vysvětleny jednotlivé testovací metody. Testovaná osoba již s nalepenými elektrodami provedla modifikovaný test statistické rovnováhy, tzn. výdrž na jedné noze na Fleishmanově kladince. Podrobný popis tohoto testu je popsán v kapitole 2.2.5 Testování statické rovnováhy. Tento test byl vybrán na základě své jednoduchosti, neobsahuje žádný senzorický vjem, kromě prostředí, který by rozptyloval testovaného. Testovaná osoba se postavila rovnoběžně levou bosou dolní končetinou na kladinku. Špička druhé dolní končetiny se opírala o zem, oči byly otevřené, ruce upažené. Poté tetovaná osoba zaujala rovnovážný postoj na kladince a dala examinátorovi slovní pokyn, aby začal měřit pokus. Byl možný pouze jeden pokus, který trval maximálně šedesát vteřin.

Obrázek 13: Modifikovaný test statické rovnováhy

Po ukončení tohoto testu se testovaná osoba usadila pohodlně na pohovku, zavřela oči a provedla relaxaci po dobu deseti vteřin a následně si po dobu třiceti vteřin představovala, jak provádí tento modifikovaný test. Po ukončení měření byly elektrody testované osobě opatrně odstraněny. Naměřený EMG signál byl zpracován pomocí programu LabChart, kdy byla nejdříve naměřena hodnota modifikovaného testu, poté relaxace a nakonec imaginace provedení modifikovaného testu.

Obrázek 14: Průběh relaxace a imaginace

## 3.7 POUŽITÉ STATISTICKÉ METODY

Získaná číselná data byla pro další parametry interpretována pomocí průměru, směrodatné odchylky a maxima-minima do programu Microsoft Excel 2016 a ručně přepsána a vložena do tabulek (viz příloha 2).

Pro statistické zpracování dat byl použit program STATISTICA 6.0. Byly použity neparametrické testy, jelikož byl poměrně malý výzkumný vzorek a všechny proměnné neměly normální rozložení, tyto testy počítají s pořadím (Mrkvička & Petrášková, 2006)

Konkrétně byla použita Spearmanova pořadová korelace určující míru závislosti, Wilcoxonův párový test pro porovnání dvou proměnných mezi sebou a Mann – Whitney U test pro porovnání skupiny žen a mužů. Přičemž dotazník živosti pohybové imaginace (VMIQ-2) byl použit pouze jako doprovodná metoda, která měla podpořit, že každá testovaná osoba byla schopna imaginace.

# 4 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

Pro vyhodnocení výsledků celého souboru máme k dispozici získaná data měřením. Pomocí tabulek a grafu jsou objasněny výsledky. Hodnoty EMG jsou zaznamenány v milivoltech – mV. Počáteční hodnotou během měření byla 0. Před měřením každé testované osoby se uskutečnila kalibrace přístroje ADInstrument Bio Amp FE132. Proměnné, které jsme měli k dispozici pro zpracování výsledků, jsou zde i s jejich zkratkami:

**KL_SKUT**…Kladinka skutečný výkon

**KL_REL**…Kladinka relaxace

**KL_ IMAG**…Kladinka imaginace

Spearmanova pořadová korelace ukazuje, jaká je míra závislosti mezi jednotlivými proměnnými. Pokud se Spearmanův koeficient korelace blíží 1, tak je mezi proměnnými závislost. Pokud je Spearmanův koeficient korelace blíže 0, tak závislost mezi proměnnými není (Chráska, 2007).

Tabulka 2: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – průměr hodnot EMG

| Spearman Rank Order Correlations (prumery.sta) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| MD pairwise deleted | | | | |
| | POHLAVÍ | KL_SKUT | KL_REL | KL_IMAG |
| POHLAVÍ | 1 | 0,044699 | 0,223495 | 0,189971 |
| KL_SKUT | 0,044699 | 1 | **0,676154** | **0,666923** |
| KL_REL | 0,223495 | **0,676154** | 1 | **0,95** |
| KL_IMAG | 0,189971 | **0,666923** | **0,95** | 1 |

Z této tabulky vyplývá, že jsou na sobě závislé hodnoty kladinek a pohlaví neovlivnilo výkony a hodnoty průměru EMG křivky.

Tabulka 3: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – věcná významnost

| Spearman Rank Order Correlations ( věcná význ.sta) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| MD pairwise deleted | | | | |
| | POHLAVÍ | KL_SKUT | KL_REL | KL_IMAG |
| POHLAVÍ | 100% | 19,90% | 4,90% | 3,60% |
| KL_SKUT | 19,90% | 100% | **45,70%** | **44,50%** |
| KL_REL | 4,90% | **45,70%** | **100%** | **90,25%** |
| KL_IMAG | 3,60% | **44,50%** | **90,25%** | **100%** |

Věcná významnost se u korelačního koeficientu vyjádří jako koeficient determinace= $r^2$ (vliv faktoru v %) (Thomas & Nelson, 2001).

Z tabulky 3 vyplývá, že existuje věcná významnost 46 % a dalších 54 % jsou námi neznámé intervenující faktory.

Výsledky Spearmanovy pořadové korelace pořadové korelace průměrů hodnot EMG a věcné významnosti potvrdily stanovenou hypotézu $H_0$: *Předpokládáme, že existuje závislost mezi svalovým podrážděním pohybové činnosti a imaginace.* Zároveň jsme získali kladnou odpověď na Výzkumnou otázku: *Existuje závislost mezi svalovým podrážděním prováděného pohybu a pohybové imaginace?*

Dále byl použit Wilcoxonův párový test. Stanovili jsme si hladinu statistické významnosti $\alpha = 0{,}05$ ($\alpha \leq 0{,}05$ ...$p \leq \alpha$) p-level je statistická významnost. Z tabulky vyplývá, že nebyl nalezený statisticky významný rozdíl, což podporuje potvrzení hypotézy $H_0$ a kladnou odpověď na Výzkumnou otázku.

Tabulka 4: Výsledky Wilcoxonova párového test pro porovnání proměnných

| Wilcoxon Matched Pairs Test (prumery.sta) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Valid | | | |
| | N | T | Z | p-level |
| KL_SKUT & KL_REL | 25 | 151 | 0,309429 | **0,756997** |
| **Wilcoxon Matched Pairs Test (prumery.sta)** | | | | |
| | Valid | | | |
| | N | T | Z | p-level |
| KL_SKUT & KL_IMAG | 25 | 159 | 0,094174 | **0,924971** |
| **Wilcoxon Matched Pairs Test (prumery.sta)** | | | | |
| | Valid | | | |
| | N | T | Z | p-level |
| KL_REL & KL_IMAG | 25 | 140 | 0,605406 | **0,544914** |

Tabulka 5: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – velikost změny průběhu EMG křivky v čase

| Spearman Rank Order Correlations | | | (vel.změny průběhu EMG křivky v čase.sta) | |
|---|---|---|---|---|
| MD pairwise deleted | | | | |
| | POHLAVÍ | KL_SKUT | KL_REL | KL_IMAG |
| POHLAVÍ | 1,00 | -0,09 | **-0,44** | **-0,54** |
| KL_SKUT | -0,09 | 1,00 | 0,53 | 0,50 |
| KL_REL | -0,44 | 0,53 | 1,00 | 0,86 |
| KL_IMAG | -0,54 | 0,50 | 0,86 | 1,00 |

Z tabulky 5 vyplývá, že mezi pohlavím a skutečným výkonem na kladince není žádná závislost. Avšak pohlaví testovaných osob ovlivnilo velikost změny průběhu EMG křivky (rozkmit) v čase u hodnot kladinka – relaxace a kladinka – imaginace. To znamená, že jakmile se přestal provádět pohyb, tak došlo ke změně velikosti rozkmitu EMG křivky u žen a mužů. Proto byl dále zvolen Mann – Whitney U test, který porovnává skupinu mužů a skupinu žen mezi sebou.

Tabulka 6: Výsledky Mann – Whitney U test

| Mann-Whitney U Test (vel.změny průběhu EMG křivky v čase.sta) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| By variable POHLAVÍ | | | | | |
| Group 1: 1 Group 2: 2 | | | | | |
| | Rank Sum | Rank Sum | | | |
| | Group 1 | Group 2 | U | Z | p-level |
| KL_SKUT | 190,00 | 135,00 | 69,00 | 0,44 | **0,66** |
| KL_REL | 221,00 | 104,00 | 38,00 | 2,14 | **0,03** |
| KL_IMAG | 230,00 | 95,00 | 29,00 | 2,63 | **0,01** |

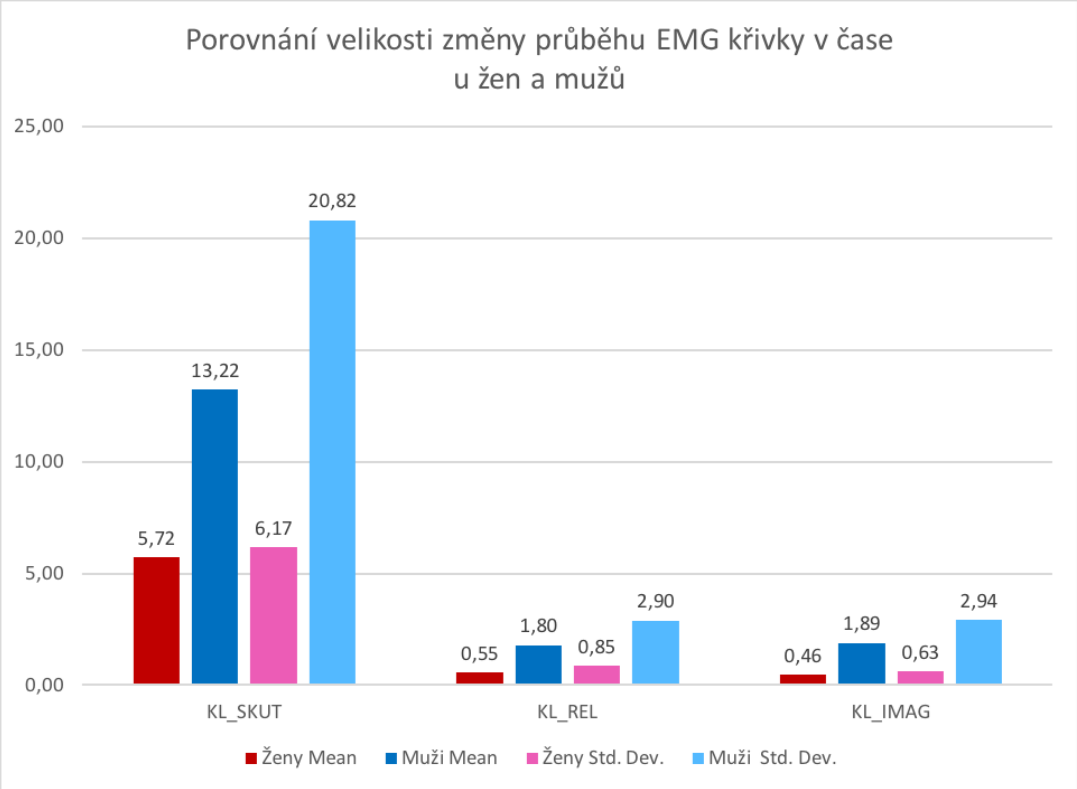
Zatímco u průměrů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl u většiny změn velikosti průběhu EMG křivky (rozkmitu) v čase, byly nalezeny rozdíly mezi skupinou mužů a skupinou žen. Statistická významnost závislosti byla stanovena na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, z tohoto vyplývá, že kromě skutečného výkonu na kladince, jsou velmi významné rozdíly ve velikosti změny průběhu EMG křivky (rozkmitu) v čase u hodnot kladinka – relaxace (p-level=0,03) a kladina – imaginace (p-level=0,01) to znamená, že tyto hodnoty mají větší velikost změny průběhu EMG křivky v čase mezi skupinou mužů a skupinou žen.

Tabulka 7: Deskriptivní statistika – velikost změny průběhu EMG křivky v čase celý soubor

| Descriptive Statistics (vel.změny průběhu EMG křivky v čase.sta) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | mean | valid N | median | std.dev. | variance |
| POHLAVÍ | 1,44 | 25,00 | 1,00 | 0,51 | 0,26 |
| KL_SKUT | 9,92 | 25,00 | 4,18 | 16,28 | 265,02 |
| KL_REL | 1,25 | 25,00 | 0,39 | 2,29 | 5,24 |
| KL_IMAG | 1,26 | 25,00 | 0,38 | 2,32 | 5,37 |

Tabulka 8: Deskriptivní statistika – porovnání velikosti změny průběhu EMG křivky v čase u žen a mužů

| Descriptive Statistics (vel.změny průběhu EMG křivky v čase.sta) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Ženy Mean | Muži Mean | Ženy Std. Dev. | Muži Std. Dev. |
| KL_SKUT | 5,72 | 13,22 | 6,17 | 20,82 |
| KL_REL | 0,55 | 1,80 | 0,85 | 2,90 |
| KL_IMAG | 0,46 | 1,89 | 0,63 | 2,94 |




Graf 1: Porovnání velikosti změny průběhu EMG křivky v čase u žen a mužů

Při porovnání velikosti změny průběhu EMG křivky v čase bylo zjištěno, že muži mají větší velikost změny průběhu EMG křivky v čase než ženy.

# 5 DISKUZE

Na úvod diskuze je důležité zmínit, že výzkumný soubor nebyl tvořen reprezentativním vzorkem. Výběr testovaných osob byl vybrán na základě dostupnosti a dobrovolnosti (Hendl, 2004). Z tohoto důvodu získané výsledky nejsou směrodatné a nelze je aplikovat na celou populaci, v opačném případě by bylo nutné rozšířit a prohloubit výzkum statisticky významného počtu populace včetně různých věkových skupin. Výzkum probíhal v prostorách Centra tělesné výchovy a sportu Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni, přičemž se jednalo o studenty studijních programů Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání, Tělesná výchova a sport a Pedagogika pohybové prevence ve věku 20-26 let.

Dále je důležité podotknout, že i přes snahu vyloučit rušivé elementy nelze vyloučit ovlivnění měření některými vnějšími a vnitřními faktory jako je psychický stav, emocionální zátěž testovaných osob a vliv rušivých elementů prostředí (náhlý hluk). Získání výsledků měření proběhlo standartní formou, tzn. každá testovaná osoba absolvovala tři měření, z nichž byla získána EMG křivka zpracována a vyhodnocena v kapitole 4. Interpretace výsledků.

Z výsledků Spearmanovy pořadové korelace průměrů hodnot EMG a věcné významnosti 46 % vyplynulo, že byly na sobě závislé hodnoty kladinek a že pohlaví nijak neovlivnilo výkony a hodnoty průměru EMG křivky. Tím se nám potvrdila stanovená hypotéza $H_0$: *Předpokládáme, že existuje závislost mezi svalovým podrážděním pohybové činnosti a imaginace*, jelikož průměrná hodnota svalového podráždění byla stejná, ale velikost změny svalového podráždění v průběhu jednotlivých měření bylo rozdílné. Zároveň jsme získali kladnou odpověď na Výzkumnou otázku: *Existuje závislost mezi svalovým podrážděním prováděného pohybu a pohybové imaginace?* U Wilcoxonova párového testu byla stanovena hladina statistické významnosti $\alpha = 0{,}05$. Výsledky tohoto testu podporují potvrzení hypotézy $H_0$ a kladnou odpověď na Výzkumnou otázku, jelikož nebyl u proměnných nalezený statisticky významný rozdíl. Dále byla použita Spearmanova pořadová korelace pro zjištění velikosti změny průběhu EMG křivky v čase. Na základě výsledků bylo zjištěno, že pohlaví testovaných osob ovlivnilo velikost změny průběhu EMG křivky v čase u hodnot kladinka – relaxace a kladinka-imaginace. Z toho vyplývá, že pokud se přestal provádět pohyb změnila se velikost změny průběhu EMG křivky v čase u žen a mužů. Pro porovnání skupin žen a mužů byl použit Mann-Whitney U test se stanovenou hladinou významnosti $\alpha = 0{,}05$.

Na základě výsledků lze konstatovat, že byly nalezeny významné rozdíly ve velikosti změny průběhu EMG křivky v čase u hodnot kladinka – relaxace a kladina – imaginace mezi skupinou mužů a skupinou žen. Z tohoto důvodu jsme použili Deskriptivní statistiku pro porovnání velikosti těchto změn (viz graf 1). Výsledkem je, že u mužů je větší velikost změny průběhu EMG křivky v čase než u žen.

Ze zpracovaných dat vyplynulo zajímavé zjištění, že existuje rozdíl ve velikosti změny průběhu EMG křivky v čase mezi ženami a muži. Pro prověření této skutečnosti nebyl nalezen žádný zdroj, který by se touto problematikou zabýval. K této skutečnosti si dovoluji vyslovit názor, zda tento rozdíl není způsoben historickým vývojem a genetickou výbavou jednotlivých pohlaví. Kdy role muže historicky spočívala v lovu a boji a ženy se naopak zaobíraly sběrem a starostí o rod. Muži pro lov a boj potřebovali okamžitou reakci svalu a tím pádem byla reakce svalu rychlejší, což může ovlivnit velikost změny průběhu EMG křivky v čase, u žen bylo zatížení svalu pozvolné. Bylo by zajímavé se touto problematikou zabývat podrobněji a do větší hloubky.

# 6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit jaký je vztah svalového podráždění při provedené pohybové dovednosti a při její imaginaci. Zde zastávám názor, že je schopnost latentní a lze ji testovat přes určitou dovednost.

V rámci výzkumu bylo otestováno 25 studentů Centra tělesné výchovy a sportu. Testované osoby nejdříve podstoupily odběr osobní anamnézy a poté absolvovaly modifikovaný test statické rovnováhy a následně provedly relaxaci a imaginaci modifikovaného testu. Pomocí povrchové elektromyografie byly zaznamenány hodnoty a následně byly zpracovány a porovnány.

Byly porovnány hodnoty kladinka-skutečný výkon, kladinka-relaxace a kladinka-imaginace. Na základě získaných dat a jejich statistického zpracování byla potvrzena stanovená hypotéza $H_0$*: Předpokládáme, že existuje závislost mezi svalovým podrážděním pohybové činnosti a imaginace.* Zároveň jsme získali kladnou odpověď na Výzkumnou otázku: *Existuje závislost mezi svalovým podrážděním prováděného pohybu a pohybové imaginace?* Lze konstatovat, že má imaginace pro člověka velký význam. Cíleným rozvojem imaginace by mohlo dojít ke zlepšení zdravotního stavu člověka a také zlepšení sportovního výkonu. Dalším zajímavým zjištěním této práce byl velký rozdíl ve velikosti změny průběhu EMG křivky v čase mezi ženami a muži. Muži měli větší velikost změny průběhu EMG křivky v čase než ženy. Lze předpokládat, že imaginace přímo souvisí se sportovní aktivitou člověka a vědomé trénování imaginace může ovlivnit sportovní výkon.

Cíl a úkoly práce byly splněny. Výsledky tohoto výzkumu, lze využít v rámci rehabilitace nejenom sportovců po zranění a úrazech s využíváním zlepšení neuroplasticity mozku podrobně popsáno v kapitole 2.3. Dále se mohou výsledky výzkumu použít během předzápasové a závěrečné přípravy na sportovní výkon. Tímto výzkumem jsem si prohloubila své znalosti týkající se této problematiky a bylo by zajímavé pro další výzkum porovnat amatérské sportovce s profesionálními sportovci a nesportovci v kombinaci různých věkových kategorií a pohlaví například do 30 let, 30-50 let, 50 let a více, aby se ověřilo, zda hypotéza této práce platí bez rozdílu pro všechny tyto námi navrhované kategorie.

# 7 RESUMÉ

Diplomová práce je zaměřena na zjištění existence vztahu mezi svalovým podrážděním při pohybu a při následné imaginaci. Výzkumný soubor tvořilo 25 studentů Centra tělesné výchovy a sportu ve věku 20-26 let. Testovaným osobám byla aktivita svalu měřena pomocí povrchové EMG při modifikovaném testu statické rovnováhy následně při relaxaci a poté při imaginaci tohoto testu. Byly porovnány hodnoty kladinka-skutečný výkon, kladinka-relaxace a kladinka imaginace. Výsledky ukázaly, že hodnoty kladinek jsou na sobě závislé a pohlaví nemá na tyto hodnoty žádný vliv. Pohlaví má naopak vliv na velikost změny průběhu EMG křivky v čase s výsledkem, že muži mají větší hodnotu velikosti změny průběhu EMG křivky v čase než ženy.

.

# 8 SUMMARY

This Diploma Thesis focuses primarily on the relationship between muscles in motion stimulations followed by muscle imagination. This data was collected from a study group contain of 25 students of the Center for Physical Education and Sport in the age of 20-26.Test subjects were exposed to various muscle timulation and data then collected by using EMG screening. The test subjects were actively measured by surface EMG in a modified static balance at relaxation and in the imagination of this test. Collected data was compared between beam- real performance, beam- relaxation and beam- imagination of EMG. Results showed that all the beam values are independent on one each other and gender has no influence on test results from this test. Where gender has influenced test results were data collected from the EMG graph in relation to time, with the result that men have greater value changes over the EMG curve over time than women.

# 9 SEZNAM LITERATURY


Ambler, Z. (2011). *Základy neurologie* (7. vyd). Praha: Galén.

Bursová, M., & Votík, J. (1996). *Přehled metod stimulace motorických schopností* (2. vyd). Plzeň: Západočeská univerzita. Pedagogická fakulta.

Bursová, M., & Rubáš, K. (2001). *Základy teorie tělesných cvičení*. Plzeň: Západočeská univerzita.

Bursová, M. (2005). *Kompenzační cvičení: uvolňovací, protahovací, posilovací*. Praha: Grada.

Burton, A. W., & Miller, D. E. (1998). *Movement skill assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Čihák, R. (2011). *Anatomie I. Třetí, upravené a doplněné vydání.* Praha: Grada

De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, *13*(2), 135-163.

Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). *Understanding motor events: a neurophysiological study. Experimental Brain Research*, 91(1), 176–180.

Dufek, J. (1995). *Elektromyografie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

Dylevský, I. (2009). *Kineziologie: základy strukturální kineziologie*. Praha: Triton.

Friedlová, K. (2007). *Bazální stimulace v základní ošetřovatelské péči* (1. vydání). Praha: Grada

Gajda, V., & Fojtík, I. (2008). *Úvod do kinantropologie: semináře*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě.

Grafton, S. T., & Hamilton, A. F. (2007). Evidence for a distributed hierarchy of action representation in the brain. *Human movement science*, *26*(4), 590–616.

Hartl, P., Hartlová, H. 2010. *Velký psychologický slovník*. Praha: Portál.

Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.

Choutka, M., & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink* (2. rozš. vyd). Praha: Olympia.

Chráska, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu.* Praha: Grada.

Chytráčková, J., & Čelikovský, S. (1990). *Studium vybraných prvků a jejich vazeb v projevech obratnostního charakteru.* Praha: Univerzita Karlova.

Kadaňka, Z., Bednařík, J., & Voháňka, S. (1994). *Praktická elektromyografie: Určeno pro postgrad. vzdělávání lékařů*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

Kavková, V., & Vičar, M. (2014*). Příručka pro využití imaginace pro sportovní psychology a trenéry: dotazník živosti pohybové imaginace (VMIQ-2).* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Keller, O. (1999). *Obecná elektromyografie: fyziologické základy a elektrofyziologická vyšetření se zvláštním zřetelem k rozboru potenciálů motorické jednotky.* Praha: Triton.

Kiehn, O., & Dougherty, K. (2013). Locomotion: Circuits and physiology. In *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical* (pp. 1209-1236). Springer.

Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *51*(1), S225-S239.

Kolář, P. et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.

Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological electromyography.* Retrieved 13. 3. 2020 from: http://www.pthomegroup.com/sites/default/files/my%20liberary/The%20ABC%20of%20EMG.pdf.

Koukolík, F. (2000). *Lidský mozek: funkční systémy: normy a poruchy*. Praha: Portál.

Králíček, P. (2002). *Úvod do speciální neurofyziologie* (2. vyd). Praha: Karolinum.

Králíček, P. (2011). *Úvod do speciální neurofyziologie* (3. přeprac. a rozš. vyd). Praha: Galén.

Krobot, A., & Kolářová B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Latash, M. L. (2008). *Neurophysiological Basis of Movemen*t (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Lebeer, J. (1998) *How much brain does a mind need*? Scientific, clinical, and educational implications of ecological plasticity. Developmental Medicine & Child Neurology, 40(5), 352–357.

Lerner, R. M. (1984). *On the nature of human plasticity.* Cambridge: New York.

Mahoney, M. J., & Avener, M. (1977). Psychology of the elite athlete: An exploratory study. *Cognitive Therapy and Research,* 1(2), 135–141.

Měkota, K. (1983). *Kapitoly z antropomotoriky I: lidský pohyb, motorika člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého.

Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti - činnosti - výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti.* Olomouc: Univerzita Palackého.

Mrkvička, T., & Petrášková, V. (2006). *Úvod do statistiky.* České Budějovice: Jihočeská univerzita.

Morris, T., Spittle, M., & Watt, A. P. (2005). *Imagery in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Mousavi, S. H. & Meshkini, A. (2011). The Effect of mental imagery upon the reduction of anxiety during sport performance. I*nternational Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1(3), 342-345.

Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission,* 114(10), 1265–1278.

Neuman, J. (2003). *Cvičení a testy obratnosti, vytrvalosti a síly.* Praha: Portál.

Oh, S. J. (2002). *Clinical electromyography: nerve conduction studies.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

Opatřilová, D. (2010). *Pedagogická intervence v raném a předškolním věku u jedinců s mozkovou obrnou* (2., přeprac. a rozš. vyd). Brno: Masarykova univerzita.

Orel, M., & Facová, V. (2009). *Člověk, jeho mozek a svět*. Praha: Grada.

Orlick, T. (2012). *Na cestě k vítězství: jak vítězit ve sportu i v životě pomocí mentálního tréninku*. Brno: CPress.

Orth, H. (2009). *Dítě ve Vojtově terapii příručka pro praxi*. České Budějovice: Kopp.

Pavlík, J., Zvonař, M., & Vespalec, T. (2014). *Vybrané kapitoly z antropomotoriky: pro doktorské studium kinantropologie.* Brno: Masarykova univerzita.

Plecerová, V., Pužejová, Y. (2016). *Psychologie.* České Budějovice: Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická. Retrieved 30. 3. 2020 from https://publi.cz/books/339/03.html.

Ramachandran, V. S. (2013). *Mozek a jeho tajemství, aneb, Pátrání neurovědců po tom, co nás činí lidmi.* Praha: Dybbuk.

Raskin, S. A. (2011). *Neuroplasticity and rehabilitation*. New York: Guilford Press.

Rokyta, R. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. (1. vyd.) Praha: ISV.

Slepička, P., Hošek, V., & Hátlová, B. (2009). *Psychologie sportu* (Vyd. 2). Praha: Karolinum.

Stackeová, D. (2011). *Relaxační techniky ve sportu: [autogenní trénink, dechová cvičení, svalová relaxace]*. Praha: Grada.

Stegeman, D., & Hermens, H. (2007). Standards for suface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM).

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2014). *Motor learning and performance: from principles to application*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Šafář, M., & Hřebíčková, H. (2014). *Vybrané kapitoly z mentálního tréninku.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Trojan, S. (2005). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka* (3., přeprac. a dopl. vyd). Praha: Grada.

Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4thed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy* (2., rozš. a přeprac. vyd., (V Tritonu 1.). Praha: Triton.

Véle, F. (1995). *Kineziologie postulárního systému*. Praha: Karolinum.

Vyskotová, J., & Macháčková, K. (2013). *Jemná motorika: vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování*. Praha: Grada.

Weinberg, R. S., & Gould, D. (2019). *Foundations of sport and exercise psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zemánková, M. (1996). *Pohyb nad zlato*. Olomouc: Hanex.

# 10 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1: Blokové schéma řízení motoriky (Trojan, 2005) ..... 10
Obrázek 2: Hrubá taxonomie motorických schopností (Měkota & Novosad, 2005) ..... 12
Obrázek 3: Základní koordinační schopnosti dle Hirtze (Měkota & Novosad, 2005) ..... 14
Obrázek 4: Testovaná osoba na Fleishmanově kladince (Neuman, 2003) ..... 17
Obrázek 5: Deset principů neuroplasticity (Kleim & Jones, 2008) ..... 18
Obrázek 6: Místa pro uložení elektrod, pohled zepředu (Konrad, 2005) ..... 22
Obrázek 7: Označení elektrod (Oh, 2002) ..... 23
Obrázek 8: Záznam EMG signálu (Kondrad, 2005) ..... 24
Obrázek 9: ADInstrument Bio Amp FE132 ..... 31
Obrázek 10: Testovací prostředí ..... 31
Obrázek 11: Tibialis anterior (Čihák, 2011) ..... 32
Obrázek 12: Umístění elektrod ..... 33
Obrázek 13: Modifikovaný test statické rovnováhy ..... 34
Obrázek 14: Průběh relaxace a imaginace ..... 35

Tabulka 1: Výzkumný soubor ..... 30
Tabulka 2: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – průměr hodnot EMG ..... 36
Tabulka 3: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – věcná významnost ..... 37
Tabulka 4: Výsledky Wilcoxonova párového test pro porovnání proměnných ..... 37
Tabulka 5: Výsledky Spearmanovy pořadové korelace – velikost změny průběhu EMG křivky v čase ..... 38
Tabulka 6: Výsledky Mann – Whitney U test ..... 38
Tabulka 7: Deskriptivní statistika – velikost změny průběhu EMG křivky v čase celý soubor ..... 39
Tabulka 8: Deskriptivní statistika – porovnání velikosti změny průběhu EMG křivky v čase u žen a mužů ..... 39

Graf 1: Porovnání velikosti změny průběhu EMG křivky v čase u žen a mužů ..... 39

# 11 PŘÍLOHY

## Příloha 1 Záznamový arch

| Jméno | Pohlaví | Váha | Výška | Věk |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

## Příloha 2 Výsledky EMG měření

**y = ženy; x = muži**

| | Kladinka | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kladinka | | | Kladinka - relaxace | | | | Kladinka - imaginace | | |
| | kl_průměr | kl_sd | kl_R. | kl_rel_průměr | kl_rel_sd | kl_rel_R | kl_imag_průměr | kl_imag_sd | kl_imag_R |
| y1 | -0,0729 | 0,1263 | 1,9937 | -0,0198 | 0,0389 | 0,2719 | -0,0085 | 0,0389 | 0,2125 |
| y2 | -0,2729 | 0,3844 | 4,175 | -0,2535 | 0,0747 | 0,375 | -0,2639 | 0,0746 | 0,3844 |
| y3 | -0,0473 | 0,335 | 4,937 | -0,0538 | 0,0696 | 0,3781 | -0,0632 | 0,0665 | 0,3438 |
| y4 | 0,2086 | 0,1767 | 3,2313 | 0,2431 | 0,6744 | 3,0844 | 0,2048 | 0,298 | 2,3281 |
| x1 | 0,188 | 2,8262 | 11,1469 | 0,0827 | 2,7986 | 9,125 | 0,1563 | 2,6983 | 8,6594 |
| x2 | 0,1014 | 0,0919 | 0,5719 | 0,1247 | 0,0568 | 0,3438 | 0,1346 | 0,0771 | 0,4813 |
| x3 | 0,315 | 0,0532 | 0,2437 | 0,1145 | 0,0477 | 0,6188 | 0,1445 | 0,0443 | 0,2219 |
| x4 | 0,1972 | 0,2333 | 2,2375 | 0,1288 | 0,0337 | 0,2219 | 0,1188 | 0,049 | 0,3312 |
| x5 | -0,3499 | 0,329 | 5,0813 | -0,2234 | 0,1042 | 0,5656 | -0,2824 | 0,1152 | 0,7469 |
| y5 | 1,1458 | 0,0948 | 1,9938 | 0,1431 | 0,0224 | 0,1313 | 0,1426 | 0,0224 | 0,1437 |
| y6 | 0,3505 | 0,1555 | 2,3719 | 0,1883 | 0,0499 | 0,2188 | 0,1611 | 0,0494 | 0,2125 |
| x6 | 1,1247 | 2,5178 | 17,5531 | 0,1363 | 0,4965 | 2,1563 | 0,1597 | 0,4525 | 2,0531 |
| x7 | -0,143 | 0,2512 | 4,0313 | 0,1312 | 0,0628 | 0,4375 | 0,1259 | 0,0677 | 0,5375 |
| x8 | 0,1843 | 6,962 | 43,9656 | 0,0522 | 0,3088 | 1,0938 | 0,0331 | 0,3588 | 1,3156 |
| x9 | 0,2135 | 0,2863 | 4 | 0,2664 | 0,0707 | 0,35 | 0,221 | 0,1099 | 0,7063 |
| x10 | -0,1185 | 12,087 | 74,0875 | -0,0559 | 1,9547 | 7,8969 | -0,0944 | 2,1265 | 8,8125 |
| y7 | -0,2552 | 2,0272 | 23,6312 | 0,1686 | 0,1053 | 0,6312 | 0,2345 | 0,0583 | 0,2844 |
| y8 | 0,0095 | 0,2735 | 4,6813 | 0,0174 | 0,0867 | 0,3937 | -0,008 | 0,0865 | 0,3844 |
| y9 | 0,0564 | 1,1295 | 7,6375 | 0,1425 | 0,0201 | 0,1531 | 0,1402 | 0,0203 | 0,1906 |
| y10 | -0,139 | 0,286 | 5,025 | 0,0333 | 0,0335 | 0,2 | 0,0334 | 0,0347 | 0,2344 |
| x11 | 0,1699 | 0,1127 | 1,9281 | 0,1688 | 0,0448 | 0,1906 | 0,1685 | 0,044 | 0,2094 |
| y11 | 0,2415 | 0,1582 | 3,2719 | 0,2828 | 0,0658 | 0,2531 | 0,273 | 0,068 | 0,3281 |
| x12 | 0,0241 | 0,2371 | 3,1594 | -0,1744 | 0,1922 | 0,825 | -0,4201 | 0,2303 | 0,9969 |
| x13 | -0,464 | 0,8372 | 7,2 | -0,349 | 0,1347 | 0,7562 | -0,2636 | 0,1499 | 0,9812 |
| x14 | -0,3132 | 0,7416 | 9,9156 | -0,0371 | 0,1299 | 0,6063 | -0,2319 | 0,0851 | 0,4656 |