

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Karolina Rathová

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

Karolina Rathová

Studijní obor: Fyzioterapie 5342R004

**IMAGINACE FUNKČNÍHO CÍLENÉHO POHYBU HORNÍ
KONČETINY V OBRAZE EMG**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Ryba

PLZEŇ 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne

.....

Karolina Rathová

Abstrakt

Příjmení a jméno: Rathová Karolina

Katedra: Katedra rehabilitačních oborů

Název práce: Imaginace funkčního cíleného pohybu horní končetiny v obraze EMG

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Ryba

Počet stran: 121

Počet stran – číslované: 92

Počet stran – nečíslované: 29

Počet příloh: 5

Počet titulů použité literatury: 51

Klíčová slova: Představa pohybu, m. biceps brachii, povrchová elektromyografie

Souhrn:

Cílem bakalářské práce je zhodnocení představy pohybu na přístroji EMG a její využití v praxi. Práce se zabývá zkoumáním aktivity m. bicepsu brachii při imaginaci a jejích variantách. Pro realizaci praktické části práce byl využíván přístroj Trigno Wireless EMG System a senzory od firmy Delsys. Testovaným pohybem bylo napítí se ze sklenice, dále představa tohoto pohybu, jeho pozorování a sledování tohoto pohybu prováděného 2. končetinou v zrcadle. Z výsledků práce vyplývá, že aktivita sledovaného svalu zobrazená na přístroji EMG při imaginaci je velmi malá a plně nenahradí jiné facilitační techniky. Tato práce slouží zejména jako zdroj informací o neurálních strukturách, které se zapojují nejen při pohybu, ale také při představě, či pozorování pohybu. Při imaginaci se aktivují právě stejná centra jako u reálně provedeného pohybu.

Abstract

Surname and name: Rathová Karolina

Department: Department of rehabilitation

Title of thesis: Conscious functional motion imagery of the upper extremities using EMG

Consultant: Mgr. Lukáš Ryba

Number of pages: 121

Number of pages – numbered: 92

Number of pages – unnumbered: 29

Number of appendices: 5

Number of literature items used: 51

Keywords: Motor imagery, m. biceps brachii, surface electromyography

Summary:

The aim of this bachelor thesis is to evaluate motor imagery of a movement on the EMG device and its use in practice. The thesis focuses on the study of activity of the biceps brachii muscle during motor imagery and pressure variations. The Trigno Wireless EMG System and sensors from Delsys were used for realization of the practical part of this thesis. The movement tested was drinking from a glass, the motor imagery of this movement, its observation and monitoring of this movement performed by the second limb projected in the mirror. The results of the work show that the activity of the monitored muscle displayed on the EMG device during the motor imagery is very low and it does not fully replace other facilitation techniques. This thesis serves mainly as a source of information about neural structures that are involved not only in movement but also in imagining or observing such movement. During the motor imagery, exactly the same centers as in the actual movement are being activated.

Poděkování

Děkuji Mgr. Lukáši Rybovi, vedoucímu bakalářské práce, za odborné vedení práce, poskytování rad, materiálních podkladů a svého volného času při konzultacích. Děkuji Fakultě zdravotnických studií za poskytnutí přístroje EMG a podmínek pro vytvoření mé praktické části. Dále děkuji Matějovi Neubertovi za pomoc při realizaci praktické části práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za pomoc a podporu.

OBSAH

SEZNAM GRAFŮ	12
SEZNAM OBRÁZKŮ	14
SEZNAM TABULEK	15
SEZNAM ZKRATEK	17
ÚVOD.....	18
TEORETICKÁ ČÁST	19
1 NEUROFYZIOLOGIE CENTRÁLNÍ NERVOVÉ SOUSTAVY.....	19
1.1 Spinální mícha	19
1.1.1 Přední rohy míšní	20
1.1.2 Reflexní oblouk	20
1.2 Retikulární formace	20
1.3 Mozkový kmen	20
1.4 Mozeček.....	21
1.4.1 Vestibulární mozeček	22
1.4.2 Spinální mozeček.....	22
1.4.3 Cerebellární mozeček	23
1.5 Thalamus.....	24
1.6 Bazální ganglia	24
1.7 Motorické oblasti mozkové kůry	25
1.7.1 Primární motorická oblast	27
1.7.2 Premotorická korová oblast	28
1.7.3 Zadní parietální oblast – asociační	29
1.7.4 Suplementární motorická oblast	29
1.7.5 Prefrontální korová oblast	29
1.8 Kortikospinální dráha	30
2 CÍLENÝ POHYB	32
2.1 Volní účelová motorika	32
2.2 Centrální systém řízení úmyslných pohybů.....	33
2.3 Nervové struktury zapojené při specifickém pohybu	34
3 PŘEDSTAVA POHBU	36
3.1 Využití představy pohybu a její kontraindikace	37
4 FUNKČNÍ POHYB HORNÍ KONČETINY	38
4.1 Motorická jednotka	38
4.2 Projev činnosti svalu.....	38
4.3 Svalový tonus.....	39

4.4	Svalová kontrakce	39
4.4.1	Koncentrická svalová kontrakce.....	39
4.4.2	Excentrická svalová kontrakce	40
4.5	Svaly horní končetiny	40
4.5.1	Musculus biceps brachii	40
4.6	Role motorického a senzorického systému při pohybech HKK	40
4.6.1	Zrak.....	41
4.7	Porucha funkce horní končetiny	42
4.7.1	Paréza.....	42
4.7.2	Spasticita.....	42
4.7.3	Porucha extrapyramidového systém.....	43
4.7.4	Porucha mozečku.....	43
5	ELEKTROMYOGRAFIE	45
5.1	Povrchová elektromyografie	45
5.1.1	Povrchové elektrody	45
5.2	Přenos signálu	46
5.3	Faktory ovlivňující snímaný signál.....	46
5.3.1	Vnější příčinné faktory	47
5.3.2	Vnitřní příčinné faktory	47
5.4	Hodnocení signálu EMG	48
5.4.1	Základní linie.....	49
5.5	Delsys.....	49
5.6	Využití EMG v klinické praxi.....	50
	PRAKTICKÁ ČÁST	52
6	CÍL A ÚKOLY PRÁCE	52
6.1	Hlavní cíl.....	52
6.2	Dílčí cíle.....	52
7	HYPOTÉZY	53
8	CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU	54
8.1	Údaje o sledovaném souboru	54
9	METODIKA PRÁCE	55
9.1	Test č. 1 – Provedení pohybu.....	56
9.1.1	Výchozí poloha pro test č. 1	56
9.1.2	Popis prováděného pohybu.....	57
9.2	Test č. 2 – Imaginace	57
9.2.1	Výchozí poloha pro test č. 2	57
9.2.2	Popis prováděného pohybu.....	57

9.3	Test č. 3 – Pozorování.....	57
9.3.1	Výchozí poloha pro test č. 3	57
9.3.2	Popis prováděného pohybu.....	57
9.4	Test č. 4 – Zrcadlo	58
9.4.1	Výchozí poloha pro test č. 4	58
9.4.2	Popis prováděného pohybu.....	58
9.5	Metoda vyhodnocování výsledků	58
10	ANALÝZA A ZPRACOVÁNÍ DAT	60
10.1	Grafy měření	60
10.1.1	Proband č. 1	60
10.1.2	Proband č. 2	61
10.1.3	Proband č. 3	62
10.1.4	Proband č. 4	63
10.1.5	Proband č. 5	64
10.1.6	Proband č. 6	65
10.1.7	Proband č. 7	66
10.1.8	Proband č. 8	67
10.1.9	Proband č. 9	68
10.1.10	Proband č. 10	69
10.1.11	Proband č. 11	70
10.1.12	Proband č. 12	71
10.1.13	Proband č. 13	72
10.1.14	Proband č. 14	73
10.1.15	Proband č. 15	74
10.1.16	Proband č. 16	75
10.1.17	Proband č. 17	76
11	VÝSLEDKY	77
11.1	Hypotéza 1.....	77
11.2	Hypotéza 2.....	78
11.3	Hypotéza 3.....	79
DISKUZE	84
11.4	Diskuze k hypotéze 1	87
11.5	Diskuze k hypotéze 2	87
11.6	Diskuze k hypotéze 3	88
11.7	Diskuze k vybraným probandům	89
11.7.1	Proband č. 6	89
11.7.2	Proband č. 10	89

11.8 Standartizace	90
ZÁVĚR.....	91
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
INTERNETOVÉ ZDROJE	98
SEZNAM PŘÍLOH	99
PŘÍLOHY	100

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Příklad vyhodnocení grafu u probanda č. 3	59
Graf 2 Výsledky měření u probanda č. 1	60
Graf 3 Výsledky měření u probanda č. 2.....	61
Graf 4 Výsledky měření u probanda č. 3.....	62
Graf 5 Výsledky měření u probanda č. 4.....	63
Graf 6 Výsledky měření u probanda č. 5.....	64
Graf 7 Výsledky měření u probanda č. 6.....	65
Graf 8 Výsledky měření u probanda č. 7.....	66
Graf 9 Výsledky měření u probanda č. 8.....	67
Graf 10 Výsledky měření u probanda č. 9.....	68
Graf 11 Výsledky měření u probanda č. 10.....	69
Graf 12 Výsledky měření u probanda č. 11.....	70
Graf 13 Výsledky měření u probanda č. 12.....	71
Graf 14 Výsledky měření u probanda č. 13.....	72
Graf 15 Výsledky měření u probanda č. 14.....	73
Graf 16 Výsledky měření u probanda č. 15.....	74
Graf 17 Výsledky měření u probanda č. 16.....	75
Graf 18 Výsledky měření u probanda č. 17.....	76
Graf 19 Umístění testů dle síly amplitudy.....	77
Graf 20 Umístění testů dle síly amplitudy.....	78
Graf 21 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 8 mužů	80
Graf 22 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 9 žen	81
Graf 23 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)...	82
Graf 24 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)...	83
Graf 25 Pohlaví probandů	101
Graf 26 Věk probandů	101
Graf 27 Výsledky měření u probanda č. 1	102
Graf 28 Výsledky měření u probanda č. 2.....	103
Graf 29 Výsledky měření u probanda č. 3.....	104
Graf 30 Výsledky měření u probanda č. 4.....	105
Graf 31 Výsledky měření u probanda č. 5.....	106
Graf 32 Výsledky měření u probanda č. 6.....	107

Graf 33 Výsledky měření u probanda č. 7.....	108
Graf 34 Výsledky měření u probanda č. 8.....	109
Graf 35 Výsledky měření u probanda č. 9.....	110
Graf 36 Výsledky měření u probanda č. 10.....	111
Graf 37 Výsledky měření u probanda č. 11.....	112
Graf 38 Výsledky měření u probanda č. 12.....	113
Graf 39 Výsledky měření u probanda č. 13.....	114
Graf 40 Výsledky měření u probanda č. 14.....	115
Graf 41 Výsledky měření u probanda č. 15.....	116
Graf 42 Výsledky měření u probanda č. 16.....	117
Graf 43 Výsledky měření u probanda č. 17.....	118

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Laterální pohled horizontálního členění mozkové kůry do jednotlivých oblastí (vlevo), mediální pohled horizontálního členění mozkové kůry do jednotlivých oblastí (vpravo)	19
Obrázek 2 Motorická a premotorická korová oblast na laterální (A) a mediální (B) ploše hemisféry	26
Obrázek 3 Motorický homunkulus – primární motorická korová oblast	27
Obrázek 4 Průběh kortikospinální dráhy	30
Obrázek 5 Motorický homunkulus – primární motorická korová oblast	31
Obrázek 6 Funkční schéma hierarchie řízení pohybu	34
Obrázek 7 Správné umístění povrchové elektrody na sval.....	48
Obrázek 8 Signály z různých umístění elektrod na sval.....	48
Obrázek 9 Sklenice s vodou	55
Obrázek 10 Příklad křivky klidového napětí.....	86
Obrázek 11 Příklad Trigno Wireless System firmy Delsys	119
Obrázek 12 Test č. 3 - Výchozí a konečná poloha při testu č. 3 – Pozorování	119
Obrázek 13 Výchozí a konečná poloha při testu č. 4 - Zrcadlo.....	120
Obrázek 14 Test č. 4 - Zrcadlo	120
Obrázek 15 Program EMGworks Acquisition.....	121
Obrázek 16 Program EMGworks Acquisition.....	121

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled.....	54
Tabulka 2 Příklad tabulky s vyhodnocením pořadí jednotlivých testů	59
Tabulka 3 Výsledné pořadí testů u probanda č. 1.....	60
Tabulka 4 Výsledné pořadí testů u probanda č. 2.....	61
Tabulka 5 Výsledné pořadí testů u probanda č. 3.....	62
Tabulka 6 Výsledné pořadí testů u probanda č. 4.....	63
Tabulka 7 Výsledné pořadí testů u probanda č. 5.....	64
Tabulka 8 Výsledné pořadí testů u probanda č. 6.....	65
Tabulka 9 Výsledné pořadí testů u probanda č. 7.....	66
Tabulka 10 Výsledné pořadí testů u probanda č. 8	67
Tabulka 11 Výsledné pořadí testů u probanda č. 9	68
Tabulka 12 Výsledné pořadí testů u probanda č. 10	69
Tabulka 13 Výsledné pořadí testů u probanda č. 11	70
Tabulka 14 Výsledné pořadí testů u probanda č. 12	71
Tabulka 15 Výsledné pořadí testů u probanda č. 13	72
Tabulka 16 Výsledné pořadí testů u probanda č. 14	73
Tabulka 17 Výsledné pořadí testů u probanda č. 15	74
Tabulka 18 Výsledné pořadí testů u probanda č. 16	75
Tabulka 19 Výsledné pořadí testů u probanda č. 17	76
Tabulka 20 Výsledné pořadí jednotlivých testů veškerých grafů.....	77
Tabulka 21 Výsledné pořadí jednotlivých testů veškerých grafů.....	78
Tabulka 22 Přehled umístění jednotlivých testů u 8 mužů.....	79
Tabulka 23 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 8 mužů	79
Tabulka 24 Přehled umístění jednotlivých testů u 9 žen	80
Tabulka 25 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 9 žen.....	80
Tabulka 26 Navýšení amplitudy u Provedení pohybu (test č. 1)	82
Tabulka 27 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)	82
Tabulka 28 Pohlaví probandů.....	101
Tabulka 29 Průměrný věk.....	101
Tabulka 30 Průměrná váha.....	101
Tabulka 31 Průměrná výška	101

Tabulka 32 Výsledky probanda č. 1	102
Tabulka 33 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 1	102
Tabulka 34 Výsledky probanda č. 2	103
Tabulka 35 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 2	103
Tabulka 36 Výsledky probanda č. 3	104
Tabulka 37 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 3	104
Tabulka 38 Výsledky probanda č. 4	105
Tabulka 39 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 4	105
Tabulka 40 Výsledky probanda č. 5	106
Tabulka 41 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 5	106
Tabulka 42 Výsledky probanda č. 6	107
Tabulka 43 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 6	107
Tabulka 44 Výsledky probanda č. 7	108
Tabulka 45 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 7	108
Tabulka 46 Výsledky probanda č. 8	109
Tabulka 47 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 8	109
Tabulka 48 Výsledky probanda č. 9	110
Tabulka 49 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 9	110
Tabulka 50 Výsledky probanda č. 10	111
Tabulka 51 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 10	111
Tabulka 52 Výsledky probanda č. 11	112
Tabulka 53 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 11	112
Tabulka 54 Výsledky probanda č. 12	113
Tabulka 55 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 12	113
Tabulka 56 Výsledky probanda č. 13	114
Tabulka 57 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 13	114
Tabulka 58 Výsledky probanda č. 14	115
Tabulka 59 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 14	115
Tabulka 60 Výsledky probanda č. 15	116
Tabulka 61 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 15	116
Tabulka 62 Výsledky probanda č. 16	117
Tabulka 63 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 16	117
Tabulka 64 Výsledek probanda č. 17	118
Tabulka 65 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 17	118

SEZNAM ZKRATEK

BG bazální ganglia

CNS centrální nervová soustava

DKK dolní končetiny

EMG elektromyografie

HK horní končetina

M modrá

MI primární motorická korová oblast

MJ motorická jednotka

NCL. nukleus (jádro)

O oranžová

P pravá

PF prefrontální kůra

PM premotorická korová oblast

RF retikulární formace

SMA doplňková korová motorická oblast

Tr. tractus (dráha)

Z zelená

Ž žlutá

μV mikrovolt

ÚVOD

Pohyb horní končetiny je neodlučitelnou součástí našeho každodenního života, od základních pohybů až po specializovaný pohyb (např. jemná motorika prstů). Horní končetina je pro člověka nezbytnou součástí již od narození. Nejprve zjišťujeme, k čemu slouží, poté nám zásadně pomáhá při lokomoci, a později se ji učíme cíleně používat k různým úkonům a dovednostem. Činnosti každodenního života jsou často zajišťovány spoluprací více struktur a segmentů. Díky horní končetině jsme schopni vykonávat velké množství aktivit. Důležitým předpokladem k vykonání cíleného pohybu je pohybová koordinace (Měkota, 2005). Na funkci horních končetin nemá vliv pouze pohybový systém. Pohyb je řízen a regulován centrální nervovou soustavou. Aby mohl být pohyb realizován, musí dojít ke spolupráci mnoha neurálních struktur. Od myšlenky pak dojde přes aktivaci jednotlivých oblastí až k samotné realizaci pohybu.

Pokud pohyb nelze reálně uskutečnit, představa pohybu je jednou z jeho možných alternativ. Jedná se o myšlenkový proces, při kterém s největší pravděpodobností dochází k aktivaci shodných oblastí nervového systému jako je tomu při provádění reálného pohybu, avšak bez motorického projevu. Podobně je tomu také při pozorování pohybu, který s největší pravděpodobností zajišťuje systém zrcadlových neuronů. Při sledování konkrétní činnosti tak dochází k zapojení stejných oblastí jako u představy pohybu. Rozdílem mezi reálně provedeným pohybem, představou a pozorováním je zapojení jednotlivých struktur v menší míře (De Vries, Mulder, 2007).

V následujících kapitolách je nejprve popsána neurofyziologie a zapojení jednotlivých neurálních struktur při řízení pohybu. Empirická část práce se věnuje zkoumání pohybu – napití ze sklenice a dalších tří různých variant pohybu. Jsou tedy zkoumány tyto pohyby: samotné napití se vody ze sklenice, představa: napití v představě, pozorování: pozorování akt napití se ze sklenice druhou osobou, a nakonec odraz v zrcadle: sledování vlastní, druhé končetiny v zrcadle při pití ze sklenice.

úrovni spinální míchy probíhají organizace reflexů a stereotypní odpovědi na senzitivní podněty. Na míšní úrovni vznikají základní flekční a extenční vzorce svalů účastnících se pohybu nohou, jako je kopání a lokomoce. Neurony spinální míchy jsou „finální společnou cestou“ zpracování nervového signálu, než dojde k aktivaci svalů (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

1.1.1 Přední rohy míšní

Šedá hmota předních rohů v míše obsahuje kromě motoneuronů i interneurony (vmezežené nervové buňky), které jsou součástí reflexního oblouku a mají tlumivý vliv na alfa-motoneuron. Reflexní oblouk vytváří zásobu posturálních a pohybových programů. U člověka existují 2 typy motoneuronů: alfa-motoneuron a gama-motoneuron. (Dylevský, 2009) Alfa-motoneuron inervuje vlákna kosterních svalů V předních rozích míšních se vyskytují velké a malé alfa-motoneurony, každá z těchto skupin je specializována na jinou činnost. Velké alfa-motoneurony vedou vzruch rychleji a inervují rychlá svalová vlákna, která mají krátkou kontrakční dobu (30-40 ms). Malé alfa-motoneurony jsou ve vedení vzruchu pomalejší, inervují pomalá svalová vlákna, která mají delší kontrakční dobu (80-90 ms) (Trojan, 2003).

1.1.2 Reflexní oblouk

Reflexní oblouk je soubor reflexů zapojujících se do realizace reflexu. Reflex je základní funkční jednotkou nervového systému a skládá se z dostředivé a odstředivé dráhy. Reflexní oblouk se skládá z pěti částí: receptoru (senzitivní orgán), aferentní dráhy, centra, eferentní dráhy a efektoru (sval) (Pfeiffer, 2007).

1.2 Retikulární formace

Retikulární formace (dále RF) slouží jako centrum shromažďující veškeré aferentní signály ze senzitivních a sensorických drah. Pomocí eferentních drah nastavuje v míše intenzitu dráždivosti motoneuronů, v mozkovém kmeni úroveň logiky, v limbickém systému míru emocí, které provázejí smyslové vjemy, a v neokortexu nastavuje míru bdělosti a racionální kontroly pohybu. Jedná se o šedou hmotu mozkovou, která prostřednictvím aferencí ze smyslových orgánů připravuje podmínky pro pohyb (Véle, 2006).

1.3 Mozkový kmen

Mozkový kmen obsahuje důležitá mozková jádra účastnící se posturální kontroly a lokomoce se zapojením vestibulárních jádra, červeného jádra a jader RF. Tato struktura dále obsahuje ascendentní a descendentní dráhy přenášející sensorické a motorické informace do

ostatních částí CNS. Mozkový kmen přijímá somatosenzitivní informace z kůže a svalů hlavy, sensorické informace z vestibulárního a zrakového systému. Veškeré descendentní motorické dráhy, kromě dráhy kortikospinální, vznikají právě v mozkovém kmeni. Dále také RF podílející se na regulaci bdělosti a vědomí, má svůj původ v této struktuře (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

1.4 Mozeček

Mozeček je jedním z hlavních regulačních center motoriky. V průběhu pohybu dostává aferentní informace (např. polohocit, pohybocit) a podněty z mozkové kůry, míchy a z rovnovážného ústrojí. Společně s mozkovou kůrou, bazálními ganglii, thalamem a motorickými jádry mozkového kmene vytváří a kontroluje vědomý i podvědomý pohyb. Vyhodnocuje informace o zamýšlených či už prováděných pohybech a reguluje je. Mozeček ovlivňuje zejména koordinaci pohybů a stabilitu těla při stožení a pohybu (Hudák, Kachlík, 2017; Švestková et al., 2017).

Aby tělo provedlo složitější pohyb, je velmi nutná přesná koordinace fází pohybu a doba trvání jednotlivých fází. Mozeček tuto funkci provádí pomocí svých spojů s motorickou kůrou. Dále ovlivňuje signály, které motorická kůra vysílá k míšním motoneuronům. Mozeček zajišťuje, aby při práci jedné svalové skupiny působila také opačně fungující svalová skupina (antagonisté) jako brzda, aby nedošlo k „přestřelení“ pohybu a pohyb mohl být co nejpřesnější (Carterová, 2010). Schopností mozečku je předem určit časový průběh pohybu. Tato funkce je důležitá nejen pro včasné zastavení pohybu v daném bodě, ale také pro správné načasování zahájení dalšího pohybu, který má na předchozí pohyb plynule navazovat. Tato skutečnost se nazývá synergie pohybu. Při poruše této funkce vzniká stav zvaný pohybová asynergie. Pohyby při této patologické skutečnosti pohyby postrádají plynulost. Pohyb je nekontrolovaný, začíná moc brzy, či příliš pozdě (Králíček, 2004).

Přestože má mozeček důležitou roli při koordinaci pohybu, nehraje primární roli v senzitivní nebo motorické činnosti. Pokud by došlo k poškození cerebella, nedojde ke ztrátě citlivosti nebo paralýze. Léze mozečku však významně poškodí provedení pohybů, bez ohledu na složitost pohybu. Mozkový kmen je spojen s mozečkem pomocí 3 silných svazků vláken. S prodlouženou míchou jej spojuje pedunculus cerebellaris inferior (corpus restiforme). Spojení mozečku s varolovým postem zajišťují pedunculi cerebellares medii (brachia pontis) a se středním mozkiem mozeček pojí pedunculi cerebellares superiores (brachia conjunctiva). Mozeček se dále dělí na 3 funkční jednotky, které se nazývají Archicerebellum,

Paleocerebellum a neocerebellum (Shumway-Cook, Woollacott, 2007; Švestková et al., 2017).

1.4.1 Vestibulární mozeček

Vestibulární mozeček je jednou ze 3 částí cerebella. Jde o fylogeneticky nejstarší mozečkovou část. Jde o malou, ale funkčně významnou část, mozečku, ke které je přiřazeno vývojově nejstarší mozečkové jádro – nc. fastigii. Z tohoto důvodu je nazýván jako archicerebellum. Jeho funkcí je udržovat rovnovážnou polohu těla při stožení a chůzi. Další funkcí této mozečkové části je řízení automatických očních pohybů. Vestibulární mozeček přijímá informace z receptorů vestibulárního aparátu skrz tractus vestibulocerebellaris, jedná se o axony buněk vestibulárního ganglia nebo vestibulárních jader. Mozeček dostává z vestibulárního aparátu a vestibulárních jader informace o poloze a pohybech hlavy. Do vestibulárního mozečku jsou dále přiváděny signály pomocí zrakového systému. Dostředivé spoje směřují zpět do vestibulárních jader (zejména do nucleus vestibularis lateralis). Archicerebellum díky tr. vestibulospinalis reflexně ovlivňuje motoneurony axiálního a pletencového svalstva a prostřednictvím fasciculus longitudinalis medialis ovlivňuje motoneurony okohybných svalů (Trojan et al., 2005; Králíček, 2004).

1.4.2 Spinální mozeček

Spinální mozeček, označovaný také jako paleocerebellum, je ve srovnání s archicerebellum fylogeneticky mladší oblastí mozečku. Tato mozečková část zahrnuje kranální část mozečku uloženou před fisura prima (lobus anterior cranialis, lobuli I-V) a lobulus VIII. V této části kůry spinálního mozečku končí mechová vlákna z několika spinocerebellárních drah. Část těchto drah běží nepřerušeně z míchy do mozečku (přímé spinocerebellární dráhy), zbývající dráhy se přepojují v jádrech mozkového kmene (např. nepřímé spinocerebellární dráhy). Část spinocerebellárních drah se nekříží, zbývající se kříží dvakrát (v míše a zpět v mozkovém kmeni) (Králíček, 2004; Švestková et al., 2017).

Dorsální spinocerebellární dráha je nezkřížená, vstupuje do mozečku prostřednictvím pedunculus cerebellaris inferior (corpus restiforme). Touto drahou jsou do mozečku přiváděny informace z proprioreceptorů a kožních receptorů dolní končetiny a z dolní poloviny trupu. Převažují informace o veškerých pohybech celé končetiny. Signály ze stejných receptorů horní končetiny a horní poloviny trupu přicházejí do mozečku cestou tractus cuneocerebellaris. Dráha vstupuje do mozečku skrze pedunculus cerebellaris caudalis (corpus restiforme). Ventrální spinocerebellární dráha je zkřížená, do mozečku vstupuje prostřednictvím pedunculus cerebellaris cranialis (brachium conjunctivum) a znovu se kříží. Touto

drahou mozeček přijímá signály o aktivitě míšních interneuronů (zejména inhibičních). Trigemincerebellární vlákna přivádějí do mozečku informace z kůže a svalového aparátu oblasti hlavy (Švestková et al., 2017).

Spinocerebellární dráhy jsou somatotopicky organizované, a informace do mozečku přinášejí odděleně z různých oblastí těla. Dráhy se dělí z funkčního hlediska na dvě skupiny v závislosti na rychlosti. První skupina obsahuje rychlejší vlákna, která vedou informace z proprioceptorů a z kožních receptorů. Pomocí těchto drah je zajištěna rychlá a přesná informace o pohybech a o kožní stimulaci, která souvisí s pohybem. Druhou skupinu drah tvoří dráhy přinášející informaci o aktivitě specifických skupin míšních interneuronů. Tyto interneurony jsou součástí reflexních míšních oblouků. Spinální dráhy tedy přivádějí do mozečku signály o aktivitě před motoneurony (aktivita interneuronů a reflexních oblouků), a také informace o aktivitě za motoneurony (pohybový aparát a kůže) (Švestková et al., 2017).

Spinální mozeček zpracovává informace z proprioceptorů pohybového ústrojí, podílí se na řízení svalové napětí a aktivuje inhibiční sestupný systém retikulární formace. Tato mozečková část porovnává a hodnotí informace, které obdrží od mozkové kůry, ta vysílá povelové vzorce během realizace pohybů k motoneuronům. Informaci poté spinální mozeček porovnává se skutečnou polohou příslušné části těla. Pokud by odhalil nesrovnalosti mezi informací z mozkové kůry a reálným pohybem, upravuje zásahem do aktivity neuronů sestupných motorických drah vzniklý rozdíl (Trojan et al., 2005; Králíček, 2004).

1.4.3 Cerebellární mozeček

Tato třetí část mozečku je fylogeneticky nejmladší částí. V literatuře se dále označuje jako pontinní mozeček, či názvem neocerebellum právě pro jeho fylogenetické stáří. Tato mozečková část zahrnuje laterální partie mozečkových hemisfér. Vstupní informace jsou do neocerebella posílány zejména z nc. pontis. Pontocerebellární vlákna jsou zkřížená, dostávají se do mozečku prostřednictvím pedunculi cerebellares medii (brachia pontis), většina končí v kůře hemisfér. Pontocerebellární dráha tvoří pokračování dráhy kortikopontinní. Vlákna kortikopontinní dráhy vystupují z prefrontální korové oblasti, premotorické oblasti, primární motorické oblasti, somatosenzorické oblasti, ze zadních parietálních korových oblastí a z limbické korové oblasti. Vlákna z prefrontální oblasti končí v mediálních pontinních jádrech, vlákna z premotorických a motorických korových oblastí končí v kaudální polovině nc. pontis. Vlákna z asociačních a limbických korových oblastí končí v kranální polovině nc. pontis. Navazující pontocerebellární projekce, která vystupuje z kaudální, motorické

poloviny končí v lobus anterior mozečku, pontocerebellární vlákna vystupující z asociační a limbické poloviny pontinních jader končí v lobus posterior mozečku. Eferentní projekce z kůry neocerebella směřuje do ncl. dentatus, které tvoří největší mozečkové jádro. Přijímá axony Purkyňových buněk z celé neocerebellární a části paleocerebellární kůry. Neurony tohoto jádra poté vysílají své axony kontralaterálně do ncl. ventralis lateralis thalami. Odtud se signál dostává do primární motorické a premotorické korové oblasti (Králíček, 2004; Švestková et al., 2017).

Cerebellární mozeček se společně s mozkovou kůrou a basálními ganglii účastní plánování a programování volných pohybů (Králíček, 2004).

1.5 Thalamus

Informace z ascedentních somatosenzorických traktů, jako jsou informace prakticky od všech sensorických systémů, procházejí skrz thalamus. Thalamus přijímá informace z řady dalších struktur, kterými jsou například bazální ganglia a mozeček. Díky tomuto faktu se thalamus stává hlavním procesním centrem mozku. Thalamická jádra a hypothalamus jsou struktury podílející se na senzomotorických vztazích při postrurálně lokomoční koordinaci i jemných pohybových mechanismech (Véle, 2006). Léze této části mozku může docílit k mnoha sensorickým a motorickým problémům. Thalamus se stal cílem léčby zaměřené na snížení tremoru u pacientů s Parkinsonovou chorobou (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

1.6 Bazální ganglia

Bazální ganglia (dále BG) jsou systémem jader centrální nervové soustavy (CNS) ležící v podkoří obou mozkových hemisfér. Toto seskupení jader komunikují nervovými drahami mezi sebou a také se strukturami CNS (Rokyta, 2015; Brain, Donaghy, 2001).

Tento systém je tvořen nucleus caudatus, putamen a pallidum. Nucleus caudatus a putamen se společně nazývají jako striatum. Pallidum představuje globus pallidus. Putamen a globus pallidus jsou společně označováni jako nucleus lenticularis. Všechny tři struktury, nucleus caudatus, putamen a globus pallidus jsou společně nazývány jako letikulostritový systém. (Koukolík, 2012) Dále je k nim třeba z hlediska spojení a funkcí počítat claustrum, ncl. subthalamicus a substantia nigra (Čihák, 2001).

BG jsou systémem jader důležitých pro řízení motoriky a pro učení. Bazální ganglia jsou také považována za jakýsi „filtr“, který má schopnost blokovat nežádoucí pohyby,

zamezují například automatickým odpovědím na podněty ze zevního prostředí (Carterová, 2010).

Extrapyramidový systém má za úkol zejména regulaci svalového tonu, zabezpečení základních posturálních a hybných mechanismů a pohybových automatismů. Vzhledem k vzájemnému propojení BG s kortexem a thalamem, se dále BG podílejí na koordinaci volní hybnosti, a to především na iniciaci pohybu (Ambler, 2011). Dle Drugy et al elektrofyzilogická sledování a studie ukazují, že většina neuronů BG zvyšuje svoji vzruchovou aktivitu již před počátkem pohybu. Véle (2006) dále uvádí, že se BG považují za orgán, který hrubě nastavuje úroveň svalového napětí, oproti tomu je mozeček orgánem, který nastavuje tonus jemně.

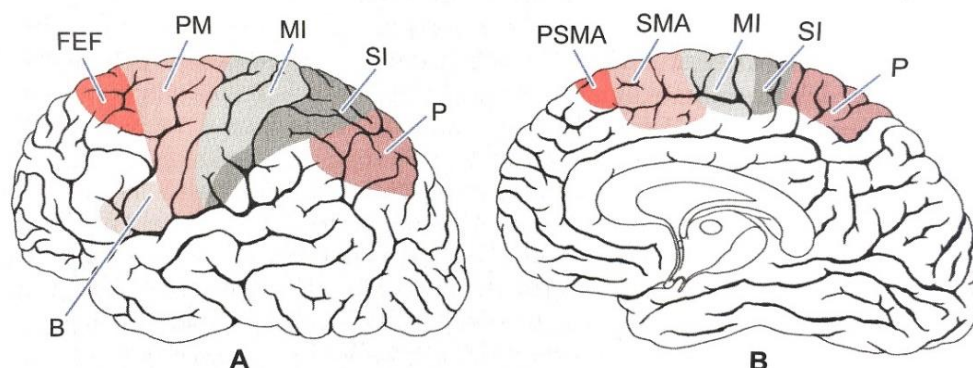
Véle (2006) označuje BG jako funkční generátor pomalých pohybů spojený s posturální funkcí. Postižení těchto struktur je zjevné u Parkinsonovy akineze při výpadku strio-nigro-pallidálního komplexu. Člověk s Parkinsonovou akinezi není schopen provedení pomalých plynulých pohybů. Při poruše BG je dále narušena i strategie jednání a projevuje se jako pohybová neochota až lenost. Někdy se tato pohybová neochota vyvine v náhle vzniklý pohybový blok, který je nutno odstranit pomocí aferentního šoku (tlesknutí, dupnutí apod.). Kromě Parkinsonovy choroby jsou BG při patologii zodpovědná i za dyskineze. Této struktuře se totiž fyziologicky přisuzuje i schopnost vybírat pohybové programy uložené v asociálních kortikálních oblastech. Při podráždění této části dochází k mimovolným spontánním neúmyslným pohybům.

1.7 Motorické oblasti mozkové kůry

Mozková kůra je centrem vědomí, vnímání, myšlení, plánování a řízení volního pohybu (Hudák, Kachlík, 2017). Obsahuje mnoho funkčních oblastí situovaných ve frontálním laloku. Tato rozsáhlá oblast zahrnuje primární motorickou, suplementární motorickou, pre-motorickou, prefrontální a zadní parietální oblast. Tyto oblasti spolupracují se senzoryckými

oblastmi v parietálním laloku, bazálními ganglii a mozečkem při plánování pohybu, naplánování jeho realizace a finální provedení (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

Obrázek 2 Motorická a premotorická korová oblast na laterální (A) a mediální (B) ploše hemisféry



FEF – frontální okohybné pole, PM – premotorická korová oblast, MI – primární korová oblast, SI – primární somatosenzitivní korová oblast, P – parietální korová oblast, PSMA – presuplementární motorická oblast, SMA – suplementární korová oblast, B – Brockovo centrum řeči

Zdroj: převzato z (Švestková et al., 2017)

F. Vélé (2006) uvádí, že kortikální úroveň je nadřazenou strukturou v oblasti řízení volní ideokinetické motoriky, která realizuje pomocí pohybového aparátu představu pohybu vytvořenou v mysli. Realizaci této představy doprovází emoce, které jsou podmínkou realizace. Současně je proces kontrolován prostřednictvím racionální úvahy o vhodnosti a způsobu provedení daného pohybu.

Ideokinetický pohyb je zahájen imaginací cíle a promítá se do něj charakter osoby i stav mysli. Činnost je doprovázena pocitem uspokojení a podporuje pokračování v dalším provádění (Vélé, 2006).

Primární motorická oblast, premotorická korová oblast i suplementární motorická oblast mají vlastní somatotopické mapy těla, stimulují různé regiony, ovlivňují různé svaly a tím ovládají i pohyby příslušných tělesných částí (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

1.7.1 Primární motorická oblast

Primární motorická oblast (dále jako MI) se nachází v praecentrálním laloku na přední ploše sulcus centralis a kryje se s Brodmannovou areou 4. Jedná se o nejsilnější korovou oblast z celého mozkového kortexu. Při experimentální elektrické stimulaci motorického kortexu lze pohyb nejsnadněji vyvolat právě v této oblasti, proto se označuje jako primární oblast (Králíček, 2004; Trojan et al., 2005).

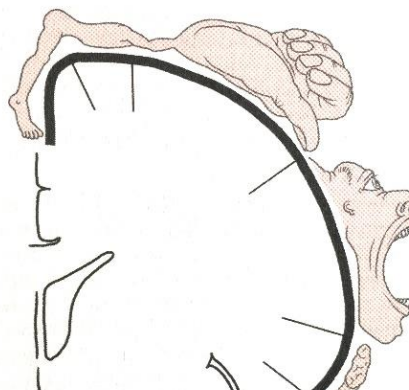
Nejvýznamnější vrstvou oblasti MI je pátá vrstva. Tato vrstva je složená z tzv. Becových pyramidových buněk. Becovy pyramidové buňky, nebo také Becovy neurony jsou uspořádány podle vztahu k jednotlivým tělním článkům. Tento typ uspořádání je nazýván jako somatotopická organizace kůry (Kittnar, 2011).

Elektrickou stimulací bylo prokázáno, že je oblast MI somatotopicky organizována, tedy obsahuje velmi komplexní mapu těla, tato mapa se nazývá motorický homunkulus. Svaly trupu a dolních končetin zaujímají v korové oblasti mnohem menší oblasti než svalové skupiny, které vykonávají jemné pohyby (ruka, jazyk, hlasivky). Při elektrické stimulaci jsou vybavné vždy jen jednoduché pohyby, jako je například flexe nebo extenze v jednom, nebo více kloubech. Stimulací nedochází k vybavení účelných složitějších pohybů (S. Trojan et al., 2005).

Aferentní informace dostává primární motorická oblast z thalamu, bazálních ganglií, mozečku a senzitivních oblastí v parietálním laloku. Tyto informace dostává oblast ze svých svalů a také kůže nad těmito svaly. Svaly mohou být využity pro modulaci spinálního reflexu, kdy je zapotřebí dodatečné zvýšení svalové síly v důsledku nepředpokládané zátěže v průběhu pohybu. Tuto dráhu také hypoteticky považujeme za důležitou propioceptivní cestu podílející se na posturální kontrole (Shumway-Cook, Woollacott, 2007). Eferentní vlákna primární motorické kůry tvoří 30 % dráhy kortikospinální a mají spojení s alfa-motoneurony, gama-motoneurony a interneurony ve spinální míše (Dylevsky, 2009).

Funkce Primární motorické oblasti byla demonstrována na ablacii této struktury, či na její elektrické stimulaci. Při odstranění korové oblasti MI dochází k poruše hybnosti distálních částí kontralaterálních končetin, největší rozsah poškození je zaznamenán na akru.

Obrázek 3 Motorický homunkulus – primární motorická korová oblast



Zdroj: Převzato z (Švestková et al., 2017)

Svalstvo pletence a axiální svalstvo není výrazně poškozeno. Na těchto pokusech bylo dokázáno, že MI vytváří strukturu řídicí jemný cílený pohyb akrálních struktur, zejména ruky a prstů (Králíček, 2004).

1.7.2 Premotorická korová oblast

Premotorická (dále jako PM) a motorická kůra odpovídá Brodmannově arei 6. Je uložena před MI na předním okraji precentrálního laloku a v přilehlé části frontálních gyrů. Aferentní informace dostává PM z thalamických jader, a jejich oblastí, které jsou pod vlivem kaudálních oblastí mozečkových jader a bazálních ganglií. PM dostává silné korové projekce z asociálních zrakových oblastí, z arei 7 a prefrontální kůry. Eferentní spoje míří do retikulární formace, striata (putamen), thalamu, ncl. ruber a do MI. Vlákná jdoucí z PM do kortikospinální dráhy tvoří pouze 10-20 % (Švestková et al., 2017; S. Trojan et al., 2005; Dylevský, 2009).

Aktivita neuronů této struktury se mění v závislosti na zrakových podnětech a v souvislosti s přípravou motorické odpovědi. Protože PM dostává silné korové projekce z asociálních zrakových oblastí, je tato oblast významnou strukturou pro kontrolu pohybů řízených zrakem. Dalo by se tedy předpokládat, že funkcí této struktury je realizace komplexních volných pohybů, k jejichž přípravě a provedení je zapotřebí zraková kontrola (Švestková et al., 2017).

Elektrická stimulace PM vyvolává rotační pohyb očí, hlavy a trupu k opačné straně. PM kontroluje pletencové a axiální svalstvo. Při jednostranné lézi této oblasti dochází k ochabnutí pletencových svalů kontralaterálních končetin. Při oboustranném postižení dochází k poruchám stoje a chůze. PM dále provádí realizaci motorického programu, který byl vytvořen v prefrontální a suplementární motorické korové oblasti. Zahajuje počáteční fázi pohybu, při které dochází k otočení očí, hlavy, trupu a končetin směrem k cíli. V PM se při provedení pohybu daným směrem a do dané vzdálenosti zvyšuje průtok krve (Švestková et al., 2017; Králíček, 2004).

Zrcadlové neurony

V premotorické oblasti se také nacházejí zrcadlové neurony. Zrcadlové neurony jsou specializované nervové buňky, které zrcadlí aktivitu nebo vlastnosti ostatních. Systém zrcadlových neuronů se podílí na neurokognitivních funkcích jako jsou například sociální poznávání, mluvení, empatie nebo schopnost myšlení. Tyto struktury nám pomáhají učit se pozorováním (V. Rajmohan, E. Mohandas, 2011).

1.7.3 Zadní parietální oblast – asociační

Zadní parietální oblast je lokalizována v lobus parietalis superior a inferior. Informace jsou do této oblasti přiváděny ze somatosenzorické a zrakové korové oblasti. Projekce z této krajiny směřuje do prefrontální, premotorické a doplňkové motorické korové oblasti. Oblast se účastní pozorování předmětů prostřednictvím hmatu (Rokyta, 2015).

Králíček (2004) ve své publikaci uvádí předpoklad, že tato oblast uskutečňuje výběr a zpracování vhodné senzorké informace, která je nutná k provedení chtěného pohybu. Při lézi této krajiny dochází ke ztrátě schopnosti již předem nacvičených, známých pohybů. Předpoklad tohoto postižení je neschopnost využití senzorké informace k vytvoření pohybového plánu.

1.7.4 Suplementární motorická oblast

Doplňková motorická korová oblast, nebo také suplementární motorická oblast (dále jako SMA) je lokalizována na mediálním prostoru gyrus frontale superior. Hlavní aferentaci přijímá ze zadní parietální oblasti a z bazálních ganglií. (Králíček). Oblast je somatotopicky organizována, oblasti se v této krajině překrývají, organizace zde tedy není tak přesná jako u MI. Eferentní projekce směřují do MI k neuronům laterální kortikospinální dráhy, kde tento spoj slouží k ovládní motoneuronů distálních svalů končetin. Dále do mozkového kmene k neuronům ventromediálního descendentního systému kmenových drah, zde toto spojení ovládá motoneurony axiálního a pletencového svalstva. Přímé spoje také směřují do ventromediálního seskupení spinálních motoneuronů prostřednictvím tr. corticospinalis anterior a do premotorické korové oblasti (Králíček, 2004; Trojan et al., 2005).

Suplementární motorická area ovlivňuje držení těla a má význam pro iniciaci a plánování volných pohybů. Spolu s premotorickou oblastí zhotovuje hybný program (Nevšímalová, Tichý, Růžička, 2002). Její elektrické dráždění vyvolává složité pohybové reakce, často oboustranně. Jednostranná léze této oblasti vede k neschopnosti zahájit pohyb-akinesi, a dále k zástavě řeči-mutismu (Králíček, 2004).

R.Carterová (2010) ve své publikaci uvádí, že „*podvědomá aktivita v doplňkové motorické oblasti a premotorické oblasti začíná dvě sekundy před chystaným pohybem. Vědomé „rozhodnutí“ k pohybu se objevuje jen zlomek sekundy před vlastním pohybem.*“

1.7.5 Prefrontální korová oblast

Prefrontální korová oblast (dále jako PF) je lokalizována na dorsolaterální straně frontálního laloku před premotorickou area 6. Hlavní aferentaci tato oblast dostává ze zadní

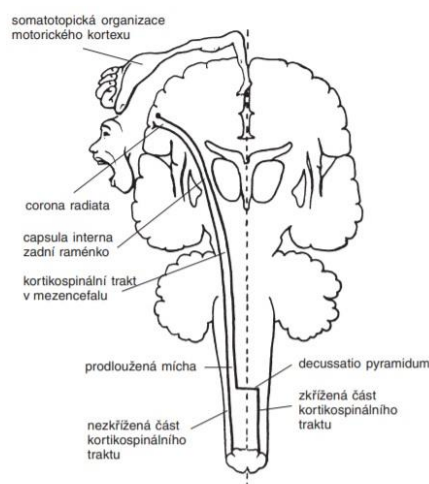
parietální, temporální a limbické korové oblasti a dále také z bazálních ganglií Vystupující eferentní vlákna končí v premotorických korových oblastech (PM, SMA). Předpokladem funkce této krajiny je účast na vypracovávání pohybového plánu. Tato oblast má významnou roli při regulaci kognitivních funkcí a emočních reakcí (Králíček, 2004; Švestková et al., 2017).

Experimenty na primátech dále prokázaly, že silnější projekce z PF končí v premotorické oblasti pro horní končetinu. PF umožňuje kontrolu nad pohyby horní končetiny zřejmě v souvislosti s řešením kognitivních úloh (Švestková et al., 2017). Dále se léze prefrontální korové oblasti projeví významnými poruchami psychických funkcí (poruchy paměti, apatie, agresivita, poruchy emocí) (Páč, 1997).

1.8 Kortikospinální dráha

Kortikospinální dráha je nepřesně nazývána pyramidovou drahou. Vlastní pyramidová dráha začíná v primárním motorickém kortexu, z Betzových buněk, a představuje jen menší část. Tractus corticospinalis je tedy souborem pyramidových i extrapyramidových drah (Ambler, 2011). Kortikospinální dráha je u člověka hlavní motorickou drahou pro řízení volních pohybů. Tractus Corticospinalis vede k motorickým jádrům hlavových nervů, BG, některým kmenovým strukturám a k jednotlivým segmentům hřbetní míchy. Vlákna dráhy zde končí synapsí u alfa-motoneuronů

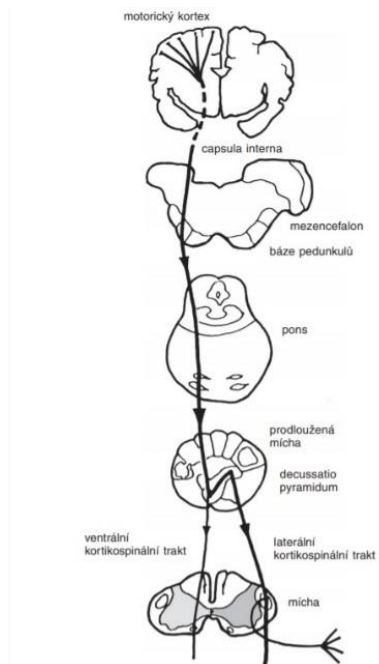
Obrázek 4 Průběh kortikospinální dráhy



Zdroj: Převzato z (Ambler, 2011)

předních rohů míšních, nebo u míšních interneuronů. Ovlivňování míšních motoneuronů motorickou kůrou spočívá ve vlivu neuronů pyramidové dráhy. Tyto neurony mají excitační vliv na motoneurony flexorů a inhibiční vliv na motoneurony extenzorů. Pyramidová dráha umožňuje rychlé spojení mozkové kůry s míšním segmentem, jejíž podstatou složkou je přímé kortikomotoneuronální spojení (Švestková et al., 2017; Dylevský, 2009).

Obrázek 5 Motorický homunkulus – primární motorická korová oblast



Při poškození kortikospinální dráhy dojde k poškození funkce ruky, na úrovni akrálního svalstva. Přitom nejvíce poškozenou svalovou skupinou budou v tomto případě extenzory (Dylevsky, 2009).

Zdroj: Převzato z (Ambler, 2011)

2 CÍLENÝ POHYB

Nejvýznamnější složkou somatických funkcí člověka jsou cílené úmyslné pohyby. Jsou nezbytné pro život a fungování ve společnosti. Díky cílenému úmyslnému pohybu můžeme vzájemně komunikovat a aktivně zasahovat do vnějšího prostředí. Některé literatury proto popisují úmyslné pohyby jako „volní“ činnost (Trojan et al., 2005).

„Cílené pohyby představují tzv. Motorický systém pohybu, řízený činností mozkové kůry, bazálních ganglií a mozečku.“ (Trojan et al., 2005)

Pohyb je složen ze 2 složek – kinetické a statické. Kinetickou složku pohybu zabezpečuje kortex, pyramidová dráha neostriatum a neocerebellum. Statická složka je zabezpečena paleostriatem, archicerebellem, mozkovým kmenem a spinální míchou (Trojan et al., 2005).

2.1 Volní účelová motorika

Volní motoriku regulují sestupné dráhy, které se označují jako horní a dolní motoneuron. Pokud dojde k poškození jednoho z těchto motoneuronů, dojde k neschopnosti provést volní pohyb. Tento stav nervové poruchy se nazývá obrna, dle rozsahu poškození se jedná o parézu, či plegii. Tyto patologické stavy jsou vysvětleny v kapitole 4.7 Porucha funkce horní končetiny (Rokyta, 2015).

Na základě novějších poznatků rozdělujeme volní účelovou motoriku na tři samostatné, nebo alespoň z části navzájem spolupracující celky.

1. Podpůrná motorika kořenová a axiální, nebo také hrubá motorika. Ta se dále dělí na systém posturální motoriky (statická motorika držení těla) a systém lokomoční motoriky (dynamická motorika fyzického pohybu). Systém posturální motoriky má počátek ve formatio reticularis, druhotným ústrojím jsou subkortikální řídicí centra. Startovacím ústrojím systému lokomoční motoriky jsou kortikální motorická centra, která řídí posturální i lokomoční motoriku.
2. Druhý, samostatný systém tvoří obratná, nebo také jemná motorika akrální. Tu dále dělíme na systém obratné motoriky akrální a systém sdělovací motoriky. Systém obratné motoriky akrální je řízen přímo z kortexu a má za úkol provedení ideokinetických, uchopovacích a manipulačních pohybů. U

systemu sdělovací motoriky se jedná o svalstvo obličeje a řečových orgánů, včetně gestikulace. Tento systém je rovněž také řízen přímo z mozkové kůry, jehož funkce je komunikačního charakteru.

3. Třetí skupinu tvoří samostatný úsek, který zasahuje do hrubé i jemné motoriky, ale také do komunikace. Jedná se o systém respirační motoriky, jehož pohyby jsou ovládány jak vůlí, tak i autonomním systémem.

Koordinace výše uvedených systémů je řízena centrální nervovou soustavou (Véle, 2006).

CNS dále (Véle, 2006) rozděluje na dva systémy s rozdílnou funkcí, na mozek viscerální a somatický. Mozek viscerální řídí funkci vnitřního prostředí na základě interocepce. Tento systém zajišťuje základní životní funkce a připravuje podmínky pro vykonání pohybu (visceromotorika). Mozek somatický dostává informace z proprioceptorů a smyslových orgánů a řídí pohyby organismu v zevním prostředí (somatomotorika) (Véle, 2006).

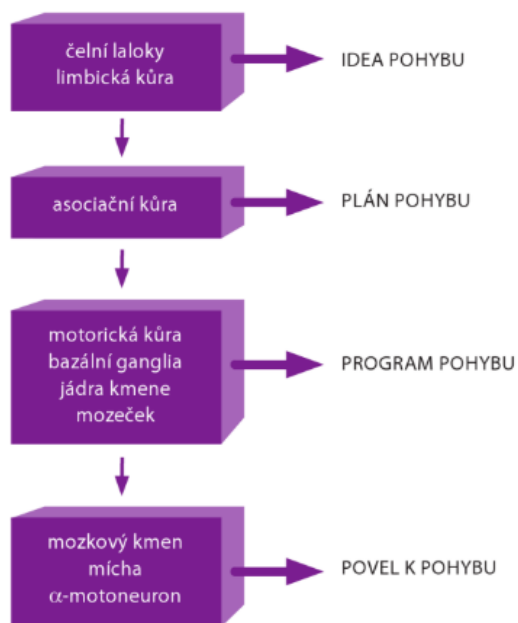
Podnětem k pohybu je nejčastěji informace z receptorů. Smyslový vjem dále vyhodnotí systém dle důležitosti, významnými aspekty jsou pak iniciace a základní reakce pohybové reakce. Jde o 2 formy pohybové reakce – přiblížit se ke zdroji, který není nebezpečný, nebo se oddálit od podnětu, který může být potencionálním nebezpečím. Mozková kůra vytvoří potřebné pohybové vzorce, které jsou základem pohybových programů, a to na základě paměťových a integračních funkcí. Kortikální systém slouží jako řídicí centrum pro diferencovanou činnost, která nefunguje na základě reakce na podnět, ale jako cílené ovlivnění zevního prostředí. Méně diferencované funkce, které jsou již automatizovány – tj. pohyby reflexní a intuitivní povahy, jsou realizovány subkortikálními strukturami. Pohybový vývoj sice probíhá dle určitého časového horizontu, avšak musíme zohlednit, že je determinován individuální povahou jedince, zevními i vnitřními vlivy (Véle, 2006).

2.2 Centrální systém řízení úmyslných pohybů

Vlastní realizace volných pohybů je popisována ve třech fázích.

1. V první fázi vzniká idea pohybu. Výsledkem této ideje je vůle k vykonání pohybu, která pravděpodobně vzniká kooperací frontální kůry a limbických podkorových struktur.

Obrázek 6 Funkční schéma hierarchie řízení pohybu



Zdroj: převzato z (Dylevský, 2007)

jímá programy cestou thalamu a nadále řídí daný pohyb (S. Trojan et al., 2005).

2.3 Nervové struktury zapojené při specifickém pohybu

Mechanismus volní motoriky lze popsat na příkladu uchopení sklenice s vodou žíznivou osobou. Prvotní impuls k pohybu vychází z motivačních ústředí CNS, tj. ze struktur, které mají vztah k limbickému systému (centrum žízně je v hypothalamu). Následuje senzorycká analýza prostředí, tedy zdroj, který může problém vyřešit (sklenice s vodou). Dále je vypracován plán akce. Prostorová orientace sklenice s vodou je přetvořena ze senzoryckého do motorického systému, kde je na základě informací určena strategie pohybu (směr pohledu, upravení polohy těla, způsob úchopu sklenice apod.). Na základě těchto informací dojde k vypracování programu pohybu (směr pohybu, horizont času v souvislosti na potřebnou délku kontrakce, svalová síla úchopu dle materiálu předmětu). Celý proces končí iniciací a realizací pohybu (Kralíček, 2004; Shumway-Cook, Woollacott, 2007). Pokud realita neodpovídá předpokladu, tedy sklenice je těžší, než systém zprvu vyhodnotil, spinální reflexy vykompenzují váhu aktivací většího počtu motoneuronů. Tyto důsledky budou vyhodnoceny prostřednictvím smyslových vjemů a mozeček opět upraví kvalitu akce (v tomto případě se přizpůsobí váze sklenice) (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

2. Ve druhé fázi realizace pohybu dochází k vytvoření pohybového plánu. Tato fáze se v některých literaturách popisuje jako „taktika“. Plán provedení úmyslného pohybu pochází z asociačních korových oblastí, odtud se dále dostává do bazálních ganglií a mozečku. Jak je již uvedeno výše, bazální ganglia se podílejí na iniciaci pohybu a vytvářejí program pro pomalou a ustálenou hybnost. Mozeček a jeho struktury slouží jako kontrolní jednotka prováděného pohybu. Mozečkové hemisféry před-programovávají rychlou cílenou motoriku.

3. Třetí fáze, tzv. start, nebo také začátek pohybu realizuje primární motorická oblast a další struktury motorického kortexu, ten při-

Další nervové struktury, které se kriticky účastní uvedeného procesu: zadní parietální (asociační) korová oblast, prefrontální korová oblast, suplementární (doplňková) motorická korová oblast, premotorická korová oblast, BG a cerebellární mozeček, primární motorická korová oblast (Králíček, 2004).

Doplňková a premotorická korová oblast kontrolují aktivitu axiálního svalstva a proximálního svalstva končetin. Aktivita těchto svalových skupin zajišťuje posturální přípravu na akci, která předchází orientaci trupu a končetiny směrem k cíli. Primární motorická kůra zajišťuje zapojení akrálního svalstva, včetně ruky a prstů. Pro každý úmyslný, cílený, volní pohyb je nezbytné nové nastavení polohy prostřednictvím mechanismů opěrné motoriky. Musí tedy fungovat kontrolní a ovládací mechanismy, které budou zajišťovat jejich vzájemnou koordinaci. Řízení pohybů CNS tedy nezahrnuje pouze plánování svalové akce, ale také předvídání jejich důsledků pro další tělesné segmenty nebo jeho celkovou rovnováhu (Švestková et al., 2017).

3 PŘEDSTAVA POHBU

Člověk je schopen představit si téměř všechno. Dokážeme si představit scény nebo předměty, či objekty, které nevidíme, nebo již neexistují. Mentálně zvládneme provádět činnosti, které ve skutečnosti neprovádíme, či provést ani nedokážeme. Umíme si představit samu sebe jako dokonalého tanečníka, i když na tuto aktivitu reálně nemáme nijak výjimečné schopnosti. Sílu imaginace lze použít i ve vizuální, sluchové a hmatové oblasti (Mulder, 2007).

Mentální představa (imaginace) je vědomý mentální proces definovaný jako mentální stimulace specifického pohybu. Podle tohoto pohledu je motorická imaginace založena na podobném procesu aktivace/deaktivace jako ty, které se podílejí na programování a přípravě skutečné akce. Hlavní rozdíl mezi provedením akce a představivostí stejné akce je ten, že ve druhém případě je motorika blokována na určité kortiko-spinální úrovni (Guillot, Collet, 2010). Představa pohybu je kognitivní proces, ve kterém si subjekt představuje, že vykonává pohyb, který ve skutečnosti není reálně prováděn. Je to dynamický stav, během kterého je interně aktivována reprezentace určité motorické akce bez jakéhokoli motorického projevu. Jinými slovy, motorická představa pohybu vyžaduje vědomou aktivaci mozkových oblastí, které se podílí jak na přípravě, tak také na provádění pohybu (Lotze, Cohen, 2006). Mnoho studií totiž prokázalo, že mozkové oblasti zapojené do skutečného výkonu pohybů jsou také aktivní během jeho motorické představy (Hallett et al., 1994; Gerardin et al. 2000; Grezes, Decety 2001; Kimberley et al., 2006). Bylo také prokázáno zapojení mnoha korových oblastí, a to premotorické, doplňkové motorické a parietální korové oblasti, primární a sekundární senzitivní oblasti, bazálních ganglií a mozečku, a to nejen během skutečného provedení hnutí, ale také během pouhé představy pohybu (Hanakawa et al., 2003). I pouhé pozorování prováděného pohybu má svůj vliv na mozkovou aktivitu. V průběhu pozorování pohybu se opět aktivují oblasti v premotorické kůře, které jsou aktivní i při reálném provedení (stejněho) pohybu. Právě zde hraje ústřední roli koncept zrcadlových neuronů, který je již zmíněn v kapitole 1.7.2 o premotorické korové oblasti (De Vries, Mulder, 2007).

Při představě pohybu byla také prokázána činnost výkonných orgánů, které nejsou pod naší volní kontrolou. Jedná se především o autonomní funkce. Při představě pohybu dochází k zrychlení srdečního tepu a dechového rytmu (Jeannerod, Decety, 1995).

Reálně prováděný pohyb, představa pohybu a pozorování akce je řízeno stejným základním mechanismem. Motorická představa a pozorování akce jsou koncipovány jako „offline“ operace motorických oblastí v mozku (De Vries, Mulder, 2007).

3.1 Využití představy pohybu a její kontraindikace

Je tato forma terapie, tedy využití představy pohybu, vhodná pro všechny pacienty? Při poškození určitých částí mozku dochází k vytěsnění schopnosti představit si pohyby, pohybová imaginace je tedy v tomto případě nesmyslnou terapeutickou inovací (Jackson et al., 2001). Mulder (2007) ve svém článku (Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation) zmiňuje několik studií tvrdících, že léze parietálních laloků může imaginaci pohybu narušit. Pacienti s parietálními lézemi a levými laterálními prefrontálními lézemi si neumí představit pohyb. Pacienti s lézí nebyli schopni předvídat čas potřebný k provedení úkolu s pohybem. Ve studiích bylo zjištěno, že kortikální kůra je důležitá pro vytváření mentálních reprezentací pohybů. Článek autorů Yágüez et al. (1999) dále dokázal, že pokud dojde k poruše bazálních ganglií, dojde k ovlivnění schopnosti představit si provedení pohybu (T. Mulder, 2007).

Představy pohybu jsou všeobecně uznávanou účinnou metodou pro zvyšování motorického výkonu. V současné době je výcvik pohybové imaginace aplikován v rehabilitačních programech v klinických podmínkách. Tato forma terapie může být dostupná všem pacientům bez přítomnosti léze, která by zabraňovala umožnění představy. Existují však problémy s aplikací představy u starších lidí, či pacientů s mrtvicí, a to se sníženou schopností motorické odezvy a kognitivní funkcí. Na základě této skutečnosti musí fyzioterapeut předem posoudit motorické zobrazovací schopnosti pacientů a rozhodnout, zda je tato forma terapie pro pacienta tou pravou metodou. Je zde tedy, jako při ostatním využívání terapeutických metod, důležitý individuální přístup (T. Kawasaki, 2017).

4 FUNKČNÍ POHYB HORNÍ KONČETINY

4.1 Motorická jednotka

Motorická jednotka (dále MJ) tvoří nejperifernější část motorického systému. Je tvořena motoneuronem v míše nebo kmeni a všemi svalovými vlákny, která jsou tímto motoneuronem inervována. MJ je nejmenší část, kterou lze samostatně aktivovat. Velikost MJ se liší v závislosti na velikosti svalu. MJ malých svalů, jako jsou například drobné svaly ruky, obsahují jen pár svalových vláken. Oproti tomu motorické jednotky velkých svalů, jako je například stehenní sval, obsahují i mnoho set svalových vláken (Nevšimalová, Tichý, Růžička, 2002; Ambler, 2011).

4.2 Projev činnosti svalu

Při fyziologickém fungování svalu nevzniká ve svalu žádná spontánní aktivita. Svalový stah vzniká až na základě podnětu daného nervovým systémem. Při poškození nervového vlákna ale dochází k samovolnému stahu jednotlivých svalových vláken, tento jev se nazývá fibrilace. Podnětem pro uskutečnění svalové kontrakce je akční potenciál (S. Trojan et al., 2005).

Akční potenciál je elektrická aktivita činného svalu. Je to signál, či vzruch, který se dále šíří po axonu a vyvolává svalovou kontrakci. K podráždění dojde v případě, pokud na axonovém hrbolku nebo motorické ploténce svalového vlákna dojde k vychýlení potenciálu z klidových hodnot (S. Silbernagl, 2016).

Akční potenciál vzniká tak, že následkem podráždění dojde k otevření iontových kanálů a tím dojde ke změně propustnosti membrány pro některé ionty. Propustnost pro kladné draselné ionty (K^+) vzroste málo, ale propustnost pro kladné sodíkové ionty (Na^+) vzroste až 600krát. Na^+ začnou pronikat z extracelulárního prostředí do nitra buňky. Dochází k tzv. depolarizaci. Pomalu dochází i k navyšování propustnosti K^+ . Draselné ionty K^+ se přemisťují z vnitřní části buňky do jejího okolí a tím dojde k zastavení přeskočení potenciálu a následuje jeho pokles neboli tzv. repolarizaci. V případě, že dojde k prohloubení původního membránového potenciálu, tedy zvýšení výstupu K^+ z buněk, hovoříme o hyperpolarizaci (L. Navrátil, J. Rosina a kol., 2019).

Jeden akční potenciál probíhající po neuritu motoneuronu, vyvolá svalový záskub jedné motorické jednotky. Aby ale došlo k normálnímu svalovému stahu, musí dojít k opakovanému podráždění mnoha motorických jednotek stejného svalu. Přirozený svalový stah má

charakteristiku tetanické kontrakce. Při slabém stahu se opakovaně aktivuje jedna motorická jednotka (MJ), ke které se s postupně zvyšující silou stahu postupně přidávají další MJ. Při fyziologickém svalovém stahu dochází k aktivaci jednotlivých MJ asynchronně. Tímto faktem je dáno, že se vzájemně propletené motorické jednotky při udržování napětí střídají, a tudíž nemusejí být podrážděny tak často. V důsledku dojde při volním stahu k únavě později než při stahu vyvolaném elektrickým podrážděním (Trojan et al., 2005).

K podráždění motoneuronu může dojít jednak reflexně, na základě vnějšího podráždění efektoru, nebo vlastní vůlí, kdy nervový podnět přichází z mozkové kůry. Každý volní pohyb má významnou reflexní složku, která zajišťuje mnoho funkcí, například správnou polohu těla a průběh pohybu. Reflexní i volní pohyby současně působí na synapse motoneuronů, kdy je jejich souhrn výstupním podrážděním (Trojan et al., 2005).

4.3 Svalový tonus

Svalový tonus je reflexně udržitelné napětí svalu, který má velký význam při koordinaci pohybu. Je definován jako míra odporu při pasivním pohybu v kloubu předpokladu, že vyšetřovaný segment pohybu je relaxovaný a kloub není poškozen. Na regulaci svalového tonu se podílejí systémy pyramidový i extrapyramidový, dále mozeček, retikulární formace a spinální motorický okruh (Ambler, 2011).

4.4 Svalová kontrakce

Svalová kontrakce, nebo také zkrácení svalu je stav, kdy je na určité množství fibril aktinu a myozinu vyvíjeno napětí a na úponové šlaše se projevuje síla, která následně vyvolává pohyb (Dylevský, 2009). Podle změny délky svalu rozeznáváme koncentrickou a excentrickou svalovou kontrakci.

4.4.1 Koncentrická svalová kontrakce

Při koncentrické kontrakci dochází ke zkrácení svalů. Kosterní svaly se mohou zkrátit o 30 až 50 % jejich klidové délky, některé však až o 70 %. Průměrná hodnota pro všechny kosterní svaly je 57 % (Rokyta, 2000). Tento typ svalové kontrakce nastane v momentu, pokud svalová síla převyšuje velikost odporu. V tomto případě dochází k pohybu v kloubu a ke zkracování daného svalu. Příkladem této kontrakce může být aktivace m. biceps brachii flexí lokte se závažím (Stoppani, 2016). U tohoto typu svalové kontrakce dochází ke zvětšení objemu svalového bříška. Výsledkem této kontrakce je urychlení, akcelerace pohybu (Dylevský, 2009).

4.4.2 Excentrická svalová kontrakce

Prodlužování, či protažení svalu překonáváním jeho aktivní síly se nazývá excentrická kontrakce. Svalové úpony se od sebe při excentrické kontrakci vzdalují. Výsledkem je brzdící, decelerační pohyb (Dylevský, 2009). Excentrická kontrakce je také nazývána jako negativní práce. Zapojený segment těla se většinou pohybuje směrem dolů (ve směru gravitace), svaly pohyb v tomto směru spíše kontrolují, neiniciují ho. Příkladem může být extenze v lokti se závažím (Hamill, Knutzen, 1995).

4.5 Svaly horní končetiny

Svaly horní končetiny složí člověku jako manipulační a uchopovací orgán. Díky horní končetině jsme schopni sebeobsluhy, která patří do základu aktivit každodenního života, dále k práci, či ke komunikaci. Pro správnou funkci je třeba spolupráce osového skeletu pro zajištění stabilizace polohy těla při manipulaci. Obě horní končetiny tvoří uchopovací orgán a vytvářejí uzavřený kinematický řetězec. Přes to, že obě končetiny většinou pracují současně, dominantní končetina (častěji pravá) má vedoucí roli a druhá končetina má při provádění pohybu roli podporovací (Véle, 2006).

Horní končetina se skládá z mnoha svalů, jeden pohyb však neprovádí pouze jeden, ale celá řada navzájem spolupracujících svalů. Přes to, že svalů HK je celá řada, pro tuto práci byl vybrán jeden z nejzásadnějších svalů paže, a to m. biceps brachii.

4.5.1 Musculus biceps brachii

M. biceps brachii patří do skupiny dvoukloubových svalů. Jeho svalové břicho se dělí na 2 hlavy – caput longum a caput breve. Obě dvě hlavy svalu spojují lopatku s radiem. Caput longum má začátek na tuberculum supraglenoidale scapulae a caput breve začíná na processus coracoideus scapulae. Obě hlavy se společně upínají na tuberositas radii a jako lacertus fibrosus (aponeurosis bicipitalis) do povrchové fascie předloktí na ulnární straně. Sval funkčně působí na ramenní a loketní kloub. Caput longum provádí abdukci, caput breve provádí addukci v rameni. Významnou funkcí caput breve je flexe v lokti s významnou supinační složkou (Véle, 2006; Hudák, Kachlík, 2017).

4.6 Role motorického a senzorického systému při pohybech HKK

Díky senzorickému systému jsme schopni v prostoru lokalizovat cíl a pomocí motorického systému jsme schopni zvolený předmět uchopit. Motorický systém zahrnuje oblasti nervového systému, jako jsou kůra mozková, mozeček a bazální ganglia, jejichž funkce je nezbytná pro koordinovaný pohyb. K tomu, abychom dosáhli zvoleného cíle je potřeba

vytvoření plánu pohybu, aktivace příslušných svalů (načasování a síla), a dále také způsob, jak tento pohyb případně upravit a vylepšit při náhlé změně situace (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

Senzitivní systém je důležitý pro přijímání podnětů přicházející do organismu z vnějšího prostředí, zahrnuje vnímání bolesti, chladu a tepla, dotyku, tlaku, pohybu a polohy částí těla (Ambler, 2011). Smyslové vjemy přicházejí z periferie, jako informace, co se kolem nás děje a kde se naše tělo nachází. Tento systém nám tedy poskytuje pomyslnou mapu našeho těla v prostoru. Informace z vizuálního systému přicházejí prostřednictvím dvou paralelních cest zapojených do dosažení cíle. Jedna souvisí s tím, čeho bude dosaženo, tedy vnímání a rozpoznání předmětu. Druhá souvisí s tím, kde se daný objekt nachází, tedy s jeho lokalizací. Percepční dráhy směřují ze zrakového kortexu do temporální kůry. Informace o lokalizaci předmětu putují ze zrakového kortexu do parietálního laloku. V průběhu akce se také aktivuje motorický systém, který je zapojen do manipulace s objekty. Vyšší centra kortexu informaci přijmou a dále vytvoří plán pro realizaci celé akce (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

Senzorické informace nám navíc pomáhají upravovat chyby vznikající při provádění pohybu, systém zajišťuje přesnost finální podoby pohybu. Kromě těchto skutečností se získané senzorické informace aktivně podílejí na vytváření plánu pohybu (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

4.6.1 Zrak

Oči jsou pro člověka nejdůležitějším smyslovým orgánem. Některé literatury udávají, že zrakem vnímáme až 90 % veškerých informací. Podstatou vidění je příjem a zpracování informačních signálů o vnějším prostředí formou fotonů viditelného světla. Jako viditelné světlo označujeme část elektromagnetického vlnění, která je vnímatelná lidským okem. Jde o část spektra, která má vlnovou délku mezi 400 až 760 nm. Tento rozsah je určen citlivostí fotoreceptorů sítnice. Ve skutečnosti jsou však fotoreceptory schopny vnímat vlnové délky světla až do 315nm. Materiál oční čočky však světlo vlnové délky kratší než 400 nm pohlcuje (Králíček, 2004).

Zrak slouží k ovládní motoriky hned několika způsoby. Díky zrakové funkci jsme schopni identifikovat objekty nacházející se v prostoru a určit jejich případný pohyb. Zrak nám také poskytuje informace o tom, kde se naše tělo nachází v prostoru, o vztahu jedné

části těla k druhé a o jeho pohybu. Vizualní schopnost hraje významnou roli při kontrole držení těla, lokomoci, i při manipulační funkci (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

4.7 Porucha funkce horní končetiny

Jak je již uvedeno v předchozích kapitolách, na funkci horních končetin má vliv nejen pohybový systém, který je složen z tvrdé a měkké tkáně, ale i CNS. Patologie nervové, či svalové tkáně může mít nemalý, až fatální vliv na kvalitu pohybu horní končetiny. Těžkou poruchu pohybu může zapříčinit léze nějakého z center mozku. Častým projev léze nervové soustavy může být svalová slabost, která je nazývána jako paréza, která může vzniknout při cévní mozkové příhodě. Neméně významnou lézí je porucha svalového tonu (spasticita), či senzitivní deficit. Pokud se jedná o poškození extrapyramidového systému, může dojít k takovým projevům, kterými jsou například poruchy základních posturálních a hybných mechanismů, či pohybových automatismů. V případě léze mozečku může docházet k poruchám rovnováhy a nemožnost koordinace pohybu (Shumway-Cook, Woollacott, 2007).

4.7.1 Paréza

V případě poškození centrálního i periferního motoneuronu vzniká porucha hybnosti, která se podle míry léze projeví jako lehké snížení svalové síly a neobratnosti, nebo u těžšího postižení jako částečná, či úplná ztráta aktivního pohybu. Jako paréza se označuje stav částečné poruchy hybnosti, kdy je alespoň částečně zachován aktivní pohyb segmentu. Stav kompletní poruchy hybnosti, kdy je aktivní pohyb zcela nemožný, se nazývá plegie. Parézy se rozlišují dle lokalizace a míry postižení na monoparézu (porucha jedné končetiny), hemiparézu (pravá nebo levá polovina těla), paraparézu (postižení obou horních nebo dolních končetin), triparézu (postižení 3 končetin) a kvadraparézu (stav poškození všech končetin). Stejnou klasifikaci jako parézy mají také plegie (Ambler, 2011).

4.7.2 Spasticita

U periferních lézí s přerušением reflexního oblouku se svalový tonus snižuje a vzniká hypotonie až atonie. U centrálních lézí bývá tonus naopak zvýšen. Centrální paréza se označuje jako spastická, paréza periferní jako chabá. U menších lézí, kde je porušena jen pyramidová dráha, nedochází k velkému ovlivnění tonu. U větších lézí kortikospinální dráhy, kde převládá porucha extrapyramidových drah, dochází k nerovnováze mezi pyramidovou a extrapyramidovou činností. Zde pak zejména odpadají inhibiční extrapyramidové vlivy. Při této skutečnosti dochází ke zvýšení aktivace až hyperaktivitě gama-motoneuronů, svalový tonus se zvyšuje a vzniká spasticita. Tato skutečnost je prokazatelná odporem, který klade

sval při pasivním pohybu. Jde o tzv. pérový odpor, který narůstá se zvýšením pasivního protažení (Ambler, 2011).

4.7.3 Porucha extrapyramidového systému

Extrapyramidové poruchy se dělí podle převládajících symptomů na dvě skupiny: v 1. případě dochází ke snížení až ztrátě pohybu (hypokinetické příznaky), ve 2. případě dochází k abnormálním volným pohybům (dyskinetické příznaky) (Ambler, 2011).

Hypokineticko-rigidní syndrom

Hypokineticko-rigidní syndrom, nebo také hypokineticko-hypertonický, či parkinsonský syndrom vzniká nedostatkem dopaminu a převahou cholinergních interneuronů. Základním příznakem tohoto syndromu je hypokineze a rigidita. Hypokineze je charakteristická zmenšením rozsahu a amplitudy pohybů. Bradykineze je zpomalené vykonávání pohybu, akineze je jejich ztížený start. Rigidita je zvýšený svalového tonu plastického typu, přesto, že hypertonus ovlivňuje agonisty i antagonisty, převládá ve flexorových svalových skupinách, se kterým souvisí i celkové, flekční držení těla (Ambler, 2011).

Dyskinetický syndrom

Dyskinetický syndrom, nebo také hyperkineticko-hypotonický syndrom vzniká při poruše cholinergních striatálních neuronů. Typickým projevem tohoto syndromu jsou mimovolní pohyby, tedy hyperkineze. Příkladem těchto patologických pohybů jsou chorea, atetóza, dystonie, balismus nebo myoklonie (Ambler, 2011).

4.7.4 Porucha mozečku

Mezi základní mozečkovou poruchu pohybové koordinace patří ataxie. Při paleocerebellárním syndromu je významná porucha rovnováhy, trupová ataxie, ataxie stoje a chůze. Při této poruše dochází k titubaci (kolísání, kymácení). Mozečková ataxie se projevuje při zavřených, ale také při otevřených očích. Neocerebellární syndrom se vyznačuje zejména ataxií končetin. Tato porucha koordinace končetin se projevuje homolaterálně s postižením mozečkové hemisféry. Dochází k postižení jednotlivých svalů nebo svalových skupin, pohyb postrádá plynulost, je rozložen na části. Například při zkoušce prst-nos dochází k hypermetrii neboli přestřelení pohybu (chybí brzda, špatný odhad, porucha agonicko-antagonické aktivace). Porucha koordinace se dále projevuje i na písmu, či řeči. S ataxií souvisí intenční tremor, který se stupňuje se směrem k cíli. Dalším projevem mozečkové poruchy je adiadochokinéza. Jedná se o neschopnost koordinace při rychlém alternujícím (střídavém pohybu) – např. rychlé střídání supinace a pronace předpažených horních končetin.

Mozečkový syndrom je také dobře patrný při intoxikaci alkoholem, dále u roztroušené sklerózy, nádorů zadní jámy lební, lékových intoxikací (např. hydantoniny) nebo u vaskulárních-ischemických poruch (Ambler, 2011).

5 ELEKTROMYOGRAFIE

Elektromyografie (dále EMG) je diagnostická metoda snímající povrchové nebo intramuskulární činnosti kosterního svalstva. Zaznamenává změnu elektrického potenciálu, ke které dochází při svalové aktivaci. (Čáp, Hájek, Henyš, 2018) K tomuto vyšetření se používá speciální přístroj zvaný elektromyograf. Tento přístroj registruje akční potenciál (vzruch), který vzniká aktivací příčně pruhovaného svalu nebo po podráždění periferního nervu. (Švestková et al., 2017) Vzniklý vzruch se šíří nervovým vláknem, aktivuje svalová vlákna a tím vzniká svalový záškub. Tyto záškuby jsou elektrodami snímány, přenášeny do procesoru, zpracovány a zapsány v podobě EMG křivky na obrazovku. (Merletti, Farina, 2016)

Pokud měříme zdravý sval, nevytváří v klidu (při úplném uvolnění) žádné elektrické potenciály. Ty se objevují pouze při volném stahu svalu, během reflexní odpovědi, nebo podrážděním daného nervu, kterým je sval zásobován (Trojan et al., 2005). Toto tvrzení platí pouze na úrovni svalu, snímací zařízení ale detekuje i další signály z lidského těla, viz kapitola „Faktory ovlivňující snímaný signál“.

5.1 Povrchová elektromyografie

Povrchová elektromyografie nám poskytuje informaci o průběhu rozdílu napětí na elektrodách umístěných na povrchu kůže. Na rozdíl od jehlové elektrody tato metoda neposkytuje žádné bližší informace o elektrické aktivitě jednotlivých přilehlých motorických jednotek. Na rozdíl od jehlové EMG nám povrchové elektrody poskytují globálnější posouzení elektrické aktivity svalu díky větší ploše, ze které je záznam získáván. Povrchová elektromyografie je neinvazivní metodou a je snadněji použitelná při zkoumání svalové aktivity testovaných svalů při různých pohybových aktivitách (Čáp, Hájek, Henyš, 2018).

Signál z povrchových elektrod zastupuje záznam aktivity nervosvalového aparátu na své nejnižší úrovni, tedy od α -motoneuronu dál. Je to signál sčítaný z několika akčních potenciálů motorických jednotek (MUAP) v blízkosti snímací elektrody, které jsou současně aktivní (De Luca, 2008)

5.1.1 Povrchové elektrody

Povrchové elektrody snímají bioelektrické signály (akční potenciály) velkého množství aktivních motorických jednotek v blízkosti snímajících elektrod, které jsou umístěny na kůži nad testovaným svalem (Krobot, Kolářová, 2011). Vstupní odpor by měl být při

upevnění co nejmenší. Akční potenciály všech aktivních motorických jednotek, které jsou snímány, jsou elektricky superponované (navrstvené) a výsledkem je tzv. interferenční vzorec (Krobot, Kolářová, 2011; Čáp, Hájek, Henyš, 2018).

Typy povrchové elektrody

Existují dvě kategorie povrchové elektrody: Pasivní a aktivní. Pasivní elektroda se skládá z vodivého (obvykle kovového) detekčního povrchu, který prostřednictvím kožního rozhraní elektrody vnímá proud na kůži. Nejjednodušší formu pasivní elektrody tvoří stříbrné disky, které přilnou k pokožce. Aktivní elektrody obsahují zesilovač elektroniky s vysokým vstupem impedance ve stejném pouzdře jako detekční plochy. Toto uspořádání jej činí méně citlivým na impedanci (a tedy kvalitu) rozhraní elektroda – kůže. Současný trend směřuje k aktivním elektrodám. Elektrický kontakt se výrazně zlepšuje například aplikací vodivého gelu mezi elektrodu a kůži. Impedanci lze dále snížit důkladným očištěním kůže a odstraněním odumřelé povrchové vrstvy pokožky (De Luca, 2006).

5.2 Přenos signálu

EMG signál je výsledkem sledu akčních potenciálů motorických jednotek, které jsou zaznamenány povrchovou elektrodou v blízkosti kontrahovaných svalových vláken. Elektromyografický signál je přenášen ze snímacích senzorů do vyhodnocovacího přístroje pomocí analogového signálu. V přístroji poté dojde ke převodu analogového signálu na signál digitální. Výhodou telemetrických systémů je zejména pohodlné provádění měření přirozeného pohybu, který není diskriminován kabely (Čáp, Hájek, Henyš, 2018; Krobot, Kolářová, 2011).

5.3 Faktory ovlivňující snímaný signál

Signál EMG je výsledkem mnoha fyziologických, anatomických a technických faktorů. Účinek některých z těchto faktorů může být řízen vhodnými zjišťovacími metodami. Ne všechny jsou ale v dnešní době regulovatelné současnou technologií a jejich potenciální účinek na signál může být pouze posuzován a respektován (De Luca, 1993)

Příčinnými faktory se rozumí takové faktory, které mají základní nebo elementární účinek na signál. Jsou rozděleny do dvou skupin: vnější a vnitřní (De Luca, 1993).

Z hlediska vlastního měření, analýzy a interpretace dat je třeba charakteru faktorů porozumět a maximalizovat kvalitu výsledného signálu s ohledem na uvedené faktory

(Krobot, Kolářová, 2011). Z důvodu velkého množství faktorů ovlivňujících signál zde zmíním jako příklady jen ty nejzásadnější z nich.

5.3.1 Vnější příčinné faktory

Vnějšími příčinnými faktory se rozumí faktory spojené s elektrodou a jejím umístěním na povrch kůže nad sval. Tyto faktory jsou potencionálně ovlivnitelné a v ideálním případě bychom měli směřovat k jejich maximální eliminaci. Příkladem vnějších faktorů jsou:

1) Konfigurace elektrod, která popisuje:

a) Plochu a tvar povrchů pro detekci elektrod (určují počet aktivních motorických jednotek, které jsou určeny na základě počtu svalů vlákna v jejich blízkosti).

b) Vzdálenost mezi povrchy pro detekci elektrod (určující šířku pásma uspořádání diferenciální elektrody).

2) Umístění elektrody vzhledem k motorickým bodům ve svalu a myotendonóznímu spojení, která ovlivňují amplitudové a frekvenční charakteristiky detekovaného signálu.

3) Umístění elektrody na povrchu svalu vzhledem k bočnímu okraji svalu, který určuje možnou detekci jiného svalu.

4) Orientaci elektrody s ohledem na svalová vlákna, která ovlivňuje hodnotu měřené rychlosti vedení akčních potenciálů a následně i amplitudu a frekvenci signálu (De Luca, 1993).

5.3.2 Vnitřní příčinné faktory

Vnitřními příčinnými faktory jsou fyziologické, anatomické a biochemické vlastnosti svalu. Na rozdíl od vnějších faktorů nemohou být tyto faktory kontrolovány a eliminovány z důvodu omezení současných znalostí a technologie.

1) Svalová aktivita měřeného svalu neboli počet aktivních motorových jednotek v konkrétním čase kontrakce, který přispívá k amplitudě detekovaného signálu.

2) Složení svalového vlákna, které určuje změnu v pH svalové intersticiální tekutiny během kontrakce.

3) Průtok krve ve svalu, který určuje rychlost odstraňování metabolitů během kontrakce.

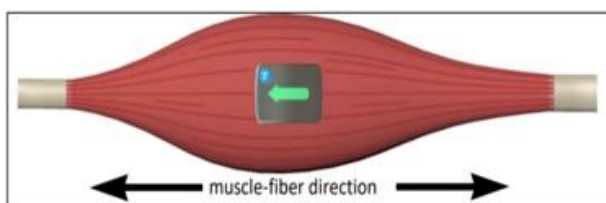
4) Průměr vlákna, který ovlivňuje amplitudu a rychlost vedení akčních potenciálů, které tvoří signál.

5) Hloubku a umístění aktivních vláken ve svalu vzhledem ke snímajícím elektrodám – tento vztah určuje prostorové filtrování a následně amplitudové a frekvenční charakteristiky detekovaného signálu.

6) Množství tkáně mezi povrchem svalu a elektrodou, které ovlivňuje prostorové filtrování signálu.

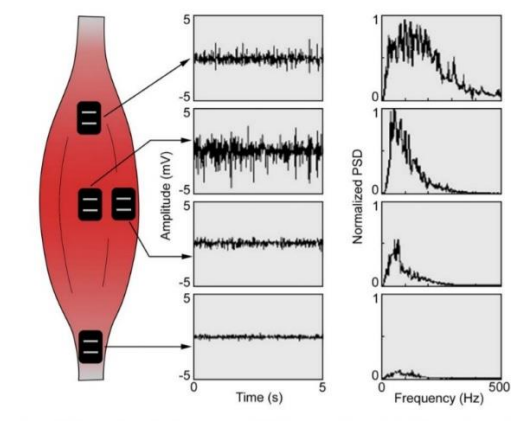
7) V neposlední řadě také aktivita okolních svalů tzv. přeslech (cross talk) - žádný pohyb těla není realizován pouze jedním svalem nebo jednou svalovou skupinou, signál tedy může být ovlivněn také elektrickou aktivitou okolních svalů jako jsou například svaly s respirační funkcí (De Luca, 1993).

Obrázek 7 Správné umístění povrchové elektrody na sval



Zdroj: (De Luca, 2020)

Obrázek 8 Signály z různých umístění elektrod na sval



Zdroj: (De Luca, 1993)

5.4 Hodnocení signálu EMG

Surovým záznamem se rozumí nezpracovaný elektromyografický signál, který představuje interferenční vzorec akčních potenciálů tak, jak je snímán pomocí EMG senzorů. Surový záznam by neměl obsahovat žádné externí šумы, či jiné artefakty, které by mohly negativně ovlivnit jeho kvalitu. Této situaci můžeme předejít dodržáním co nejpečlivější

přípravy měření, jako je očištění pokožky, správné aplikace elektrod a dalších žádoucích faktorů. Výsledný signál, který je snímán, představuje prostorovou a časovou superpozici akčních potenciálů svalových vláken jedné motorické jednotky, označujeme jej jako MUAP (akční potenciál motorické jednotky) (Krobot, Kolářová, 2011).

„Frekvence a velikost EMG signálu jsou charakterizovány velikostí a množstvím snímaných MUAP. Nezpracovaný záznam obsahuje nerovnoměrně uspořádané amplitudy, jejichž průběh představuje interferenční vzorec snímaných akčních potenciálů.“ (Krobot, Kolářová, 2011)

Dále tento surový záznam může obsahovat náhodná vysoká maxima amplitud, která představují synchronní výboje většího počtu motorických jednotek, tato zkušenost může zpříčinit zkreslení informací o míře svalové aktivity. I přes skutečnost, že záznam není zpracován, nám může ozřejmit, zda je sval aktivní, či nikoliv. Z tohoto záznamu jsme také schopni určit míru aktivity svalu v závislosti na testovaném pohybu. Surový záznam, který se skládá z náhodně uskupených amplitud, není přesně reprodukovatelný, proto je třeba dalšího zpracování signálu (Krobot, Kolářová, 2011).

5.4.1 Základní linie

Pokud je sval plně relaxován, neměla by se teoreticky na EMG záznamu objevit jakákoliv aktivita snímaného svalu. Vše záleží na kvalitě zesilovače snímajícího zařízení. Pokud je v záznamu patrný určitý šum, který je snímatelný právě díky citlivosti přístroje, označujeme jej jako základní linii. Základní linie by neměla překročit velikost 10-15 μV . Eliminaci tohoto šumu může pomoci eliminace nežádoucích faktorů ovlivňujících měření. V základní linii může být také patrné klidové napětí svalu (charakterizováno asynchronními výboji motorických jednotek), který může být ovlivněn například výchozí pozicí při měření. Linie musí mít na záznamu počátek na nule. Základní linie by měla být vždy ověřena před začátkem testování, z důvodu přesnosti měření, či správné aplikace elektrod. Tento „pre test“ nám pomáhá k odstranění případných nepřesností měření (Krobot, Kolářová, 2011).

5.5 Delsys

Aby bylo možné práci objektivizovat, pro praktickou část práce byl vybrán přístroj EMG od americké firmy Delsys. Přístroj Trigno Wireless System byl vytvořen pro jednoduché a spolehlivé snímání elektrické aktivity ve svalu. Systém přenáší signál ze senzorů na přijímací základnu pomocí časově synchronizovaného bezdrátového protokolu s minimalizací časové latence skrz senzory. Tento přístroj EMG je navržen tak, aby díky snímaným

signálům poskytoval údaje o pohybu, sílu a délku signálu, nebo také informace o načasování a spouštění signálu. Senzory Trigno snímají přenos signálu z příslušného svalu přes povrchové elektrody připevněné na kůži. Pro maximální amplitudu signálu je důležitá poloha snímající elektrody vůči svalovým vláknům. Elektrodu je třeba umístit po směru vláken. Pro lepší orientaci je na senzoru umístěna šipka. Tato šipka by měla směřovat paralelně se svalovými vlákny, senzor by měl být také umístěn uprostřed svalového břicha snímaného svalu. Umístění senzoru na šlachy, či okraj svalu může způsobit nepřesné měření. Senzor je na kůži připevněn pomocí oboustranné lepicí pásky. (Delsys Adhesive Sensor Interface). Aby bylo snímání co nejpřesnější, měly by se elektrody přikládat na předem očištěnou kůži od mastnoty a již odloučené vrstvy pokožky. Pro spárování senzorů a základny přístroje EMG je třeba využití nainstalovaného softwaru EMGworks Acquisition, který umožňuje komunikaci těchto 2 jednotek pomocí bezdrátového zařízení Bluetooth BLE 4.2. Pro zpracování dat se využívá instalovaný software EMGworks Analysis (De Luca, 2020).

5.6 Využití EMG v klinické praxi

Elektromyografie je v dnešní době jednou z významných diagnostických metod nejen v lékařství. Prostřednictvím vyšetření EMG můžeme odhalit nervosvalová onemocnění, poškození nervových, či svalových center, která umožňují přenos bioelektrického signálu k následnému zpracování. EMG slouží například pro analýzu stavů svalové únavy, chorob motoneuronu, neuropatií, myopatií, či poruch iontových kanálů (Ehler, 2008).

Využití EMG je multifunkční a lze jej využít multi-oborově. V lékařské/klinické diagnostice je hlavním využitím přístroje určení rozsahu poškození u pacientů s pohybovou poruchou. Přístroj převážně slouží jako pomocné vyšetření ozřejmující stav pacienta, dále slouží jako ukazatel pro další rozhodování případné formy terapie. Dále lze elektromyografické vyšetření využít také při sportovním tréninku, a to jako prostředek pro určení stupně trénovanosti a zručnosti. V neposlední řadě multi-oborového využití lze přístroj využít v oblasti aplikované vědy, kde je často prostřednictvím EMG zkoumána analýza pohybu a biomechanika (Krobot, Kolářová, 2011).

Povrchová elektromyografie nám mimo jiné v rehabilitaci slouží ke kineziologickému výzkumu. Umožňuje nám sledování a hodnocení mechanismů strategie kontroly pohybů za fyziologických i patologických podmínek. Objektivně můžeme zkoumat svalové synergie agonisto-antagonistických koaktivací. Dále slouží k ozřejmění míry aktivace svalu

v závislosti na prováděném typu pohybu v určité poloze (určení facilitačního nebo inhibičního efektu na základě amplitudy svalu) (Krobot, Kolářová, 2011).

PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL A ÚKOLY PRÁCE

6.1 Hlavní cíl

Cílem této bakalářské práce je zjistit, zda je možné zaznamenat představu pohybu pomocí povrchového EMG a jaká z testovaných druhů představy má nejsilnější odpověď pozorovatelnou v mikrovoltech (μV)

6.2 Dílčí cíle

Pro dosažení hlavního cíle musí být splněny následující dílčí cíle:

1. Načerpat teoretické znalosti z odborných zdrojů o představě pohybu.
2. Porozumět funkci jednotlivých oblastí CNS, které se při představě pohybu zapojují.
3. Vybrat sledovaný soubor probandů bez předchozích zranění nebo onemocnění horních končetin.
4. Vytvořit metodiku pro realizaci měření pomocí přístroje EMG.
5. Vybrat sledovaný soubor jedinců bez předchozích zranění nebo onemocnění horních končetin.
6. Vyhodnotit údaje měření.
7. Stanovit závěry.
8. Konfrontovat výsledky s vlastními hypotézami.

7 HYPOTÉZY

1. Předpokládám silnější signál při Provedení pohybu (test č. 1) v porovnání s ostatními provedenými testy.
2. Předpokládám, že křivka Představy pohybu (test č. 2), bude po Provedeném pohybu (test č. 1) druhou nejsilnější křivkou.
3. Předpokládám, že na křivky grafů nebude mít pohlaví probandů vliv.

8 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU

Do souboru bylo zařazeno celkem 17 zdravých osob, 9 ženského pohlaví, 8 mužského pohlaví. Všichni probandi byli ve věkové skupině 18–29 let. Jejich průměrný věk byl 23,1 let, průměrná výška 172, 8 cm a průměrná hmotnost 70,5 kg. Všechny 17 osob uvedlo svoji pravou končetinu jako dominantní.

Kritériem pro zařazení do souboru bylo splnění podmínky vyloučení úrazu pohybového aparátu, neurologického a ortopedického nálezu či bolesti, které by mohlo znemožnit či omezit měření. Všechny 17 tázaných osob toto kritérium splnilo. Všichni probandi podepsali informovaný souhlas o průběhu měření, jehož vzor je k nahlédnutí v příloze.

8.1 Údaje o sledovaném souboru

Tabulka 1 Přehled

Proband X	Rok narození (věk)	Váha (kg)	Výška (cm)	Pohlaví	Dominance HK
Proband 1	1998	65	173	M	P
Proband 2	1998	66	167	Ž	P
Proband 3	1998	70	171	Ž	P
Proband 4	1995	64	162	Ž	P
Proband 5	1996	54	172	Ž	P
Proband 6	1995	72	167	Ž	P
Proband 7	1993	81	183	M	P
Proband 8	1991	74	183	M	P
Proband 9	1995	67	172	Ž	P
Proband 10	2001	125	197	M	P
Proband 11	1996	57	165	Ž	P
Proband 12	1997	68	165	Ž	P
Proband 13	1997	56	165	Ž	P
Proband 14	1997	74	177	M	P
Proband 15	1997	70	171	M	P
Proband 16	1996	60	175	M	P
Proband 17	1994	76	173	M	P

Zdroj: Vlastní

9 METODIKA PRÁCE

Před vlastním měřením byli probandi seznámeni s průběhem a účelem měření. Testovaní jedinci nejprve podepsali informovaný souhlas. Následně bylo provedeno základní kineziologické vyšetření, byla odebrána anamnéza. Dále následovala palpace měřeného svalu, očištění kůže, aplikace elektrody na pravou paži, edukace zkoumaných pohybů, měření a následné vyhodnocení získaných dat.

Měření probíhalo ve Fakultním centru zdraví při Fakultě zdravotnických studií ZČU v Plzni. Aby došlo k zachování stejných podmínek pro všechny testované osoby, měření probíhalo u stejného skládacího masážního lehátka (výška nastavena v závislosti na výšce probanda), u kterého seděli na stejné židli (vysoká 45 cm, bez možnosti nastavení výšky). Sklenice, která byla předmětem testování, byla vždy naplněna po rysku.

Pořadí měřených testů bylo pro všechny jedince stejné a neměnné, bude popsáno níže. K měření byl využit EMG přístroj Trigno Wireless System firmy Delsys se softwarem EMGworks a jeden bezdrátový senzor Trigno.

Před samotným začátkem využívání programu EMGworks Acquisition byl vytvořen algoritmus pro zaznamenávání signálu ze svalu. Tento algoritmus je složen z několika částí. V první části byla provedena před-měření pro kontrolu přenášeného signálu. Druhá část se skládá ze čtyř měřených pohybů. Prvním měřeným pohybem bylo napítí se ze sklenice s vodou, kterou měl proband před sebou. Při druhém měření testovaný seděl s otevřenými, či zavřenými očima a představoval si, jak provádí předchozí pohyb, avšak bez pohybu horní končetiny. Při třetím měření testovaný pozoroval druhou osobu (autorku práce), jak pije ze sklenice s vodou. Posledním měřeným úkolem bylo sledování své druhé končetiny, jak provádí pohyb odrážený v zrcadle. Poslední část algoritmu tvořila analýza, během které byla data přenesena do vyhodnocovacího programu EMGworks Analysis.

Před aplikací elektrod bylo palповáno svalové břicho snímaného svalu v izometrické aktivitě daného svalu pro označení nejlepšího místa pro měření. Upřednostňovaným umístěním elektrod je v literatuře uváděn střed svalového břicha. Právě na tomto místě je nejvyšší

Obrázek 9 Sklenice s vodou



Zdroj: Vlastní

amplituda, díky největšímu poloměru a amplituda je přímo úměrná s poloměrem svalových vláken. Toto místo bylo označeno. (Krobot, Kolářová, 2011)

Následně byla provedena příprava kožního krytu ke snížení impedance. Kůže byla očištěna přípravkem na bázi alkoholu a poté se nechala kůže oschnout. Poté byla přilepena oboustranná lepicí páska DELSYS Adhesive Interfaces for Trigno Sensors na obdelníkové elektrodové senzory Trigno. Elektroda byla následně přilepena do středu, na nejširší část svalového břicha, dle předešlého označení. Dále byl zapnut program EMGworks Acquisition, na notebooku Acer Aspire V 17 Nitro. Poté byl proband vyzván, aby se připravil do výchozí pozice dle měřeného testu (popsáno níže). Testovaný si měřený pohyb vyzkoušel 3x před samotným provedením měření. Měření bylo odstartováno puštěním hlasové stopy (3, 2, 1, start). Celkově byl na každý měřený test vyhrazen časový interval 8 sekund. Za tuto dobu měl proband za úkol buď napít se ze sklenice a následně ji položit na výchozí místo (test č. 1), nebo si tento pohyb představit (test č. 2), nebo jej pozorovat (test č. 3, test č. 4). Prováděný pohyb se skládal z koncentrické svalové kontrakce, která trvala 2-3 s, napití se ze sklenice (pauza mezi kontrakcemi sledovaného svalu) trvající 2 s a z kontrakce excentrické, která opět trvala 2-3 s. Mezi jednotlivé testy byla zařazena pauza 10 s, která sloužila pro eliminaci nežádoucí aktivity svalu (např. z předchozího testu), po tuto dobu seděl testovaný jedinec klidně s opřeným předloktím o lehátko. Výsledky měření byly dále filtrovány pomocí funkcí Remove Mean Output, poté funkcí Filter IIR (Butterworth low pass filter) a následně došlo prostřednictvím funkce Root Mean Square k rektifikaci a vyhlazení signálu. (Kompletní nezápracovaná data měření jsou uložena u autorky práce).

9.1 Test č. 1 – Provedení pohybu

Tento test je dále v tabulkách označen modrou barvou a písmenem M (modrá)

9.1.1 Výchozí poloha pro test č. 1

Testovaný zaujímá polohu ve vzpřímeném sedu. DKK jsou postaveny na šíři pánve, plošky nohou jsou opřené celou svojí plochou o zem, testovaná HK (v tomto případě pravá) je opřena o celé předloktí, loket svírá úhel 120°, ruka svírá sklenici s vodou a je opřena o ulnární hranu ruky. Druhá netestovaná HK (v tomto případě levá) je volně položena v klíně o svou dorsální stranu, nezaujímá tedy opěrnou funkci.

9.1.2 **Popis prováděného pohybu**

Proband zaujímá výchozí polohu, po spuštění hlasové zprávy čeká na výzvu, aby začal s provedením prvního měřeného testu. Cílem testu bylo napít se ze sklenice položené před probandem a následně sklenici položit zpět na stůl.

9.2 **Test č. 2 – Imaginace**

Tento test je dále v tabulkách označen oranžovou barvou a písmenem O (oranžová)

9.2.1 **Výchozí poloha pro test č. 2**

Testovaný zaujímá polohu ve vzpřímeném sedu. DKK jsou postaveny na šíři pánve, plošky nohou jsou opřené celou svojí plochou o zem, testovaná HK (v tomto případě pravá) je opřena o celé předloktí, loket svírá úhel 120°, ruka svírá sklenici s vodou a je opřena o ulnární hranu ruky. Druhá netestovaná HK (v tomto případě levá) je volně položena v klíně o svou dorsální stranu, nezaujímá tedy opěrnou funkci.

9.2.2 **Popis prováděného pohybu**

Testovaný jedinec zaujímá výchozí polohu, po spuštění hlasové zprávy čeká na výzvu o začátku druhého měřeného testu. Cílem testu byla představit si předchozí pohyb, tedy napít se ze sklenice položené před probandem a následně sklenici položit zpět na stůl.

9.3 **Test č. 3 – Pozorování**

Tento test je dále v tabulkách označen zelenou barvou a písmenem Z (zelená)

9.3.1 **Výchozí poloha pro test č. 3**

Testovaný zaujímá polohu ve vzpřímeném sedu. DKK jsou postaveny na šíři pánve, plošky nohou jsou opřené celou svojí plochou o zem, testovaná HK (v tomto případě pravá) je opřena o celé předloktí, loket svírá úhel 120°, ruka svírá sklenici s vodou a je opřena o ulnární hranu ruky. Druhá netestovaná HK (v tomto případě levá) je volně položena v klíně o svou dorsální stranu, nezaujímá tedy opěrnou funkci.

9.3.2 **Popis prováděného pohybu**

Testovaný jedinec zaujímá výchozí polohu, po spuštění hlasové zprávy čeká na výzvu o začátku třetího měřeného testu. Cílem testu bylo pozorovat druhou osobu, která sedí před ním. Tato druhá osoba zaujímá také výchozí polohu, pije ze sklenice a následně sklenici pokládá zpět na stůl. Proband při tomto testu pozoruje ruku se sklenicí druhé osoby od začátku testu, po celou dobu pohybu.

9.4 Test č. 4 – Zrcadlo

Tento test je dále v tabulkách označen žlutou barvou a písmenem Ž (žlutá)

9.4.1 Výchozí poloha pro test č. 4

Testovaný zaujímá polohu ve vzpřímeném sedu. DKK jsou postaveny na širší pánve, plošky nohou jsou opřené celou svojí plochou o zem, testovaná HK (v tomto případě pravá) je volně opřená o celé předloktí a ruku, pravá HK je zakryta zrcadlem tak, aby ji proband neviděl. Druhá HK (v tomto případě levá) je opřená o celé předloktí, loket svírá úhel 120°, ruka svírá sklenici s vodou, je opřená o ulnární hranu ruky a je připravena k zahájení pohybu. Proband vidí v zrcadle celou levou HK, dále vidí svá ústa.

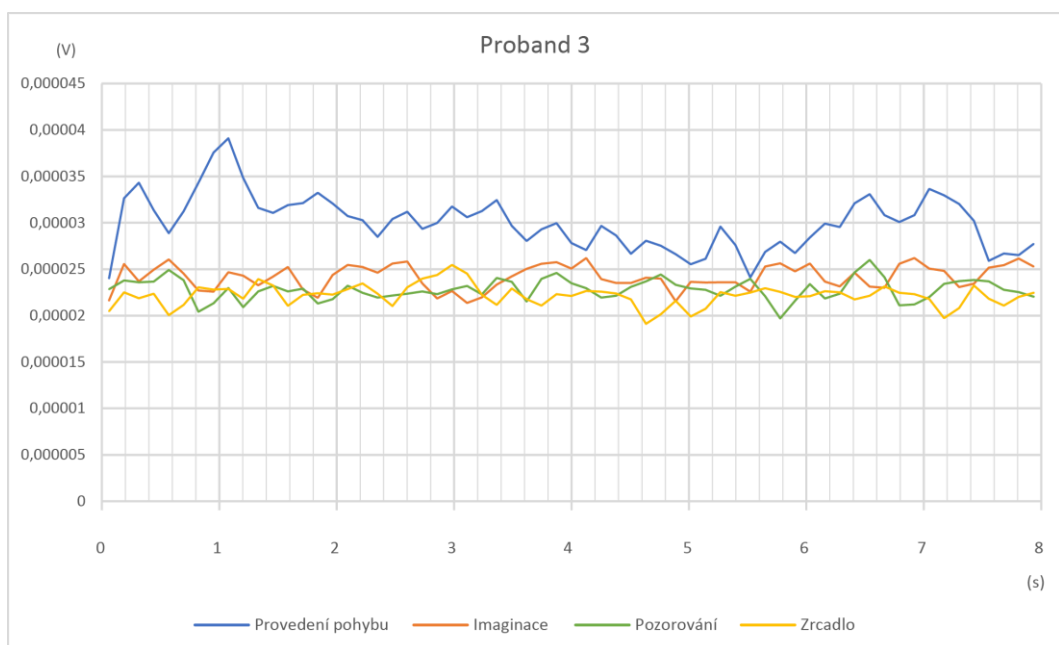
9.4.2 Popis prováděného pohybu

Testovaný jedinec zaujímá výchozí polohu, po spuštění hlasové zprávy čeká na výzvu o začátku čtvrtého měřeného testu. Při tomto testu proband nevidí svojí měřenou HK, která je zakryta zrcadlem. Pohyb provádí druhá končetina (v tomto případě levá). Cílem testu bylo provedení stejného pohybu, jako při testu č. 1, tedy napít se ze sklenice položené před probandem a následně sklenici položit zpět na stůl, ovšem 2. končetinou. Po celou dobu tohoto testu proband pozoruje svoji levou HK v zrcadle, jak provádí daný pohyb.

9.5 Metoda vyhodnocování výsledků

Aby bylo možné zjistit pořadí jednotlivých testů bylo zapotřebí nalézt metodu, která by umožnila grafy vyhodnotit. Vzhledem ke svým znalostem a možnostem jsem ke zpracování zvolila metodu vizuálního porovnání křivek, tak abych odlišila jejich významný rozdíl, který je pohledově patrný. Do grafů byly vloženy vertikální čáry po časovém intervalu 0,2 s. 8 sekund měření bylo tedy rozděleno na 40 úseků. Toto rozdělení grafu nám umožnilo vyhodnotit sílu signálu z každého 0,2 s dlouhého úseku měření. Výsledek byl zanesen do tabulky, dále se pomocí čárkovací metody určilo, kolikrát se umístily měřené testy na jednotlivých místech, poté došlo k seřazení testů od nejsilnějšího signálu po nejslabší (podrobné vyhodnocení je přiloženo v příloze). Výsledky jednotlivých grafů byly dále hodnoceny. Dle níže přiloženého příkladu lze tedy zjistit, že nejsilnějším signálem bylo u vybraného probanda Provedení pohybu (test č. 1), který měl 40x největší amplitudu. Nejslabší signál přístroj zaznamenal u Zrcadla (test č. 4), které se při testu projevilo 26x nejslabší amplitudou.

Graf 1 Příklad vyhodnocení grafu u probanda č. 3



Zdroj: Vlastní

Tabulka 2 Příklad tabulky s vyhodnocením pořadí jednotlivých testů

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	34	4	2
3.	0	4	24	12
4.	0	2	12	26

Zdroj: Vlastní

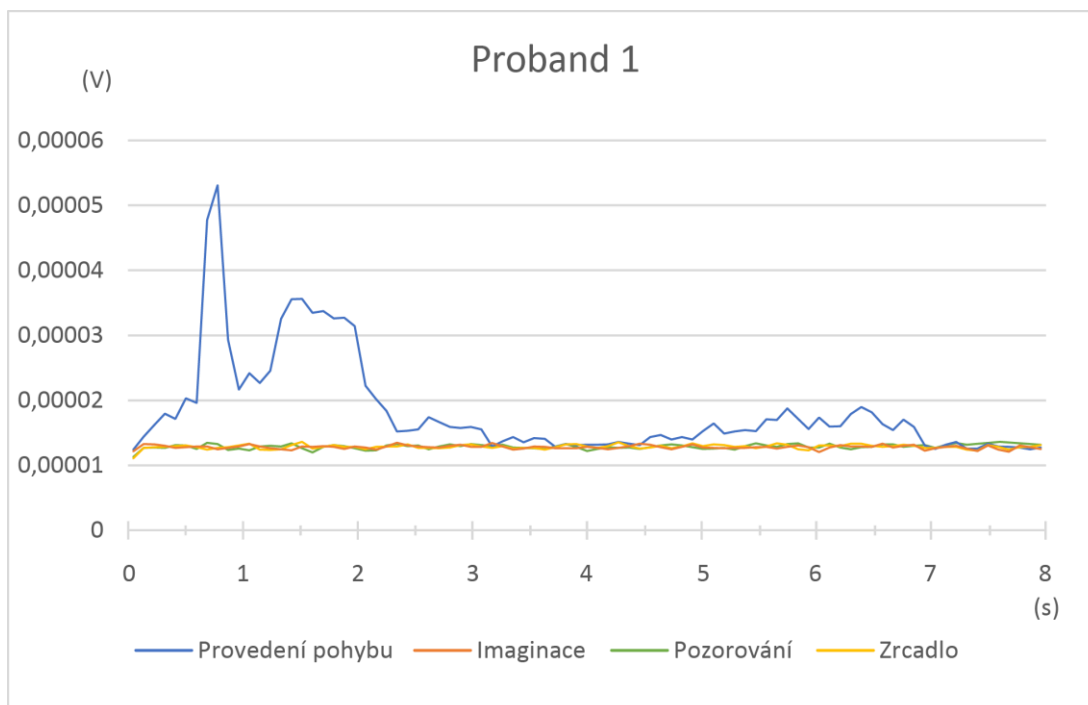
Legenda: M – modrá barva – Provedení pohybu (test č. 1), O – oranžová barva – Imaginace (test č. 2), Z – zelená barva – Pozorování (test č. 3), Ž – žlutá barva – Zrcadlo (test č. 4)

10 ANALÝZA A ZPRACOVÁNÍ DAT

10.1 Grafy měření

10.1.1 Proband č. 1

Graf 2 Výsledky měření u probanda č. 1



Zdroj: Vlastní

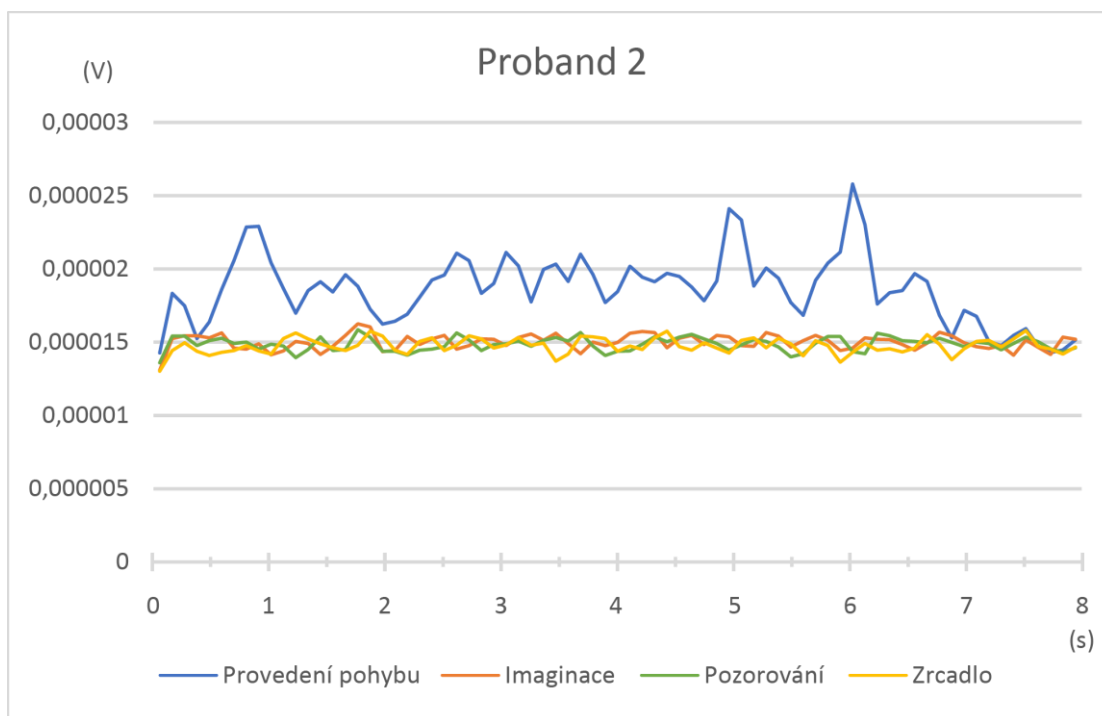
Tabulka 3 Výsledné pořadí testů u probanda č. 1

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	36	0	3	1
2.	2	12	14	12
3.	2	11	12	15
4.	0	17	11	12

Zdroj: Vlastní

10.1.2 Proband č. 2

Graf 3 Výsledky měření u probanda č. 2



Zdroj: Vlastní

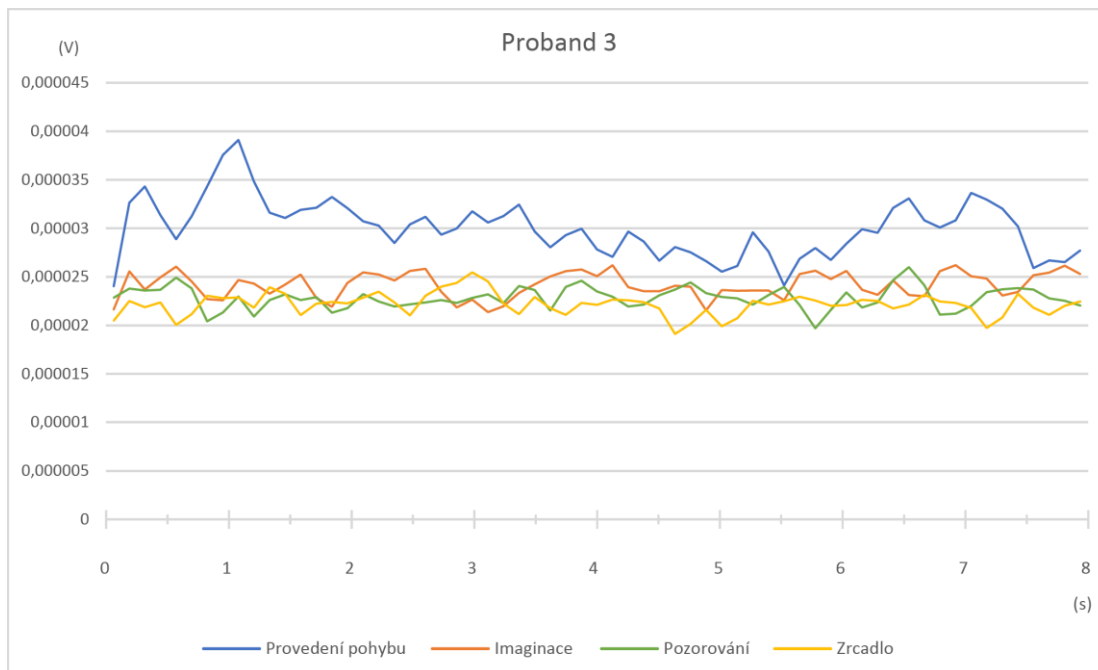
Tabulka 4 Výsledné pořadí testů u probanda č. 2

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	1	20	11	8
3.	0	12	15	13
4.	1	6	14	19

Zdroj: Vlastní

10.1.3 Proband č. 3

Graf 4 Výsledky měření u probanda č. 3



Zdroj: Vlastní

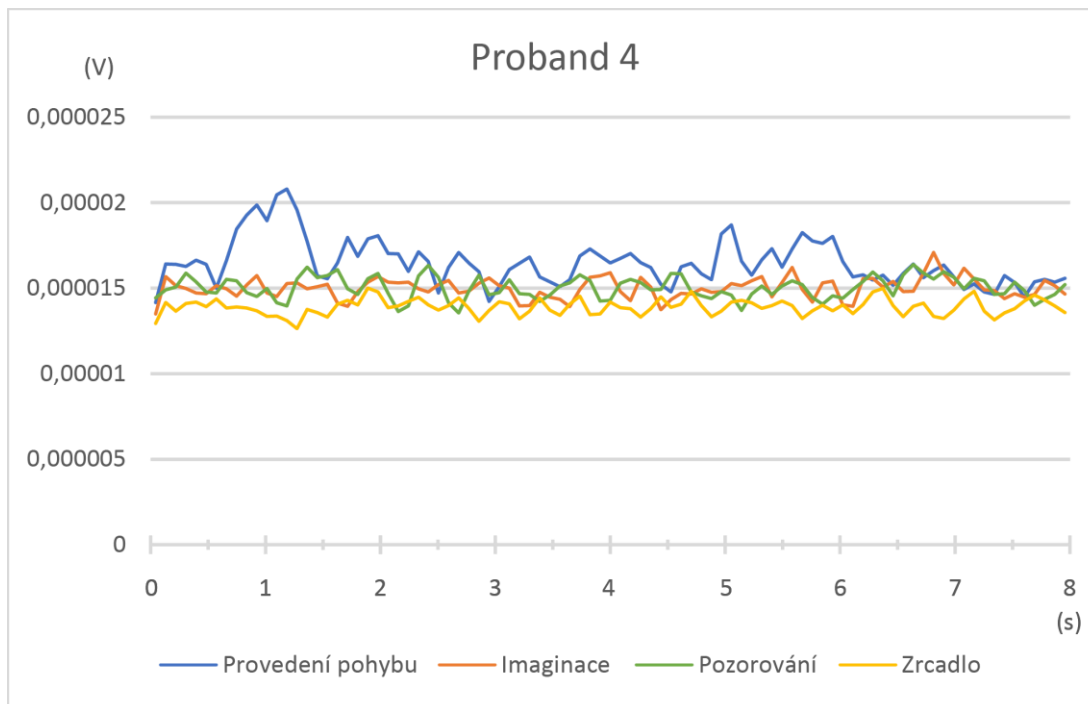
Tabulka 5 Výsledné pořadí testů u probanda č. 3

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	34	4	2
3.	0	4	24	12
4.	0	2	12	26

Zdroj: Vlastní

10.1.4 Proband č. 4

Graf 5 Výsledky měření u probanda č. 4



Zdroj: Vlastní

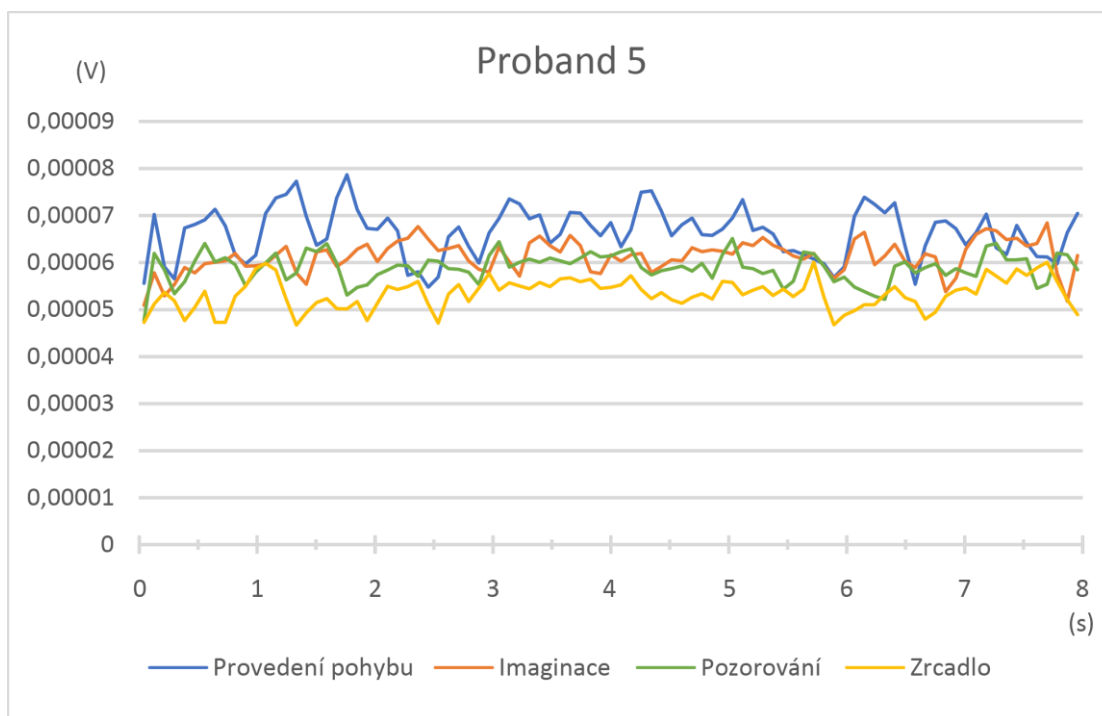
Tabulka 6 Výsledné pořadí testů u probanda č. 4

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	36	3	1	0
2.	3	17	20	0
3.	1	20	19	0
4.	0	0	0	40

Zdroj: Vlastní

10.1.5 Proband č. 5

Graf 6 Výsledky měření u probanda č. 5



Zdroj: Vlastní

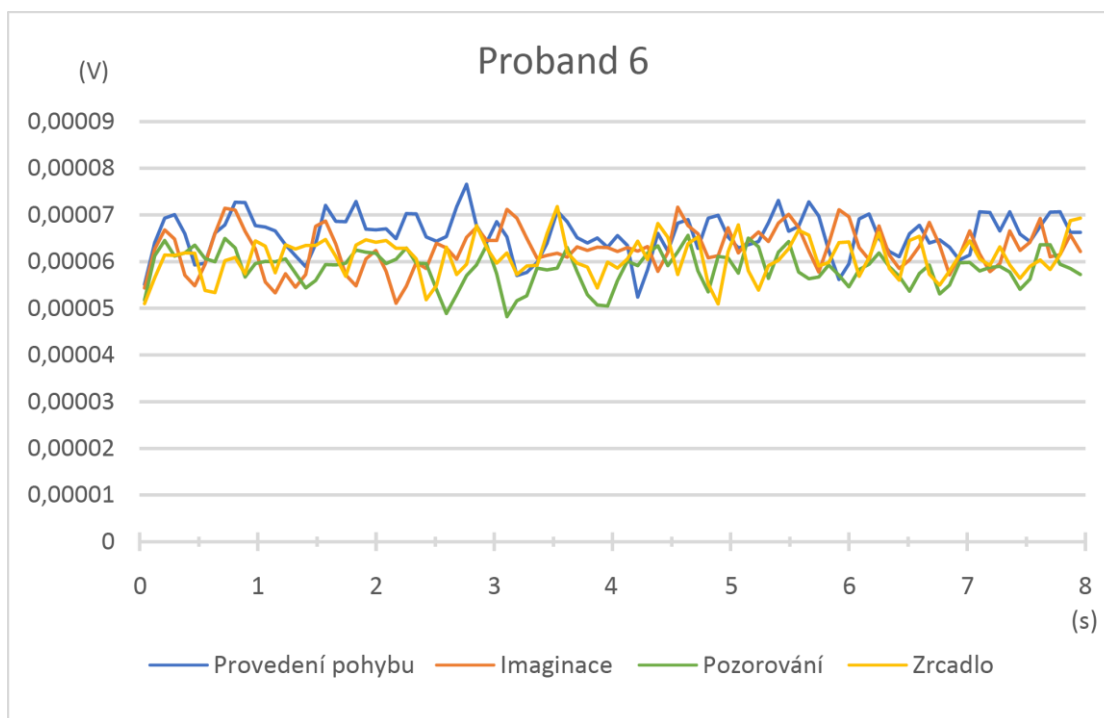
Tabulka 7 Výsledné pořadí testů u probanda č. 5

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	36	3	1	0
2.	4	25	11	0
3.	0	12	27	1
4.	0	0	1	39

Zdroj: Vlastní

10.1.6 Proband č. 6

Graf 7 Výsledky měření u probanda č. 6



Zdroj: Vlastní

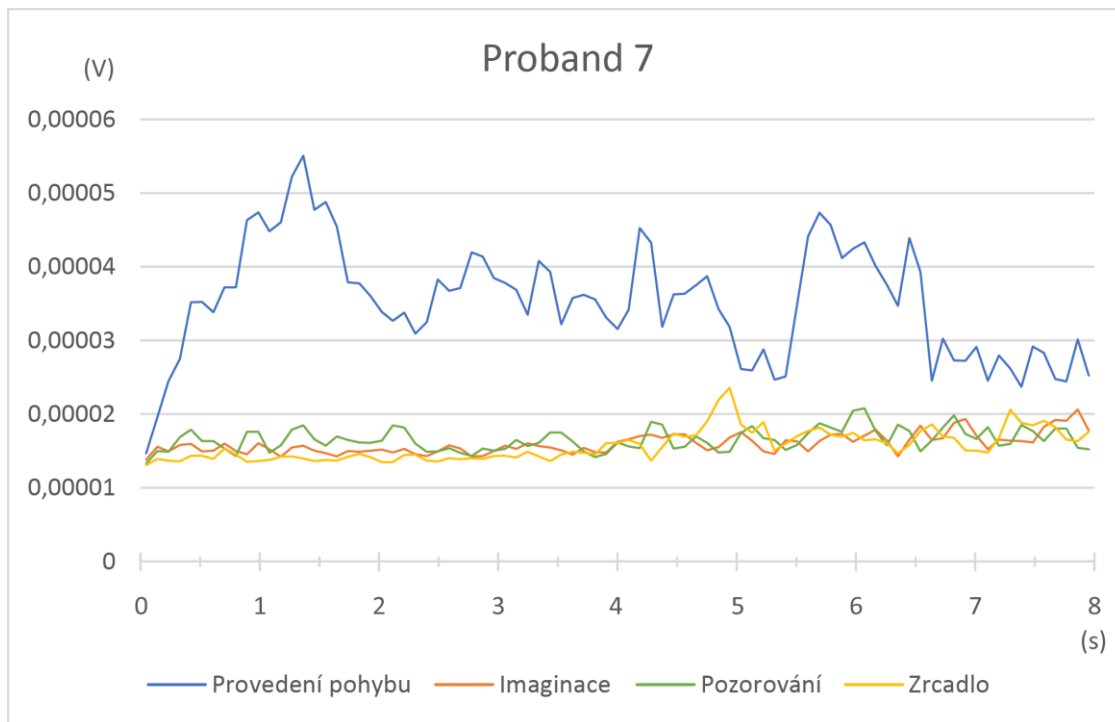
Tabulka 8 Výsledné pořadí testů u probanda č. 6

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	29	7	0	4
2.	8	20	2	10
3.	2	7	12	19
4.	1	6	26	7

Zdroj: Vlastní

10.1.7 Proband č. 7

Graf 8 Výsledky měření u probanda č. 7



Zdroj: Vlastní

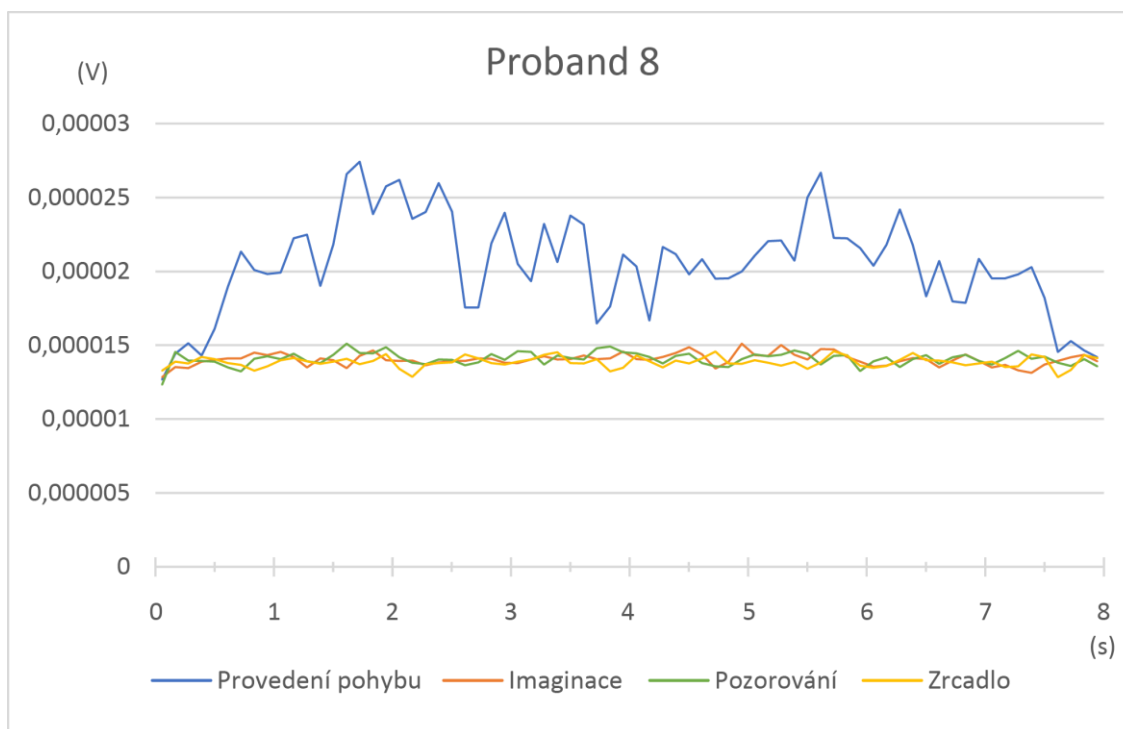
Tabulka 9 Výsledné pořadí testů u probanda č. 7

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	9	22	9
3.	0	22	12	6
4.	0	9	6	25

Zdroj: Vlastní

10.1.8 Proband č. 8

Graf 9 Výsledky měření u probanda č. 8



Zdroj: Vlastní

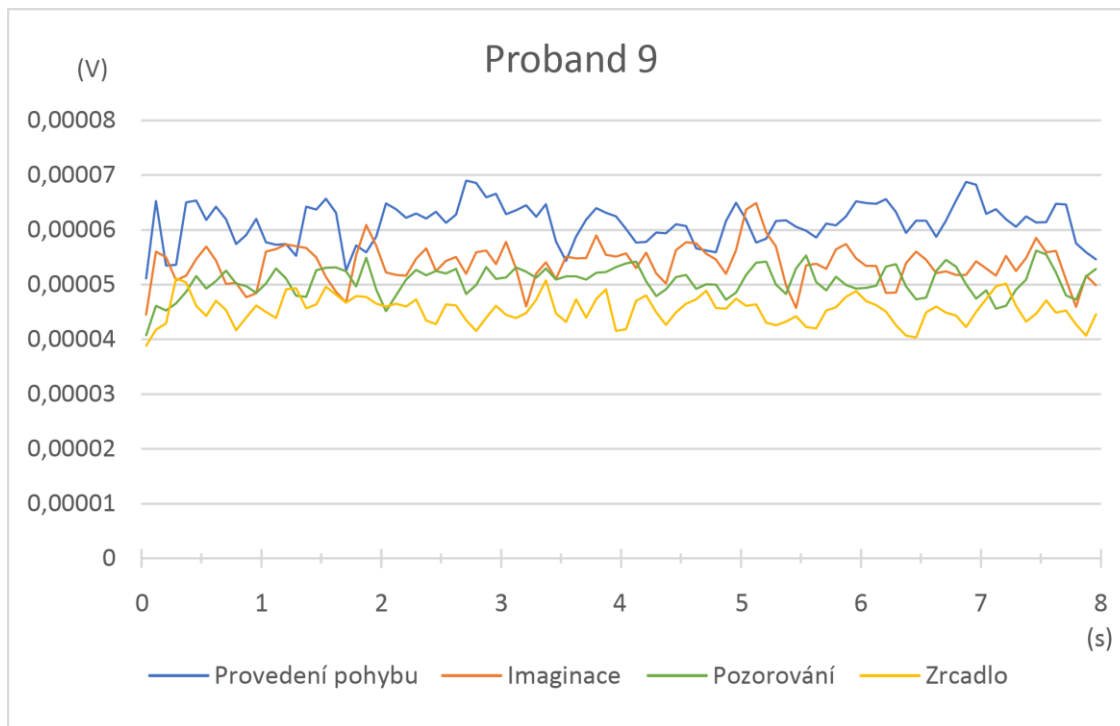
Tabulka 10 Výsledné pořadí testů u probanda č. 8

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	11	19	10
3.	0	18	13	9
4.	0	11	8	21

Zdroj: Vlastní

10.1.9 Proband č. 9

Graf 10 Výsledky měření u probanda č. 9



Zdroj: Vlastní

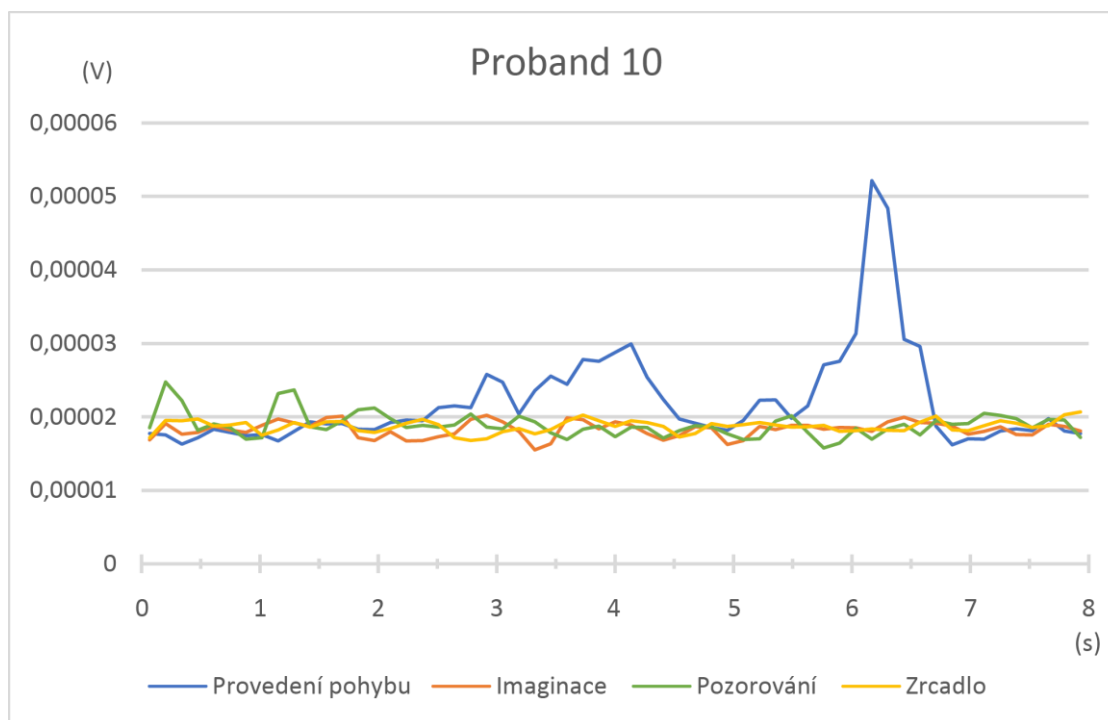
Tabulka 11 Výsledné pořadí testů u probanda č. 9

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	2	35	3	0
3.	0	2	35	3
4.	0	1	2	37

Zdroj: Vlastní

10.1.10 Proband č. 10

Graf 11 Výsledky měření u probanda č. 10



Zdroj: Vlastní

Tabulka 12 Výsledné pořadí testů u probanda č. 10

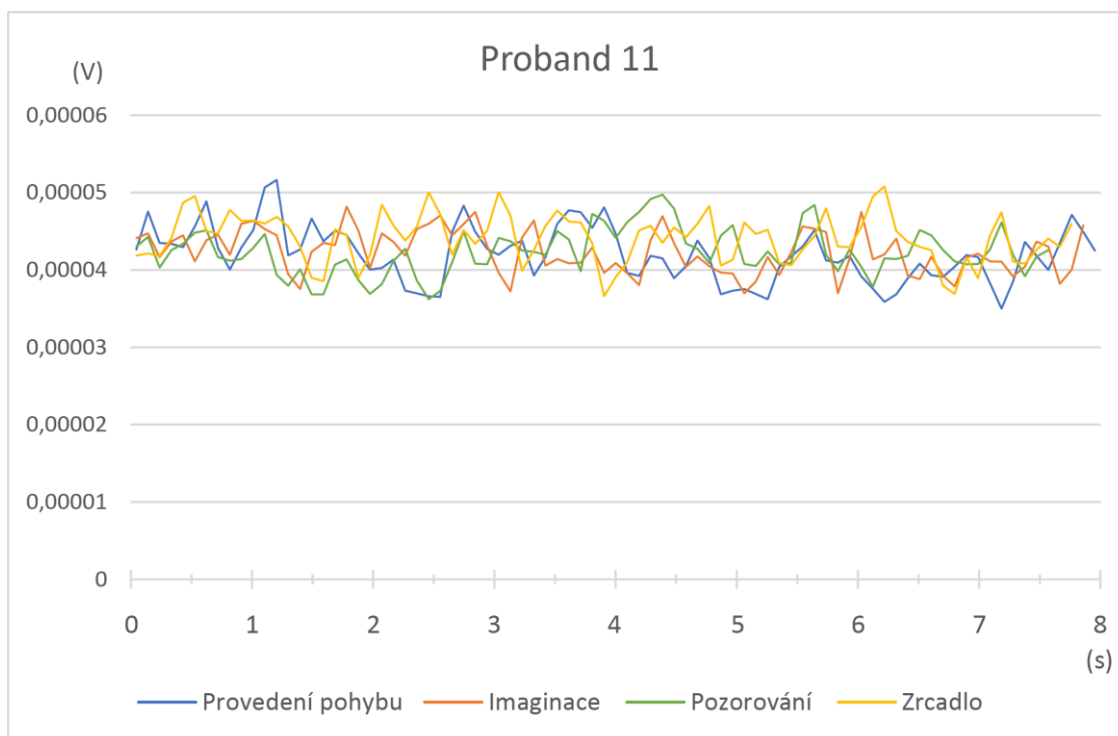
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	22	1	12	5
2.	4	11	8	17
3.	3	15	10	12
4.	11	13	10	6

Zdroj: Vlastní

Pozn. k testu č. 3 (Pozorování): U probanda č. 10 nedošlo k umístění tohoto testu v celkovém pořadí. Nejsilnější signál – test č. 1 (Provedení pohybu), 2. nejsilnější signál – test č. 4 (Zrcadlo), 3. a 4. nejsilnější signál – test č. 2 (Imaginace). V tabulce tedy součet číslic u testu č. 3 není 17, ale jen 16.

10.1.11 Proband č. 11

Graf 12 Výsledky měření u probanda č. 11



Zdroj: Vlastní

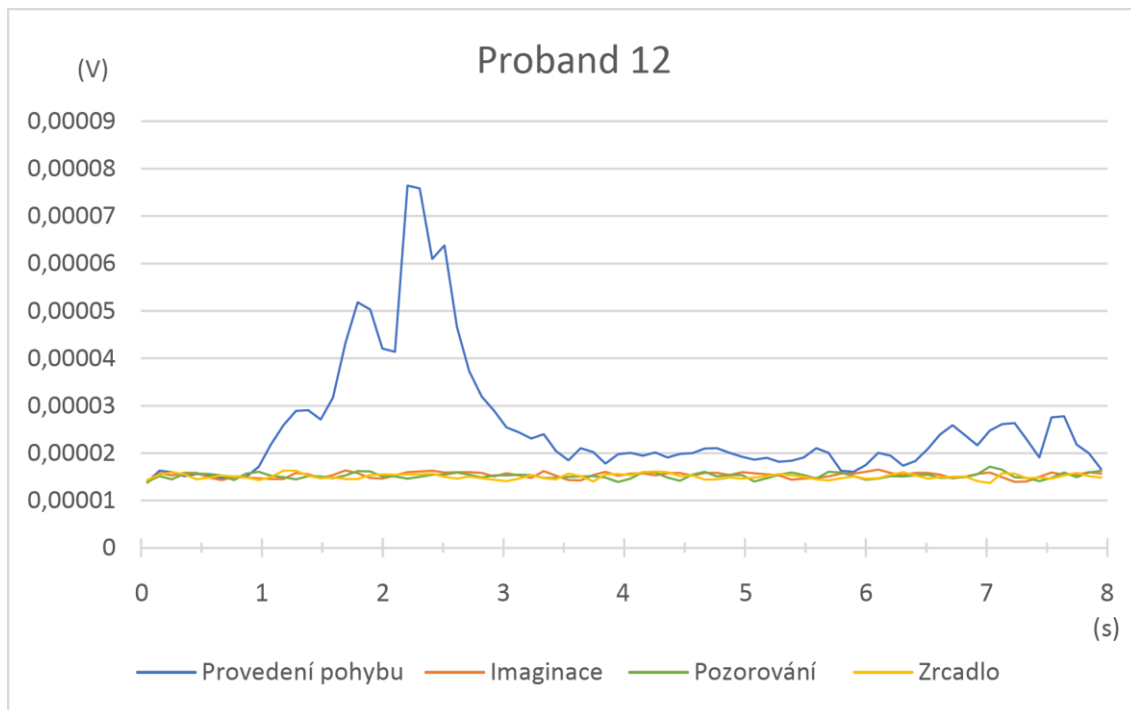
Tabulka 13 Výsledné pořadí testů u probanda č. 11

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	9	5	7	19
2.	4	15	8	13
3.	13	11	10	6
4.	14	9	15	2

Zdroj: Vlastní

10.1.12 Proband č. 12

Graf 13 Výsledky měření u probanda č. 12



Zdroj: Vlastní

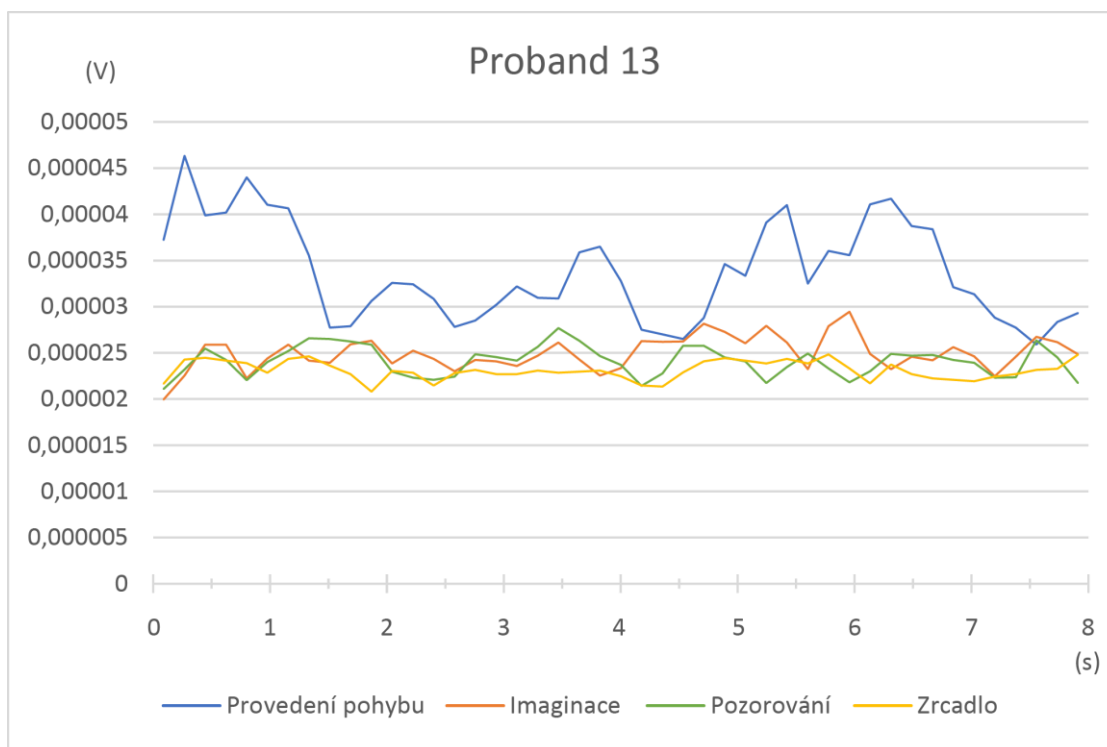
Tabulka 14 Výsledné pořadí testů u probanda č. 12

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	1	1	0
2.	1	20	10	9
3.	1	11	16	12
4.	0	8	13	19

Zdroj: Vlastní

10.1.13 Proband č. 13

Graf 14 Výsledky měření u probanda č. 13



Zdroj: Vlastní

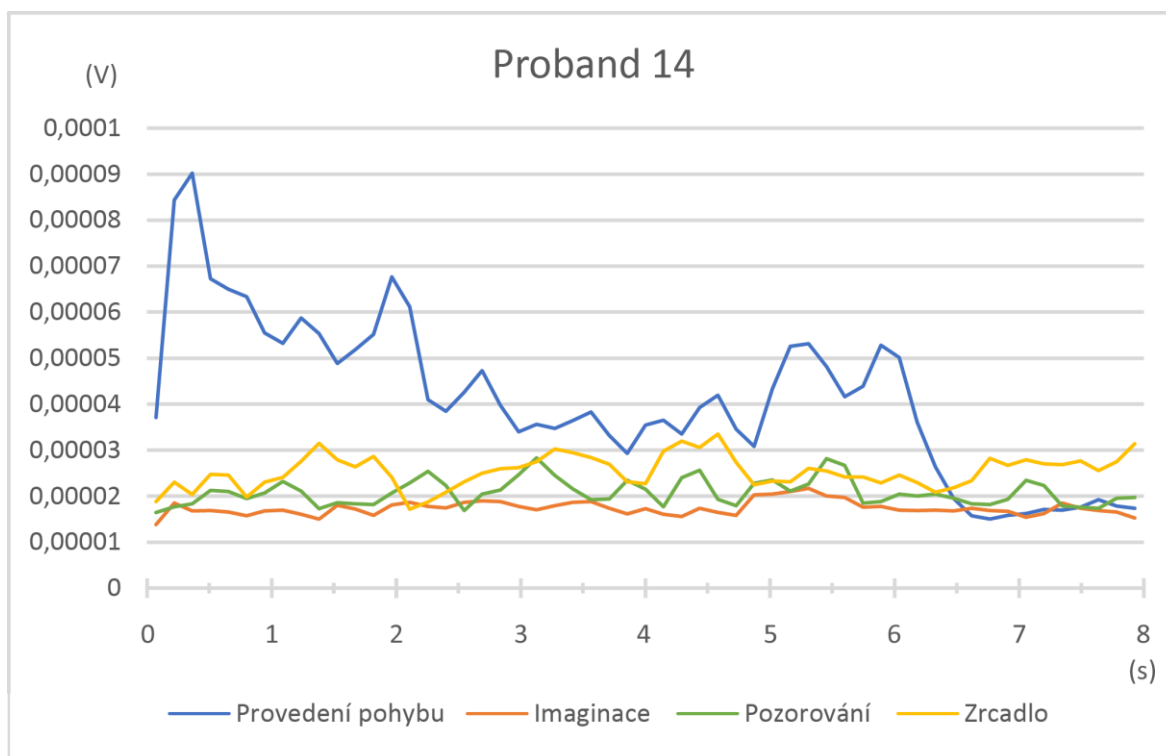
Tabulka 15 Výsledné pořadí testů u probanda č. 13

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	27	12	1
3.	0	12	21	7
4.	0	1	7	32

Zdroj: Vlastní

10.1.14 Proband č. 14

Graf 15 Výsledky měření u probanda č. 14



Zdroj: Vlastní

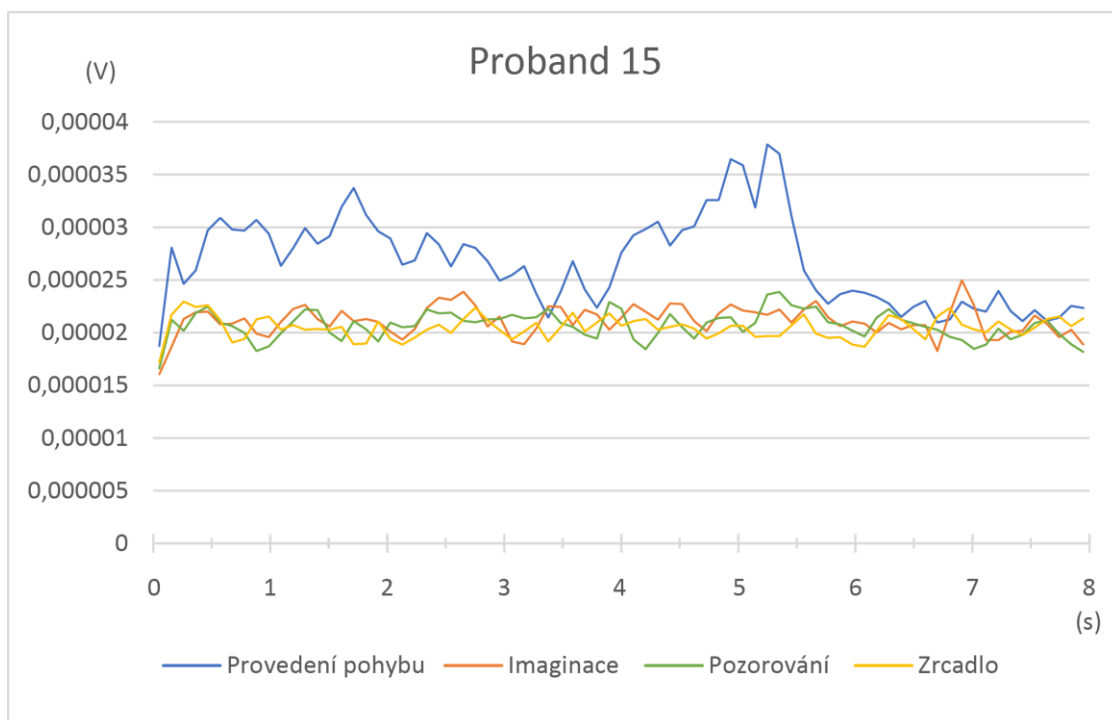
Tabulka 16 Výsledné pořadí testů u probanda č. 14

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	33	0	0	7
2.	1	0	10	29
3.	3	5	28	4
4.	3	35	2	0

Zdroj: Vlastní

10.1.15 Proband č. 15

Graf 16 Výsledky měření u probanda č. 15



Zdroj: Vlastní

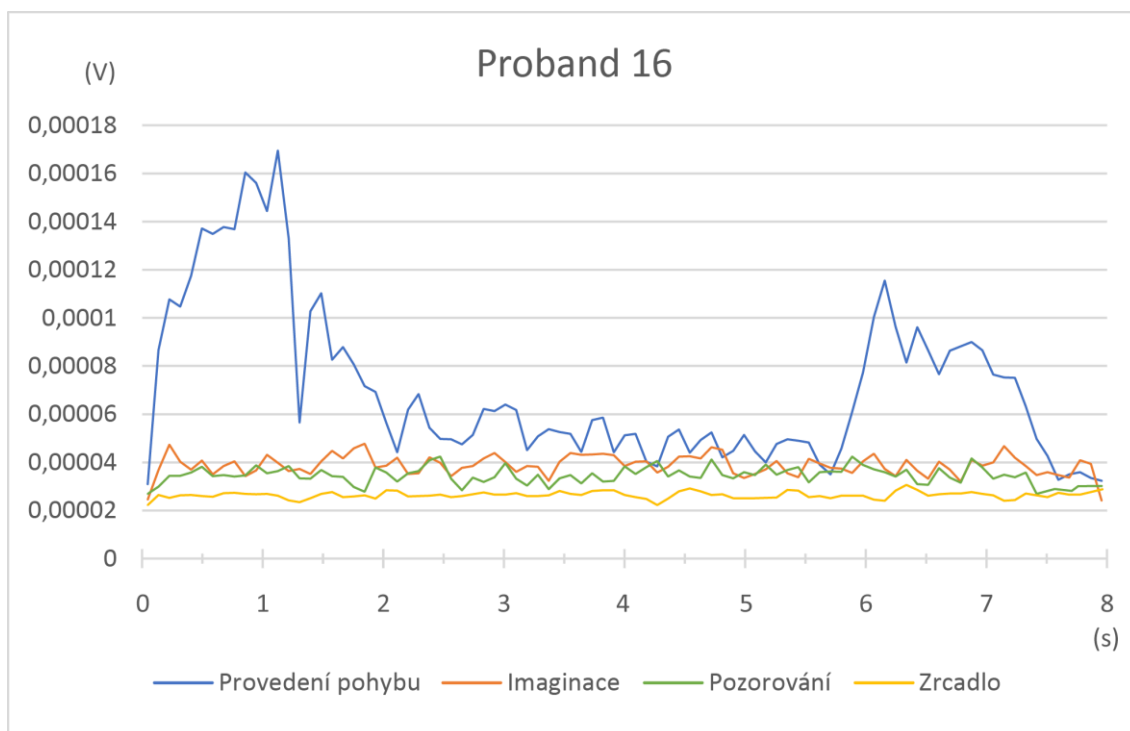
Tabulka 17 Výsledné pořadí testů u probanda č. 15

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	39	1	0	0
2.	1	19	12	8
3.	0	11	19	10
4.	0	9	9	22

Zdroj: Vlastní

10.1.16 Proband č. 16

Graf 17 Výsledky měření u probanda č. 16



Zdroj: Vlastní

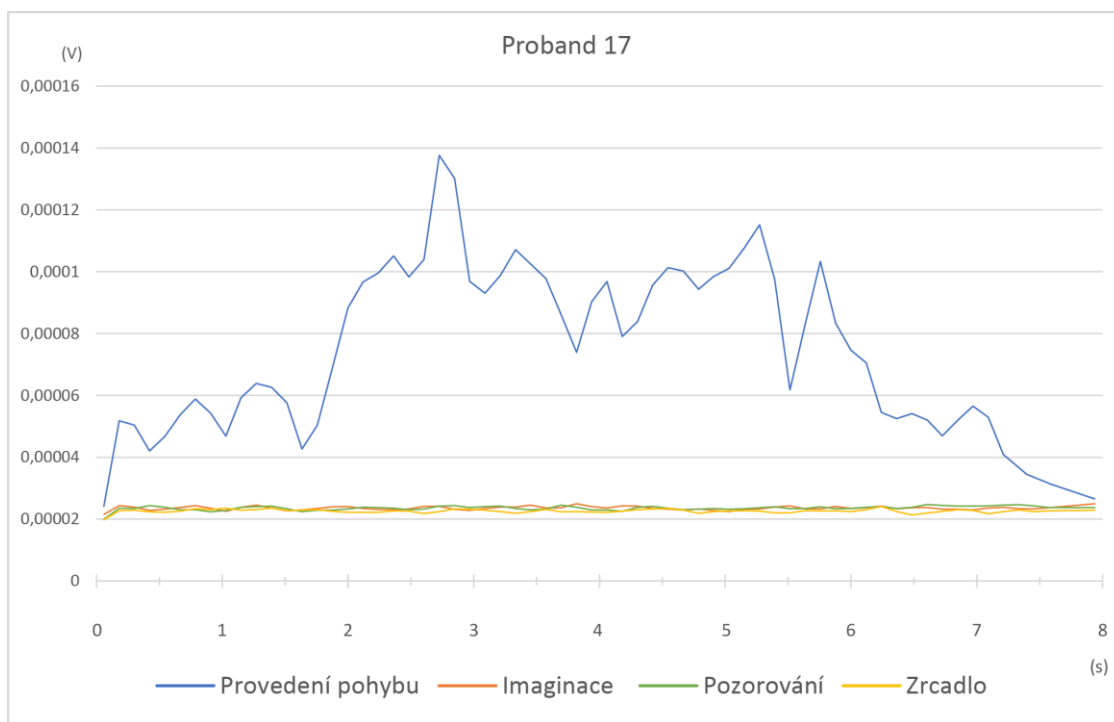
Tabulka 18 Výsledné pořadí testů u probanda č. 16

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	2	33	5	0
3.	0	5	35	0
4.	0	0	0	40

Zdroj: Vlastní

10.1.17 Proband č. 17

Graf 18 Výsledky měření u probanda č. 17



Zdroj: Vlastní

Zdroj: Vlastní

Tabulka 19 Výsledné pořadí testů u probanda č. 17

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	20	19	1
3.	0	17	17	6
4.	0	3	4	33

Zdroj: Vlastní

11 VÝSLEDKY

11.1 Hypotéza 1

Předpokládáme silnější signál při Provedení pohybu (test č. 1) v porovnání s ostatními provedenými testy.

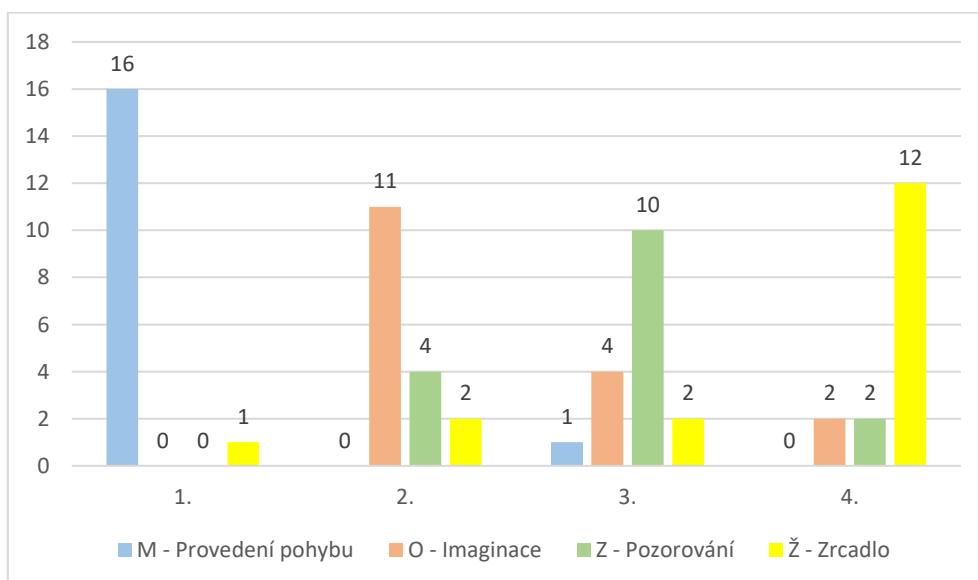
Tabulka 20 Výsledné pořadí jednotlivých testů veškerých grafů

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	16	0	0	1
2.	0	11	4	2
3.	1	4	10	2
4.	0	2	2	12

Zdroj: Vlastní

Pozn. k testu č. 3 (Pozorování): U probanda č. 10 nedošlo k umístění tohoto testu v celkovém pořadí. Nejsilnější signál – test č. 1 (Provedení pohybu), 2. nejsilnější signál – test č. 4 (Zrcadlo), 3. a 4. nejsilnější signál – test č. 2 (Imaginace). V tabulce tedy součet číslic u testu č. 3 (Pozorování) není 17, ale jen 16.

Graf 19 Umístění testů dle síly amplitudy



Zdroj: Vlastní

Legenda: M – modrá barva – Provedení pohybu (test č. 1), O – oranžová barva – Imaginace (test č. 2), Z – zelená barva – Pozorování (test č. 3), Ž – žlutá barva – Zrcadlo (test č. 4)

Odpověď: Hypotézu lze potvrdit

11.2 Hypotéza 2

Předpokládáme, že křivka Představy pohybu (test č. 2), bude po Provedeném pohybu (test č. 1) druhou nejsilnější křivkou.

Pro tuto hypotézu byl využit stejný graf jako u 1. hypotézy

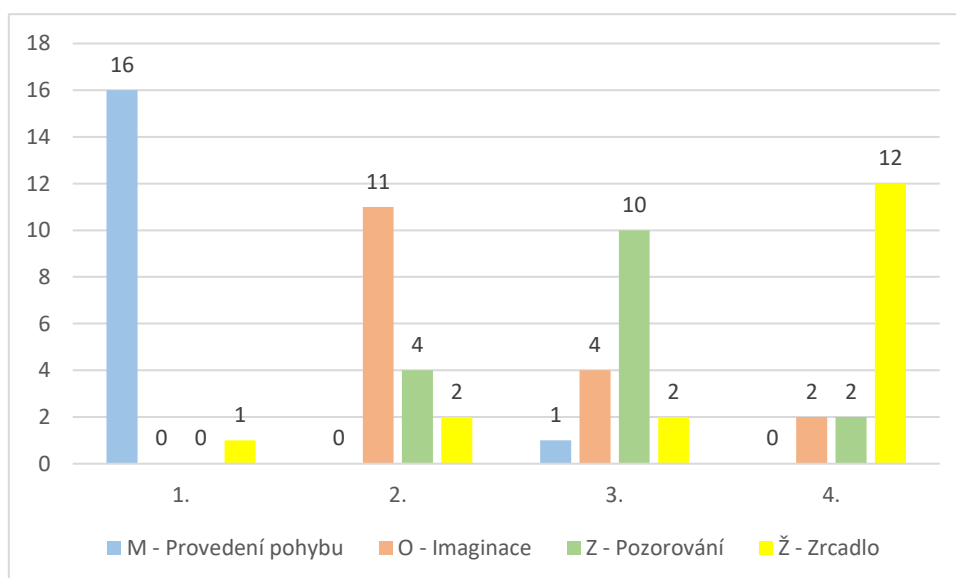
Tabulka 21 Výsledné pořadí jednotlivých testů veškerých grafů

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	16	0	0	1
2.	0	11	4	2
3.	1	4	10	2
4.	0	2	2	12

Zdroj: Vlastní

Pozn. k testu č. 3 (Pozorování): U probanda č. 10 nedošlo k umístění tohoto testu v celkovém pořadí. Nejsilnější signál – test č. 1 (Provedení pohybu), 2. nejsilnější signál – test č. 4 (Zrcadlo), 3. a 4. nejsilnější signál – test č. 2 (Imaginace). V tabulce tedy součet číslic u testu č. 3 není 17, ale jen 16.

Graf 20 Umístění testů dle síly amplitudy



Zdroj: Vlastní

Legenda: M – modrá barva – Provedení pohybu (test č. 1), O – oranžová barva – Imaginace (test č. 2), Z – zelená barva – Pozorování (test č. 3), Ž – žlutá barva – Zrcadlo (test č. 4)

Odpověď: Hypotézu lze potvrdit

11.3 Hypotéza 3

Předpokládáme, že na křivky grafů nebude mít pohlaví probandů vliv.

1. část – umístění jednotlivých testů u mužů a žen

Tabulka 22 Přehled umístění jednotlivých testů u 8 mužů

Muži	1.	2.	3.	4.
Proband č. 1	M	Z	Ž	O
Proband č. 7	M	Z	O	Ž
Proband č. 8	M	Z	O	Ž
Proband č. 10	M	Ž	O	O
Proband č. 14	M	Ž	Z	O
Proband č. 15	M	O	Z	Ž
Proband č. 16	M	O	Z	Ž
Proband č. 17	M	O	Z	Ž

Zdroj: Vlastní

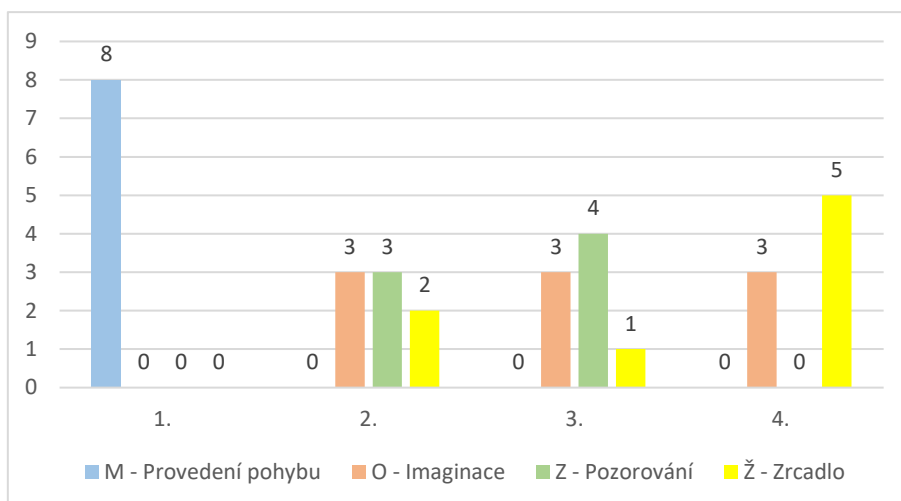
Tabulka 23 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 8 mužů

Muži	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	8	0	0	0
2.	0	3	3	2
3.	0	3	4	1
4.	0	2	0	5

Zdroj: Vlastní

Pozn. k testu č. 3 (Pozorování): U probanda č. 10 nedošlo k umístění tohoto testu v celkovém pořadí. Nejsilnější signál – test č. 1 (Provedení pohybu), 2. nejsilnější signál – test č. 4 (Zrcadlo), 3. a 4. nejsilnější signál – test č. 2 (Imaginace). V tabulce tedy součet číslic u testu č. 3 není 17, ale jen 16.

Graf 21 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 8 mužů



Zdroj: Vlastní

Legenda: M – modrá barva – Provedení pohybu (test č. 1), O – oranžová barva – Imaginace (test č. 2), Z – zelená barva – Pozorování (test č. 3), Ž – žlutá barva – Zrcadlo (test č. 4)

Tabulka 24 Přehled umístění jednotlivých testů u 9 žen

Ženy	1.	2.	3.	4.
Proband č. 2	M	O	Z	Ž
Proband č. 3	M	O	Z	Ž
Proband č. 4	M	Z	O	Ž
Proband č. 5	M	O	Z	Ž
Proband č. 6	M	O	Ž	Z
Proband č. 7	M	Z	O	Ž
Proband č. 8	M	Z	O	Ž
Proband č. 9	M	O	Z	Ž
Proband č. 11	Ž	O	M	Z

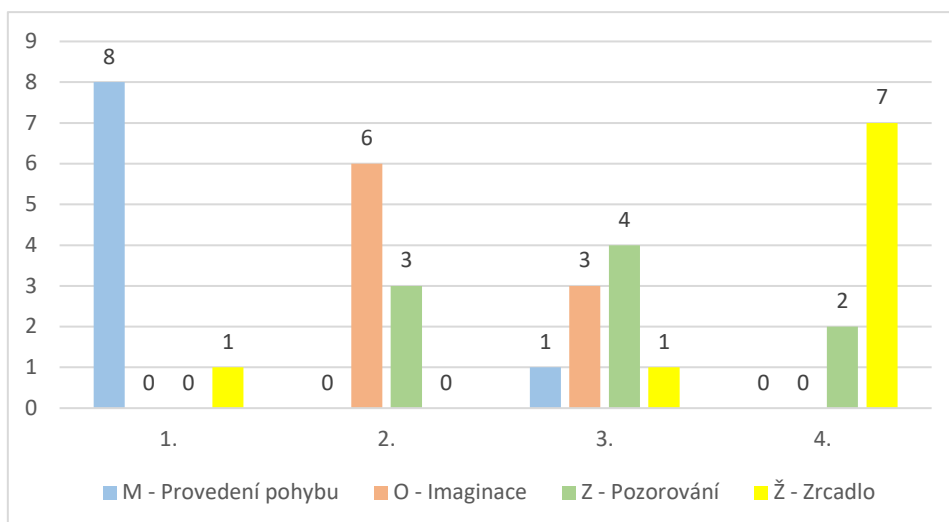
Zdroj: Vlastní

Tabulka 25 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 9 žen

Ženy	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	8	0	0	1
2.	0	6	3	0
3.	1	3	4	1
4.	0	0	2	7

Zdroj: Vlastní

Graf 22 Výsledky umístění pořadí grafů dle síly křivky u 9 žen



Zdroj: Vlastní

Legenda: M – modrá barva – Provedení pohybu (test č. 1), O – oranžová barva – Imaginace (test č. 2), Z – zelená barva – Pozorování (test č. 3), Ž – žlutá barva – Zrcadlo (test č. 4)

2. část – rozdělení grafů dle nárůstu amplitudy signálu testu č. 1 (Provedení pohybu)

Tabulka 26 Navýšení amplitudy u Provedení pohybu (test č. 1)

Nízká	Skupina A	navýšení o méně než 15×10^{-5} Voltů
Střední	Skupina B	navýšení o $16-25 \times 10^{-5}$ Voltů
Výrazná	Skupina C	navýšení více než o 26×10^{-5} Voltů

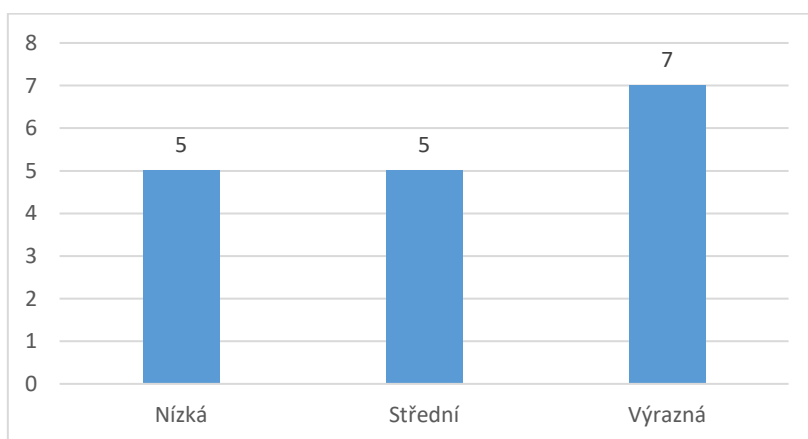
Zdroj: Vlastní

Tabulka 27 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)

Proband č. 1	Výrazná
Proband č. 2	Nízká
Proband č. 3	Nízká
Proband č. 4	Nízká
Proband č. 5	Střední
Proband č. 6	Střední
Proband č. 7	Výrazná
Proband č. 8	Nízká
Proband č. 9	Střední
Proband č. 10	Výrazná
Proband č. 11	Nízká
Proband č. 12	Výrazná
Proband č. 13	Střední
Proband č. 14	Výrazná
Proband č. 15	Střední
Proband č. 16	Výrazná
Proband č. 17	Výrazná

Zdroj: Vlastní

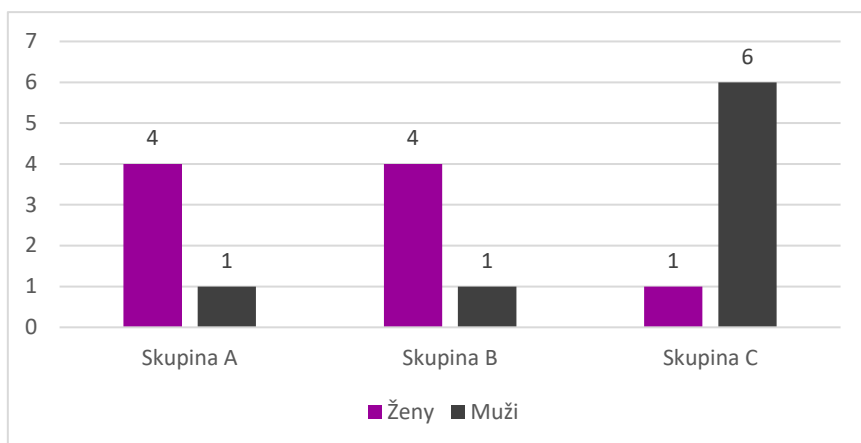
Graf 23 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)



Zdroj: Vlastní

Grafy probandů byly rozděleny na 3 skupiny dle velikosti amplitudy křivky testu č. 1 (Provedení pohybu)

Graf 24 Výsledky navýšení amplitudy všech probandů u testu č. 1 (Provedení pohybu)



Zdroj: Vlastní

Z grafu vyplývá, že muži mají v testu č. 1 silnější odpověď na přístroji EMG než ženy.

Odpověď: Hypotézu nelze potvrdit

DISKUZE

Horní končetina je velmi důležitou částí našeho těla. Jedním ze smyslů HK a jejího cíleného pohybu je obživa, tedy možnost se napít, či najíst. Důležitou funkcí HK je jemná motorika, která nám umožňuje specializovaný, složitý pohyb – úchop. Pokud ale dojde k poruše funkce celé HK, více se soustředíme na jednodušší pohyby. Při vzniku poruchy funkce HK, které mohou nastat z důvodu poškození mozku, alespoň usilujeme o zajištění pohybu ve velkých kloubech. Jako příklad lze uvést flexi v loketním kloubu, kterou jsme využili v empirické části práce. Flexe v loketním kloubu nám umožňuje přiblížit ruku k ústům. V tomto pohybu shledávám důležitost jak u zdravých, tak i u nemocných jedinců.

Pro tuto práci bylo čerpáno hlavně ze 3 skupin zdrojů. Z knižních zdrojů považuji za nejvíce přínosné knihy *Motor control: translating research into clinical practice* (Shumway-Cook, Woollacott, 2007), *Rehabilitace motoriky člověka* (Švestková, et al., 2017) a *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy* (Véle, 2006). Tyto publikace mi umožnily čerpat znalosti k dané problematice. Z elektronických databáze PubMed bylo po zadání hesla „Motor Imagery“ vygenerováno 3542 vypracovaných studií a článků. Po bližší specifikaci hesly „Imagery in Neurorehabilitation“, či „motor learning“, došlo ke snížení počtu publikací. Pro tuto práci bylo přečteno přes 50 abstraktů, z nichž bylo relevantních 31. Pro práci bylo výsledně z této elektronické databáze využito 16 zdrojů. Třetí skupinou zdrojů tvoří stránky výrobce EMG www.Delsys.com. Na této webové stránce jsou k dispozici materiály pro porozumění a ovládní přístroje.

Proběhlo několik pre-testů na jejichž základě došlo k výběru lokace pro konkrétní elektrodu. Jeden z pre-testů byl uskutečněn se dvěma elektrodami, jedna byla umístěna na m. biceps brachii a druhá na m. brachioradialis. Výraznější aktivita byla z grafů viditelná u elektrody umístěné na středu nejširšího místa svalového břicha m. biceps brachii. Ta byla tedy následně použita pro testování. Dále proběhla zkušební testování se skleničkami a plastovými kelímky, s vodou a bez vody. Pro větší autenticitu pohybu při představě byla nakonec zvolena sklenice s vodou. Při zkušebních testech se dále zkoumalo časování. Zkoušeli jsme měření testů s i bez časového limitu na provedení zadaného pohybu (napít se ze sklenice a položit ji zpět před sebe na lehátko). Rozdílné časové intervaly by ztěžovaly zpracování výsledků. Rozhodli jsme tedy o stanovení časového limitu pro lepší orientaci ve výsledném grafu. Dalším úkolem bylo načasování začátku – ten byl u všech probandů

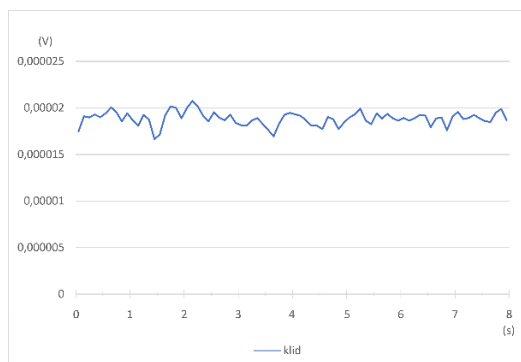
standardizován hlasovou nahrávkou, která jednotlivé testy odstartovala. Toto opatření bylo rovněž realizováno pro lepší orientaci v grafu. Při volbě testovaného pohybu byl volen pohyb, který probandi dobře znají. Zvolený pohyb – napítí se ze sklenice, byl vybrán pro jeho jednoduchost a jeho časté provádění. Zvolené místo pro realizaci testování bylo vždy stejné, probandi seděli vždy na stejné židli, která byla vysoká 45 cm bez možnosti nastavení výšky, a seděli u lehátka, jehož výška byla upravena dle výšky probanda tak, aby testovaná HK svírala úhel 120° v loketním kloubu a testovaný se cítil pohodlně. Samotné zkušební testování proběhlo několikrát, aby došlo k vybrání vhodného intervalu pro měření. Testovaný pohyb byl složen ze 3 fází – koncentrické kontrakce, pauzy – napítí se ze sklenice a excentrické kontrakce. Koncentrická svalová kontrakce trvala 2-3 s, napítí se ze sklenice (pauza mezi kontrakcemi sledovaného svalu) trvala 2 s a excentrická kontrakce trvala 2-3 s. Sekundy jednotlivých pohybů byly před samotným testováním s probandy několikrát vyzkoušeny a byla zvolena taková kombinace, která byla snadno proveditelná, pohyb vypadal a působil přirozeně. Jako výsledný časový limit bylo zvoleno 8 s.

Před začátkem testu byly všechny testované osoby seznámeny s pořadím testů a výchozí polohou pro jednotlivé testy. Bezprostředně před začátkem měření si všichni probandi vyzkoušeli testovaný pohyb 3x, tak aby došlo k nacvičení načasování jednotlivých fází a měření bylo možné u všech provést ve stejném časovém limitu. Mezi jednotlivými měřeními testy byla vždy pauza 10 sekund na relaxaci svalů. Po celou tuto stanovenou dobu byli probandi v klidu, opření o lehátko předloktím, připraveni ve výchozí poloze určené k provedení následujícího testu. Díky podobnosti testů nedocházelo k výrazné změně výchozí polohy. Doba pro relaxaci byla zjištěna po několika zkušebních měřeních, kdy byla vyhodnocena jako dostačující pro eliminaci svalové kontrakce z předchozího provedeného měření. Dále byl přidán hlasový záznam, který sloužil pro orientaci o začátku pohybu. Hlasová stopa byla vždy spuštěna tak, aby na povel „start“ začal nejen testovaný jedinec s pohybem, ale také aby došlo ke spuštění programu EMGworks Acquisition a začátku zaznamenávání snímaného pohybu. Při testu č. 1 bylo možné probandy kontrolovat, zda začali s pohybem včas, při ostatních testech již kontrola možná nebyla. Proband proto vždy po testu sdělil, zda stihl, či nestihl začátek na povel nahrávky, či zda stihl dokončit pohyb ve stanoveném limitu. Pokud načasování nestihl, test byl opakován znovu.

Základní linie by neměla překročit velikost 10-15 μV . Měření klidového napětí bylo provedeno u všech testovaných, avšak zaznamenáno bylo pouze u 10 z nich. U veškerých

testovaných byly prováděny pre-testy, které ozřejmily, že svou velikostí nepřesáhly stanovenou hranici, tudíž bylo možné spuštění měření a jednotlivých testů.

Obrázek 10 Příklad křivky klidového napětí



Zdroj: Vlastní

Bylo zjištěno, že některé signály představ a pozorování pohybu nepřesáhly stanovenou hranici pro základní linii, tedy určitý šum, který je snímatelný právě díky citlivosti přístroje. Přes tuto skutečnost došlo k porovnání a vyhodnocení veškerých signálů testů. V námi naměřených záznamech by se tedy na tomto základě mohla stát diskutabilní nízká hodnota u testů č. 2, č. 3 a č. 4. Je otázkou, zda námi vybraným měřicím přístrojem lze adekvátně změřit zkoumanou problematiku. De Luca (1993) uvádí, že podle současných znalostí existuje pouze jeden způsob, jak omezit a případně eliminovat aktivitu ostatních struktur v EMG signálu detekovaném povrchovými elektrodami, tím je technika dvojitého rozdílu (the double differential technique). Tato technika spočívá v použití povrchové elektrody s třemi detekčními povrchy, které jsou rovnoměrně rozmístěné od sebe. Z detekčních povrchů 1 a 2 a detekčních povrchů 2 a 3 jsou získány dva různé signály. Z těchto signálů se poté získává diferenciální signál. EMG signál tedy podléhá dvěma úrovním odlišení. Tento postup má za výsledek odfiltrování signálu, který často odpovídají signálům vycházejícím z jiných svalů. Pokud nelze použít techniku dvojitého rozdílu, existují dva způsoby, jak testovat signál, který je pro nás při měření nežádoucí. Prvním je výpočet frekvenčního spektra signálu EMG, u kterého je podezření, že obsahuje námi nežádoucí signál. Dále výpočet frekvenčního spektra signálu EMG, o kterém se předpokládá, že pochází z požadovaného svalu. Nežádoucí signál bude mít nižší frekvenční spektrum, protože pochází dále od ohniska měření a bude podléhat dodatečnému filtrování. Druhý přístup spočívá v umístění povrchových elektrod na všechny přilehlé svaly a drátových elektrod v hlubokých svalech, aby byly monitorovány na nedostatek aktivity. Tento přístup je ale nepraktický, protože

zahrnuje použití několika povrchových elektrod a vyžaduje použití drátových elektrod. Pokud mají být použity drátové elektrody, je lepší detekovat signál rovnou z námi zkoumaného svalu, protože jsou mnohem méně náchylné k detekci přeslechů. Právě přeslech z ostatních sousedních svalů je důležitou otázkou, protože amplituda analyzovaného signálu je nízká a blíží se hladině šumu. Firma Delsys uvádí, že například na DK je až 17% elektrické aktivity z okolních svalů, a to může být detekováno na povrchu požadovaného svalu. Proto, pokud sousední sval je aktivní spíše než ten, který je přímo pod elektrodou, může být signál přeslechu detekován a nesprávně interpretován jako pocházející ze zájmového svalu. (De Luca, 1993). M. biceps brachii je ale hlavním a také největším svalem na přední straně paže, ostatní svaly tedy budou mít menší aktivitu. Předpokládali jsme tedy, že elektrická aktivita bude snímána právě z námi měřeného svalu.

Obecně platí, že čím větší počet vláken pokryje detekční povrch, tím větší je amplituda EMG signálu (De Luca, 1993).

11.4 Diskuze k hypotéze 1

Hypotéza 1: Předpokládáme silnější signál při Provedení pohybu (test č. 1) v porovnání s ostatními provedenými testy.

V 16 případech byl naměřen nejsilnější signál u Provedení pohybu (test č.1), v 1 případě byl až na 3. místě, a to u probanda č. 11.

Zajímavostí je, proč byl test č. 1 u probanda č. 11 až na 3. místě. Reálně provedený pohyb by měl být ve 100 % případů silnější než pouhá myšlenka, přesto tomu tak nebylo právě v tomto případě. Tento proband byl po vyhodnocení výsledků grafu č. 11 znovu pozván, aby se test zopakoval. Domnívali jsme se, že došlo k chybě v měření, graf při 2. pokusu měření ale dopadl obdobně. Měření bylo možné zopakovat díky brzké analýze dat. Při měření zde byly dodrženy veškeré stanovené podmínky, tak jako tomu bylo u ostatních testovaných jedinců.

11.5 Diskuze k hypotéze 2

Hypotéza 2: Předpokládáme, že křivka Představy pohybu (test č. 2), bude po Provedeném pohybu (test č. 1) druhou nejsilnější křivkou.

Tuto hypotézu můžeme potvrdit. V 11 případech (ze 17) se Imaginace (test č. 2) umístil dle síly signálu na 2. místě. 3. nejsilnějším signálem bylo v 10 ze 17 případů Pozorování (test č. 3), na 4. místě se umístilo ve 12 případech ze 17 Zrcadlo (test č. 4).

Nejnižší amplituda signálu se ukázala u většiny probandů u testu č. 4 – Zrcadla. Tato skutečnost byla s největší pravděpodobností způsobena krátkou dobou provádění testu. Literatury se u Mirror Therapy (dále jako MT) neshodují, pokud jde o minimální dobu terapeutického sezení a trvání účinků terapie. Autoři se ovšem shodují nad indikací doby terapie. Dle článků autorů Kyunghoon, et al. (2016), či Dohle (2008) měla terapie pozitivní výsledky po její aplikaci 30 minut denně, pětkrát týdně. Autoři se rozcházejí v celkovém trvání terapeutického programu MT, kdy autoři Kyunghoon, et al. (2016) uvádí 4 týdny a článek autora Dohle (2008) 6 týdnů.

11.6 Diskuze k hypotéze 3

Hypotéza 3: Předpokládáme, že na křivky grafů nebude mít pohlaví probandů vliv.

V této hypotéze nejprve došlo k srovnání pořadí testů dle jejich síly u žen a u mužů, poté je zde uveden graf uvádějící porovnání velikostí amplitud testu č. 1 všech testovaných jedinců, dle těchto amplitud byly vytvořeny 3 skupiny – nízké, střední a vysoké navýšení signálu.

V první části této hypotézy došlo k zjištění, že pořadí jednotlivých testů se mezi probandy ženského a mužského pohlaví výrazně neliší. V obou případech se jako křivka nejsilnějšího signálu umístil Provedení pohybu (test č. 1). Jako 2. nejsilnější signál se u mužů umístily 2 testy, Imaginace (test č. 2) a Pozorování (test č. 3), oba tyto testy měly po určení srovnatelný signál. U žen se na druhém místě umístila pouze Imaginace (test č. 2). Jako 3. test s nejsilnějším signálem se u obou pohlaví prokázalo Pozorování (test č. 3). Nejnižší síla signálu byla vyhodnocena u testu Zrcadlo (test č. 4) a to u mužů i žen.

V druhé části této hypotézy o srovnání pohlaví došlo k rozdělení grafů dle nárůstu amplitudy signálu Provedení pohybu (test č. 1). U Skupiny A šlo o nízký nárůst, který byl menší než 15×10^{-5} Voltů, u Skupiny B šlo o střední nárůst, kdy došlo k navýšení o $16-25 \times 10^{-5}$ Voltů, u poslední skupiny, Skupiny C s vysokým nárůstem, se jednalo o navýšení více než 26×10^{-5} Voltů

- Skupina A – grafy probandů s nízkým nárůstem křivky testu č. 1 byla tvořena 5 probandy, z nichž se jednalo o 4 ženy a jednoho muže.

- Skupina B – grafy probandů se středním nárůstem křivky testu č. 1 byla tvořena opět 5 probandy, z nichž se jednalo o 4 ženy a jednoho muže
- Skupina C – grafy probandů s vysokým nárůstem křivky testu č. 1 tvořily nejpočetnější skupinu, a to 7 testovaných. Tuto skupinu tvořilo 6 mužů a 1 žena

Tato hypotéza se nepotvrdila, pořadí testů je u obou pohlaví stejné, až na výjimku 2. místa, kde se u mužů vyskytují na této příčce 2 testy, test č. 2 a test č. 3. U žen se na rozdíl od mužů, měl 2. nejsilnější signál pouze test č. 2. K dalšímu významnému zjištění došlo ve druhé části, kde se měřením prokázalo, že při testu Provedení pohybu (test č. 1) mají muži silnější křivku signálu v porovnání se ženami.

11.7 Diskuze k vybraným probandům

11.7.1 Proband č. 6

Při pohledu na graf probanda č. 6 by nás mohl zaujmout počet umístění testu č. 1 (Provedení pohybu). Signál tohoto testu se při použití čárkovací metody sice ukázal jako nejsilnější, avšak jeho číslo není tak vysoké jako u ostatních účastníků (3. nejvyšší číslo v celkovém srovnání testu č. 1 s ostatními probandy – nižší číslo jen u probandů č. 10 a č. 11). Probandem č. 6 byla žena, která se svým věkem, výškou a hmotností pohybovala v průměrných hodnotách. Výchytku výsledků mohlo způsobit chybné měření přístroje. Z důvodu náročnosti testování a pozdější analýzy dat nemohlo dojít k zopakování celého měření.

11.7.2 Proband č. 10

V kapitolách o analýze a zpracování dat a výsledcích je zmíněna tato poznámka:

Pozn. k testu č. 3 (Pozorování): U probanda č. 10 nedošlo k umístění tohoto testu v celkovém pořadí. Nejsilnější signál – test č. 1 (Provedení pohybu), 2. nejsilnější signál – test č. 4 (Zrcadlo), 3. a 4. nejsilnější signál – test č. 2 (Imaginace). V tabulce tedy součet číslic u testu č. 3 není 17, ale jen 16.

Graf u probanda č. 10 je zajímavý jednak nízkým součtem nejvyšších amplitud testu č. 1 (Provedení pohybu), dále také neumístěním testu č. 3. v celkovém pořadí testů. Test č. 1 se na 1. příčce umístil pouze 22x. Toto číslo bylo 2. nejvyšší v porovnání s ostatními probandy (celkově nejvyšší u probanda č. 11 – 13x)

Tento proband se lišil od ostatních testovaných hned několika faktory, které mohly snímaný signál ovlivnit. Jedná se o nejmladšího proband (18 let), který byl zároveň nejvyšší testovanou osobou (197 cm) s nejvyšší hmotností (125 kg). Předpokládáme, že tento součet

faktorů se mohl stát příčinou rozdílných výsledků. Výchytku výsledků mohlo způsobit i chybné měření přístroje. Z důvodu náročnosti testování a pozdější analýzy dat nemohlo dojít k zopakování celého měření.

11.8 Standartizace

Aby došlo k dosažení co nejvyšší kvality práce, snažili jsme se o dodržet stejných podmínek u všech testovaných osob. U každého testovaného jedince tedy došlo k informovanosti o daném měření, testy byly provedeny ve stejném prostředí, testovaný si vyzkoušel testovaný pohyb několikrát před spuštěním měřicího programu. Dále byl kladen důraz na důkladné očištění pokožky a celkové omezení rušivých elementů měření (nechtěné kontrakce svalu, nebo nesprávné, či nedostatečné umístění elektrody na svalové břicho). Přes tuto skutečnost nedošlo k překročení stanoveného limitu pro základní linii velikosti 10-15 μV při představě pohybu a jejích alternativách. Otázkou tedy zůstává, zda je v možnostech autora práce docílit adekvátních výsledků, bereme-li ohled na možnosti a nezkušenost autora. Možným vysvětlením neúspěšného prokázání významnosti představy pohybu se může stát zvolený přístroj, který nemusí být adekvátním pro daný předmět zkoumání. Vhodnější alternativou by se mohly stát například již zmíněné drátové elektrody.

Domníváme se, že pohybová představa může při kombinaci s jinou metodou, či technikou docílit pozitivního vlivu na terapii (např. při terapii funkčních poruch HK). Tento předpoklad by ale bylo vhodné dále zkoumat.

Představa pohybu a její varianty jsou složitým tématem, ve kterém by bylo zajímavé pokračovat. Tato práce nabízí mnoho variant, kterými je na náš výzkum dále možné navázat. Ať už zkoumání využití představy pohybu u pacientů s konkrétní poruchou hybnosti, nebo porovnání pohybové imaginace s jinou rehabilitační technikou v delším časovém horizontu. Dalším zajímavým tématem může být zkoumání již právě zmíněné kombinace pohybové představy s jinou formou terapie. Při pokračování v tomto výzkumu by bylo vhodné zvážit i jiné alternativy, či postupy měření. Kvalitu práce by dále mohl zvýšit i širší vzorek probandů, čímž by se mohly stát získané hodnoty více vypovídající.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení představy pohybu na přístroji EMG a její využití v praxi. Fyziologické projevy pohybové představy lze studovat a zkoumat na různých úrovních neuromuskulárního systému. Tato práce se zabývala zjišťováním změn svalové aktivity m. biceps brachii prostřednictvím povrchové elektromyografie. Pro realizaci praktické části práce byl využíván přístroj Trigno Wireless EMG System a senzory od firmy Delsys. Vyhodnocení získaných dat bylo umožněno prostřednictvím programu Delsys EMGworks Acquisition.

Byl porovnáván rozdíl ve svalové aktivitě sledovaného svalu m. biceps brachii ve čtyřech variantách pohybu napití ze sklenice (1. provedení pohybu a napití se ze sklenice, 2. představa pohybu napití se ze sklenice, 3. pozorování napití se ze sklenice druhou osobou, 4. sledování odrazu v zrcadle, kdy došlo k napití se ze sklenice pomocí druhé končetiny).

Došlo k zjištění výrazného rozdílu mezi Provedením pohybu (test č. 1) a ostatními testy. Signál tohoto testu měl v součtu nejsilnější amplitudu ze všech měřených testů. Dále byly zjištěny rozdíly mezi testy č. 2, č. 3 a č. 4. Představa (Imaginace – test č. 2) měla 2. nejsilnější signál, 3. nejsilnější signál mělo Pozorování (test č. 3), nejslabším signálem ze všech testů bylo pozorování pohybu druhé končetiny v zrcadle (Zrcadlo – test č. 4). Nejslabší signál tohoto testu byl pravděpodobně způsoben krátkou dobou trvání testu. Metodu zrcadlové terapie je totiž nutné provádět pravidelně, a to po dobu 30 minut denně, 5x týdně, několik po sobě jdoucích týdnů, jak uvádějí například studie od autorů Kyunghoon, et al. (2016), či Dohle (2008).

Získaná data o signálu testů č. 2, č. 3 a č. 4 většinou nepřekročily stanovenou hranici pro základní linii, tedy určitý šum, který je snímatelný právě díky citlivosti přístroje. Z výsledků naší praktické části práce nemůžeme konstatovat výraznou významnost této terapie v klinické praxi. Motorická představa je však neinvazivní, nenáročnou a lehce aplikovatelnou metodou, která může sloužit jako pomocná, ale ne jako hlavní a jediná terapeutická technika.

Z výsledků práce vyplývá, že aktivita sledovaného svalu zobrazená na přístroji EMG při imaginaci je velmi malá a plně nenahradí jiné facilitační techniky. Přestože došlo k zjištění odlišných výsledků oproti jiným studiím a nedošlo k potvrzení významnosti této terapie, budou získané vědomosti a zkušenosti s realizací této práce jistým přínosem do praxe.

Práce potvrdila, že použité vybavení není vhodné pro komerční diagnostické použití. Je vhodné k provádění výzkumu vodivosti cílené aktivity svalů. Tato práce slouží jako zdroj informací o neurálních strukturách, které se zapojují nejen při pohybu, ale také při představě, či pozorování pohybu. Při imaginaci se aktivují právě stejná centra jako u reálně provedeného pohybu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AMBLER, Zdeněk. Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]. 7. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-707-3.

BRAIN, W. Russell Brain a Michael DONAGHY. Brain's diseases of the nervous system. 11th ed. New York: Oxford University Press, 2001. ISBN 9780192626189.

CARTEROVÁ, Rita. Lidský mozek. V Praze: Knižní klub, 2010. ISBN 978-80-242.

ČAPEK, Lukáš, Petr HÁJEK a Petr HENYŠ. Biomechanika člověka. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 9788027103676.

ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0143-x.

DE VRIES, S. a T MULDER. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. Journal of Rehabilitation Medicine [online]. 2007, 39(1), 5-13 [cit. 2020-02-14]. DOI: 10.2340/16501977-0020. ISSN 0001-5555. Dostupné z: <https://medicaljournals.se/jrm/content/abstract/10.2340/16501977-0020>

DOHLE, Christian, Judith PÜLLEN, Antje NAKATEN, Jutta KÜST, Christian RIETZ a Hans KARBE. Mirror Therapy Promotes Recovery From Severe Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial. Neurorehabilitation and Neural Repair [online]. 2008, 23(3), 209-217 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.1177/1545968308324786. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968308324786>

DYLEVSKÝ, Ivan. Funkční anatomie. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.

DYLEVSKÝ, Ivan. Obecná kineziologie. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7.

DYLEVSKÝ, Ivan. Speciální kineziologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-1648-0.

EHLER, Edvard. Současné trendy v EMG. Neurologie pro praxi [online]. 2008, 2008(9), 65-68 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2008/02/03.pdf>

GERARDIN, E. Partially Overlapping Neural Networks for Real and Imagined Hand Movements. *Cerebral Cortex* [online]. 10(11), 1093-1104 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1093/cercor/10.11.1093. ISSN 14602199. Dostupné z: <https://academic.oup.com/cercor/article-lookup/doi/10.1093/cercor/10.11.1093>

GRÈZES, Julie a Jean DECETY. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping* [online]. 6.12.2000, 2001(12), 1-19 [cit. 2020-03-20]. DOI: 10.1002/1097-0193(200101)12:1<1::aid-hbm10>3.0.co;2-v. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/1097-0193%28200101%2912%3A1%3C1%3A%3AAID-HBM10%3E3.0.CO%3B2-V>

GUILLOT, Aymeric a Christian COLLET. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery. New York: Oxford University Press, 2010. ISBN 978-0-19-954625-1.

HALLETT, Mark, Jordan FIELDMAN, Leonardo G. COHEN, Norihiro SADATO a Alvaro PASCUAL-LEONE. Involvement of primary motor cortex in motor imagery and mental practice. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. 1994, 17(2), 210-210 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1017/S0140525X00034130. ISSN 0140-525X. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0140525X00034130/type/journal_article

HAMILL, Joseph a Kathleen KNUTZEN. Biomechanical basis of human movement. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995. ISBN 0-68-303863-x.

HANAKAWA, Takashi, Ilka IMMISCH, Keiichiro TOMA, Michael A. DIMYAN, Peter VAN GELDEREN a Mark HALLETT. Functional Properties of Brain Areas Associated With Motor Execution and Imagery. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2003, 89(2), 989-1002 [cit. 2020-02-18]. DOI: 10.1152/jn.00132.2002. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.00132.2002>

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. Memorix anatomie. 4. vydání. Ilustroval Jan BALKO, ilustroval Šárka ZAVÁZALOVÁ. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0.

JACKSON, Philip L., Martin F. LAFLEUR, Francine MALOUIN, Carol RICHARDS a Julien DOYON. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2001, 82(8), 1133-1141 [cit. 2020-02-17]. DOI: 10.1053/apmr.2001.24286. ISSN 00039993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999301042915>

JEANNEROD, Marc a Jean DECETY. Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. 1995, 5(6), 727-732 [cit. 2020-03-20]. DOI: 10.1016/0959-4388(95)80099-9. ISSN 09594388. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0959438895800999>

KAWASAKI, Tsubasa (May 10th 2017). *Clinical Application of Motor Imagery Training, Neurological Physical Therapy*, Toshiaki Suzuki, IntechOpen, DOI: 10.5772/67518. Available from: <https://www.intechopen.com/books/neurological-physical-therapy/clinical-application-of-motor-imagery-training>

KIMBERLEY, Teresa J., Gauri KHANDEKAR, Laura L. SKRABA, Jessica A. SPENCER, Emily A. VAN GORP a Sarah R. WALKER. Neural Substrates for Motor Imagery in Severe Hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2016, 20(2), 268-277 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1177/1545968306286958. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968306286958>

KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.

KROBOT, Alois a Barbora KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.

KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyziologie*. Praha: Karolinum, 2004. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0350-0.

KYUNGHOO, Kim, Lee SUKAMIN, Kim DONGHOON, Lee KYOUNGBO a Kim YOULIM. Effects of mirror therapy combined with motor tasks on upper extremity function and activities daily living of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2016, 28(2), 483-487 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.1589/jpts.28.483. ISSN 0915-5287. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/28/2/28_jpts-2015-808/_article

LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.

LOTZE, Martin a Leonardo G. COHEN. Volition and Imagery in Neurorehabilitation. *Cognitive and Behavioral Neurology* [online]. 2006, 19(3), 135-140 [cit. 2020-02-18]. DOI: 10.1097/01.wnn.0000209875.56060.06. ISSN 1543-3633. Dostupné z: <http://journals.lww.com/00146965-200609000-00004>

MĚKOTA, Karel a Jiří NOVOSAD. Motorické schopnosti. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 802440981x.

MERLETTI, Roberto a Dario FARINA. Surface electromyography: physiology, engineering and applications. Hoboken, New Jersey: Wiley, [2016]. IEEE Press series in biomedical engineering. ISBN 9781118987025.

MULDER, Th. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. Journal of Neural Transmission [online]. 2007, 114(10), 1265-1278 [cit. 2020-02-14]. DOI: 10.1007/s00702-007-0763-z. ISSN 0300-9564. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00702-007-0763-z>

NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. Medicínská biofyzika. 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 9788027102099.

NEVŠÍMALOVÁ, Soňa, Jiří TICHÝ a Evžen RŮŽIČKA. Neurologie. Praha: Galén, 2002. ISBN 80-7262-160-2.

PÁČ, Libor. Základy struktury centrálního nervového systému. Brno: Masarykova univerzita, 1997. ISBN 80-210-1498-9.

PFEIFFER, Jan. Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1135-5.

RAJMOHAN, V. a E. MOHANDAS. Mirror neuron system. Indian Journal of Psychiatry [online]. 2007, 49(1) [cit. 2020-03-08]. DOI: 10.4103/0019-5545.31522. ISSN 0019-5545. Dostupné z: <http://www.indianjpsychiatry.org/text.asp?2007/49/1/66/31522>

ROKYTA, Richard. Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.

ROKYTA, Richard. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. Praha: ISV, 2000. Lékařství. ISBN 8085866455.

SHUMWAY-COOK, Anne a Marjorie H. WOOLLACOTT. Motor control: translating research into clinical practice. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. ISBN 9780781766913.

SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání. Přeložil Kateřina JANDOVÁ, přeložil Miloš LANGMEIER, přeložil Otomar KITTNAR, přeložil Eduard KURIŠČÁK, přeložil Pavla MLČKOVÁ, přeložil Martina NEDBALOVÁ, přeložil Vladimír RILJAK, přeložil Michal WITTNER. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.

STOPPANI, James. Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 381 posilovacích cviků. Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Přeložil Libor SOUMAR. Praha: Grada Publishing, 2016. Sport extra. ISBN 9788024756431.

ŠVESTKOVÁ, Olga, Yvona ANGEROVÁ, Rastislav DRUGA, Jan PFEIFFER a Jiří VOTAVA. Rehabilitace motoriky člověka: fyziologie a léčebné postupy. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 9788027100842.

TROJAN, Stanislav, Rastislav DRUGA, Jan PFEIFFER, Jiří VOTAVA. Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1296-2.

TROJAN, Stanislav. Lékařská fyziologie. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.

VČELÁK, Petr. Šablona pro kvalifikační práce studentů Fakulty zdravotnických studií ZČU v Plzni. Petr Včelák - Materiály pro studenty. [Online] Petr Včelák, 28. leden 2020. [Citace: 29. únor 2020.] <https://home.zcu.cz/~vcelak/fzs-sablona.php>.

VÉLE, František. Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 8072548379.

Yágüez, Lidia, Anthony G.M Canavan, Herwig W Lange a Völker Hömberg. Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's diseases. Behavioural Brain Research [online]. 1999, 102(1-2), 115-127 [cit. 2020-04-11]. DOI: 10.1016/S0166-4328(99)00005-4. ISSN 01664328. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166432899000054>

INTERNETOVÉ ZDROJE

DE LUCA, Carlo J. Imaging the Behavior of Motor Units by Decomposition of the EMG Signal [online]. Delsys.com [online]. Boston, MA, USA, 2008. [cit. 2020-04-21]. ISBN: 978-0-9798644-2-1. Dostupné z: <https://www.delsys.com/downloads/TUTORIAL/imaging-the-behavior-of-mu-by-decomposition-of-the-emg-signal.pdf>

DE LUCA, Carlo J. Trigno® Wireless Biofeedback System: User's Guide [online]. Delsys.com [online] 2020 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.delsys.com/downloads/USERSGUIDE/trigno/wireless-biofeedback-system.pdf>

DE LUCA, Carlo J. The use of surface electromyography in biomechanics [online]. Wartenweiler Memorial Lecture (The International Society for Biomechanics). Delsys.com [online]. NeuroMuscular Research Center, Boston University, 1993 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.delsys.com/downloads/TUTORIAL/the-use-of-semg-in-biomechanics.pdf>

DE LUCA, Carlo J. Surface electromyography: Detection and recording. Delsys.com [online]. 2002 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.delsys.com/downloads/TUTORIAL/semg-detection-and-recording.pdf>

DE LUCA, Carlo. Electromyography: Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. Delsys.com [online]. Boston University, Boston, Massachusetts, 2006 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.delsys.com/downloads/TUTORIAL/emg-encyclopedia-of-medical-devices-and-instrumentation.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 INFORMOVANÝ SOUHLAS	100
PŘÍLOHA 2 ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ O PROBÁNDECH.....	101
PŘÍLOHA 3 GRAFY, PRŮBĚŽNÁ MĚŘENÍ A VÝSLEDKY	102
PŘÍLOHA 4 DODATKOVÉ OBRÁZKY K PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....	119
PŘÍLOHA 5 DELSYS.....	121

PŘÍLOHY

Příloha 1 Informovaný souhlas



Informovaný souhlas

Název bakalářské práce: Imaginace funkčního cíleného pohybu horní končetiny v obraze EMG

Autor práce: Karolina Rathová

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Ryba

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na praktické části bakalářské práce. Byl/a jsem srozuměn/a s podstatou a průběhem celého výzkumu. Byl/a jsem informován/a o výhodách a rizicích, které pro mne vyplívají vzhledem k účasti na bakalářské práci. Souhlasím s použitím veškerých získaných informací do této bakalářské práce. Výsledky mohou být anonymně publikovány dle respektování ochrany osobních údajů. Měl/a jsem možnost vše si řádně promyslet a měl/a jsem možnost dotázat se na vše, co jsem považoval/a za podstatné. Na mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a o možnosti kdykoliv od účasti odstoupit a to i bez udání důvodu.

Jméno, příjmení a podpis autora:

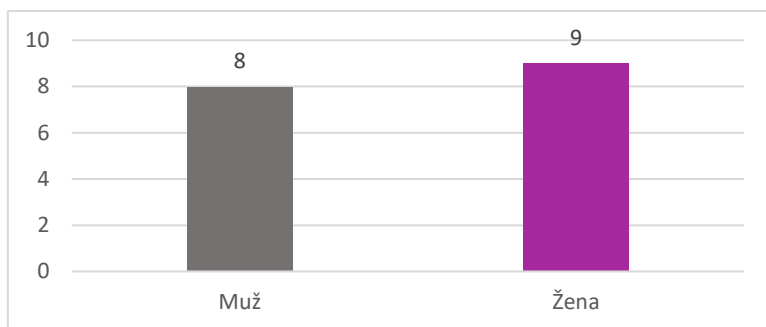
Jméno, příjmení a podpis účastníka:

V dne

Zdroj: vlastní

Příloha 2 Zpracování údajů o probandech

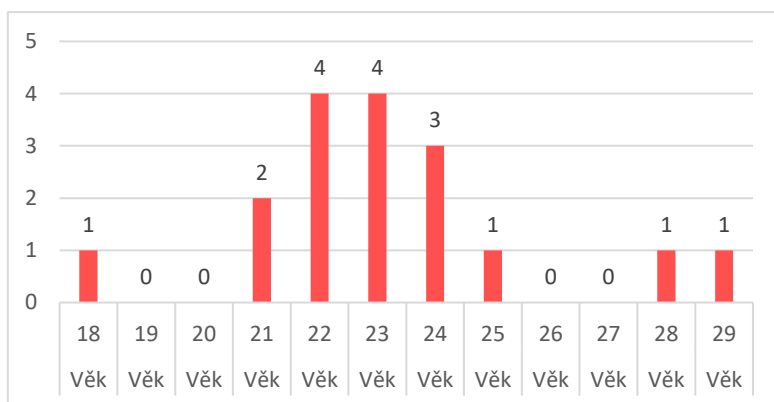
Graf 25 Pohlaví probandů



Tabulka 28 Pohlaví probandů

Pohlaví	Muž	Žena
Počet	8	9

Graf 26 Věk probandů



Tabulka 29 Průměrný věk

Věk	
Průměrný věk	23, 12 let

Tabulka 30 Průměrná váha

Váha	
Průměr	70, 53 kg

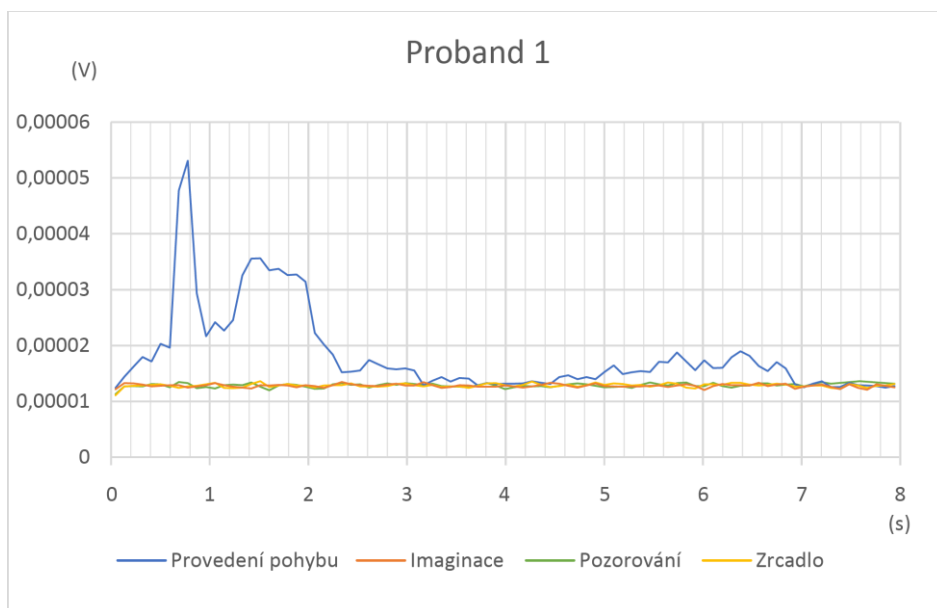
Tabulka 31 Průměrná výška

Výška	
Průměr	172, 82 cm

Příloha 3 Grafy, průběžná měření a výsledky

Proband č. 1

Graf 27 Výsledky měření u probanda č. 1



Tabulka 32 Výsledky probanda č. 1

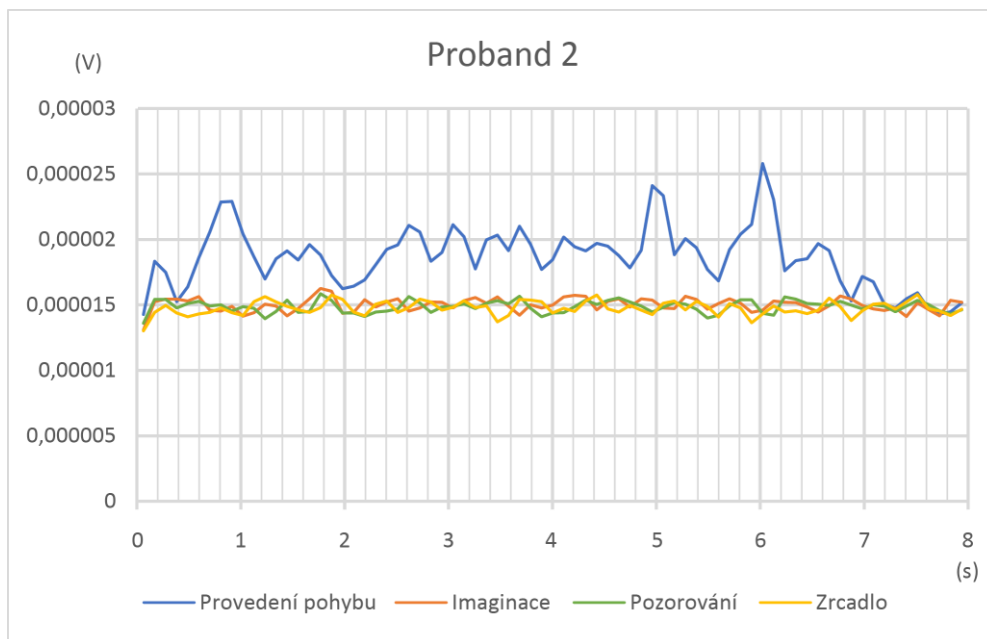
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	36	0	3	1
2.	2	12	14	12
3.	2	11	12	15
4.	0	17	11	12

Tabulka 33 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 1

Sekundy	0.					1.					2.					3.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Ž
2.	O	O	Z	Z	Z	O	Z	Ž	Ž	Z	O	O	Ž	Z	Z	O	O	O	Ž	M	
3.	Ž	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Z	O	Ž	Ž	Z	O	O	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	
4.	Z	Z	O	Ž	O	Z	O	O	Z	O	Z	Ž	Z	Ž	O	Ž	Ž	Ž	O	O	
4.						5.					6.					7.					8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Z	Z	Z	
2.	Ž	Ž	O	Z	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Z	Z	Ž	O	Z	O	Z	Z	M	O	Ž	
3.	O	O	Z	Ž	O	O	Z	Ž	Z	O	Ž	O	Z	Ž	Z	Ž	O	Ž	M	M	
4.	Z	Z	Ž	O	Z	Z	O	O	O	Ž	O	Z	Ž	O	Ž	O	Ž	O	Ž	O	

Proband č. 2

Graf 28 Výsledky měření u probanda č. 2



Tabulka 34 Výsledky probanda č. 2

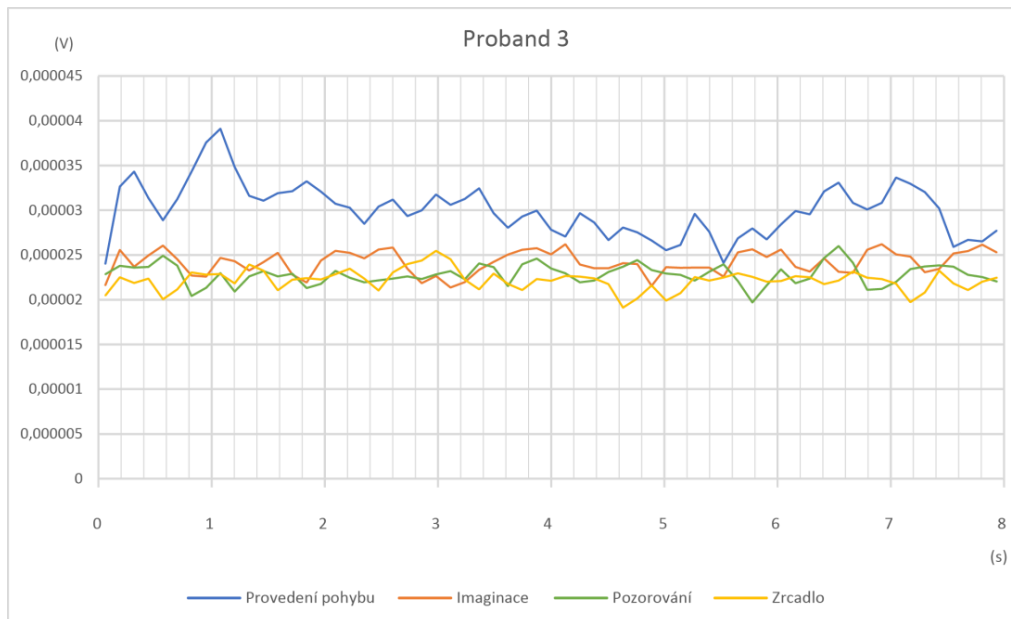
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	1	20	11	8
3.	0	12	15	13
4.	1	6	14	19

Tabulka 35 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 2

sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Z	O	O	O	Z	Ž	Ž	Z	O	O	O	O	Z	Z	O	O	O	O	Z	Ž
3.	O	Z	Z	Z	O	O	O	O	Z	Ž	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	O
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Z	Ž	O	Z	Z	Ž	Ž	O	Z
	4.					5.					6.					7.				8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	O
2.	O	O	Ž	Z	O	Ž	O	O	O	Z	O	Z	Z	O	O	Ž	Ž	Ž	Z	M
3.	Z	Ž	Z	O	Z	O	Ž	Ž	Z	O	Z	O	O	Ž	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž
4.	Ž	Z	O	Ž	Ž	Z	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	O	O	O	M	Z

1. Proband č. 3

Graf 29 Výsledky měření u probanda č. 3



Tabulka 36 Výsledky probanda č. 3

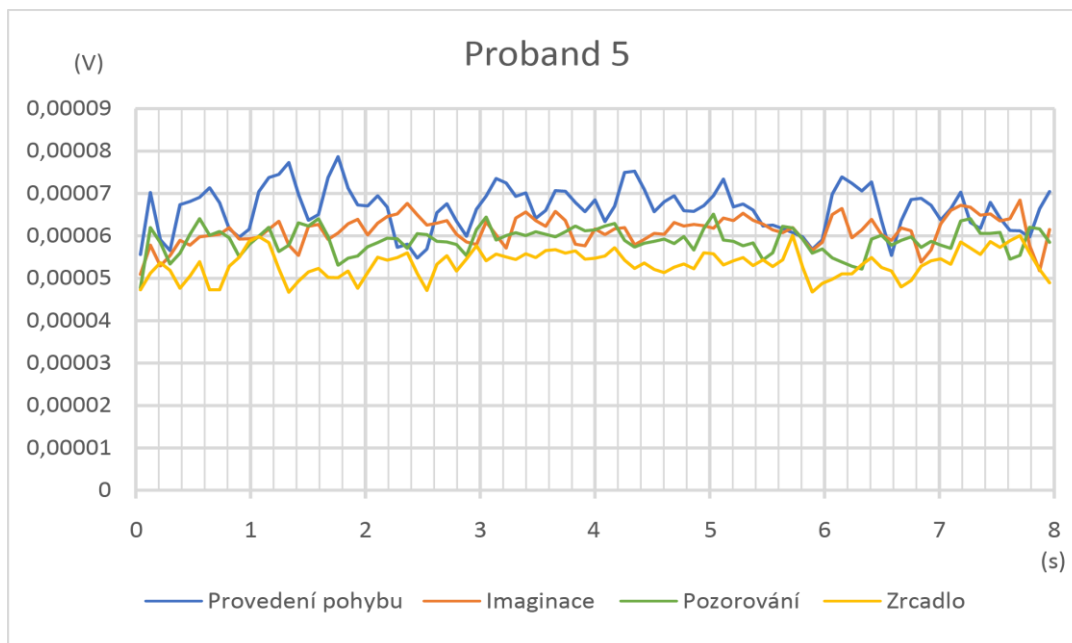
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	34	4	2
3.	0	4	24	12
4.	0	2	12	26

Tabulka 37 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 3

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	Ž	Ž	Z	O	O	O
3.	Z	Z	Z	Z	Ž	Z	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	O	Z	Z	Z
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Z	Z	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	Ž	Ž	Ž	Ž
	4.					5.					6.					7.				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	Z	Z	O	O	O	O	O	O	O	Z	O	O	O	O	O	O	O
3.	Z	Ž	Z	O	O	Z	Z	Z	Ž	Z	Z	Z	O	Z	Ž	Z	Z	Z	Z	Ž
4.	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Z

Proband č. 5

Graf 31 Výsledky měření u probanda č. 5



Tabulka 40 Výsledky probanda č. 5

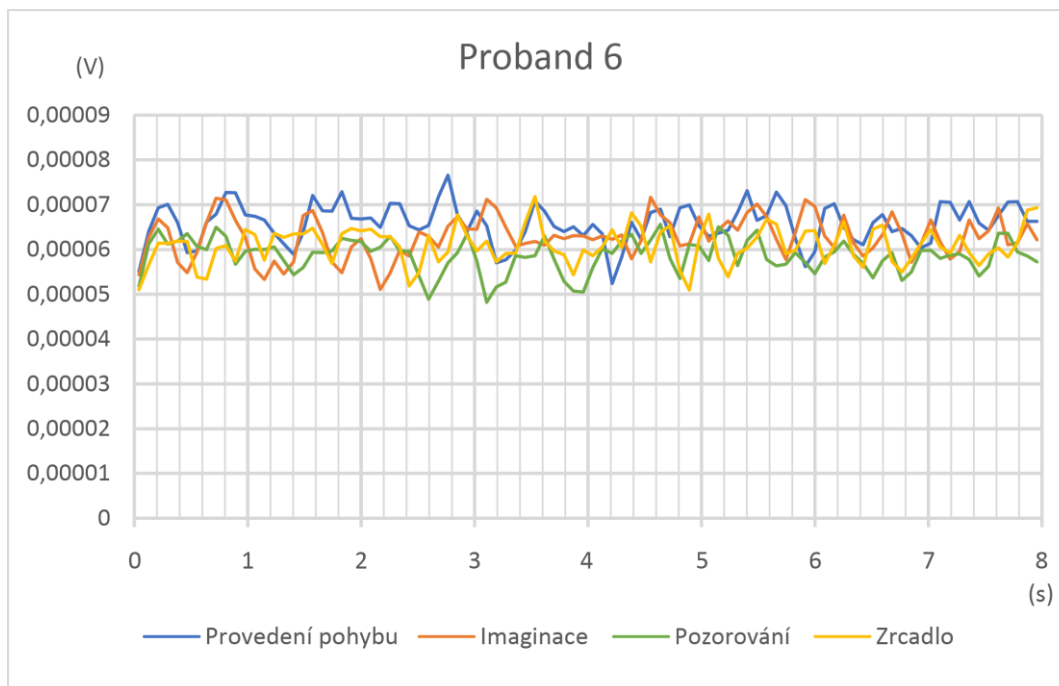
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	36	3	1	0
2.	4	25	11	0
3.	0	12	27	1
4.	0	0	1	39

Tabulka 41 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 5

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	O	M	M	M	M	M	M
2.	Z	O	Z	O	O	O	O	Z	Z	O	O	M	M	O	Z	Z	O	O	O	Z
3.	O	Z	O	Z	Z	Z	Z	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	Z	Z	Z	O
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	Z	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	M
2.	Z	O	O	O	Z	Z	O	O	M	O	O	O	O	O	O	O	O	O	M	Z
3.	O	Z	Z	Z	O	O	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	O
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž

Proband č. 6

Graf 32 Výsledky měření u probanda č. 6



Tabulka 42 Výsledky probanda č. 6

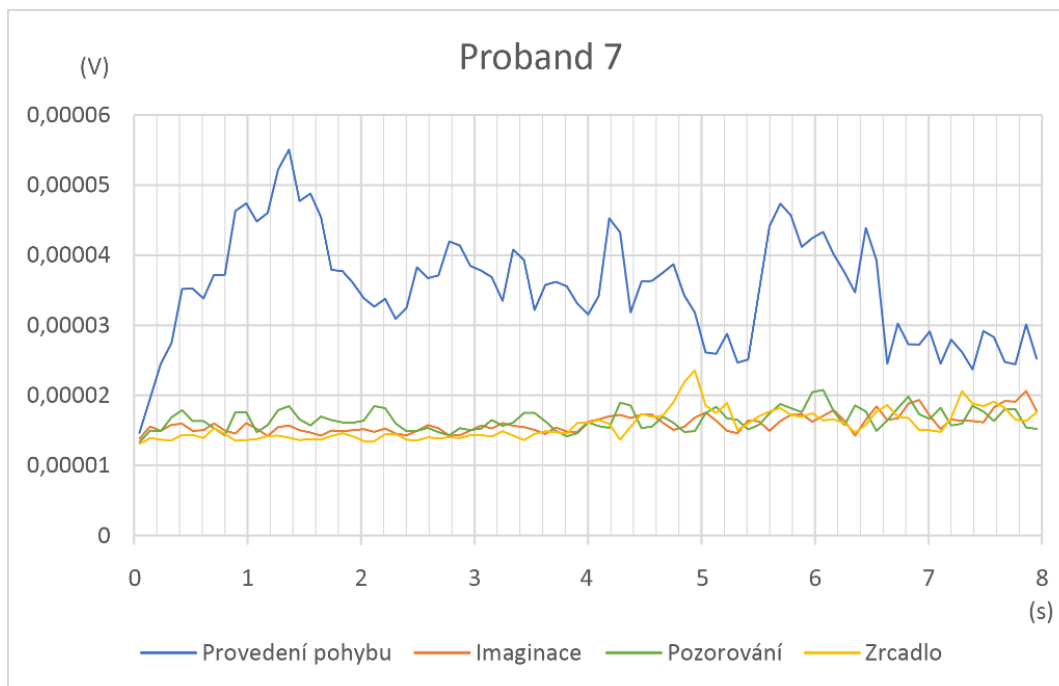
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	29	7	0	4
2.	8	20	2	10
3.	2	7	12	19
4.	1	6	26	7

Tabulka 43 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 6

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	O	Ž	M	M
2.	O	O	Z	O	O	Ž	Ž	O	O	Ž	Ž	Z	O	O	Ž	M	Ž	M	O	O
3.	Z	Z	O	Z	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	O	Ž	Ž	Ž	O	Ž	M	Z	Z	Ž
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	O	O	Z	Z	O	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	O	Ž	Z
	4.					5.					6.					7.				8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	Ž	O	M	M	Ž	M	M	M	O	M	M	M	O	O	M	M	O	M	Ž
2.	Ž	M	M	O	O	O	O	O	Ž	Ž	O	O	Ž	M	M	O	O	M	O	M
3.	O	Z	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	O	M	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	O
4.	Z	O	Z	Z	Z	M	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	Z	Z

Proband č. 7

Graf 33 Výsledky měření u probanda č. 7



Tabulka 44 Výsledky probanda č. 7

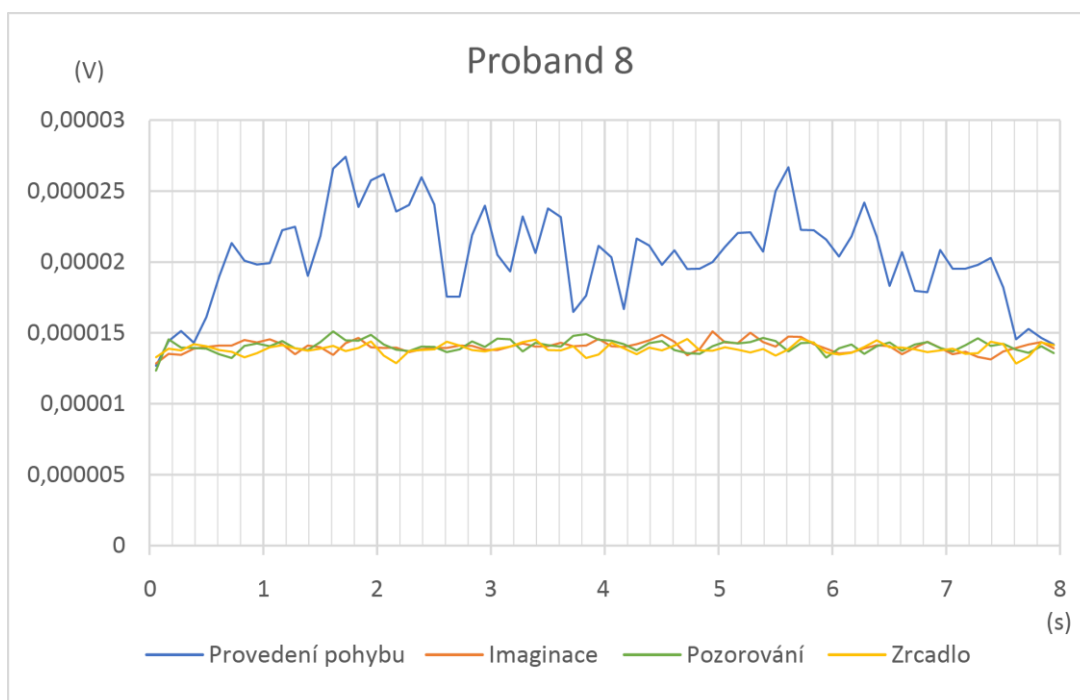
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	9	22	9
3.	0	22	12	6
4.	0	9	6	25

Tabulka 45 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 7

Sekundy	0.					1.					2.					3.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
2.	O	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	
3.	Z	Z	Z	O	O	O	O	O	O	O	O	O	Z	Z	O	O	O	O	O	O	
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	
4.						5.					6.					7.					8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
2.	O	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Ž	Ž	O	O	
3.	Ž	O	O	Z	O	Z	Z	Z	Ž	Ž	O	O	Z	Ž	O	O	Z	Z	Ž	Ž	
4.	Z	Ž	Z	O	Z	O	O	O	O	O	Ž	Ž	Ž	O	Ž	Ž	O	O	Z	Z	

Proband č. 8

Graf 34 Výsledky měření u probanda č. 8



Tabulka 46 Výsledky probanda č. 8

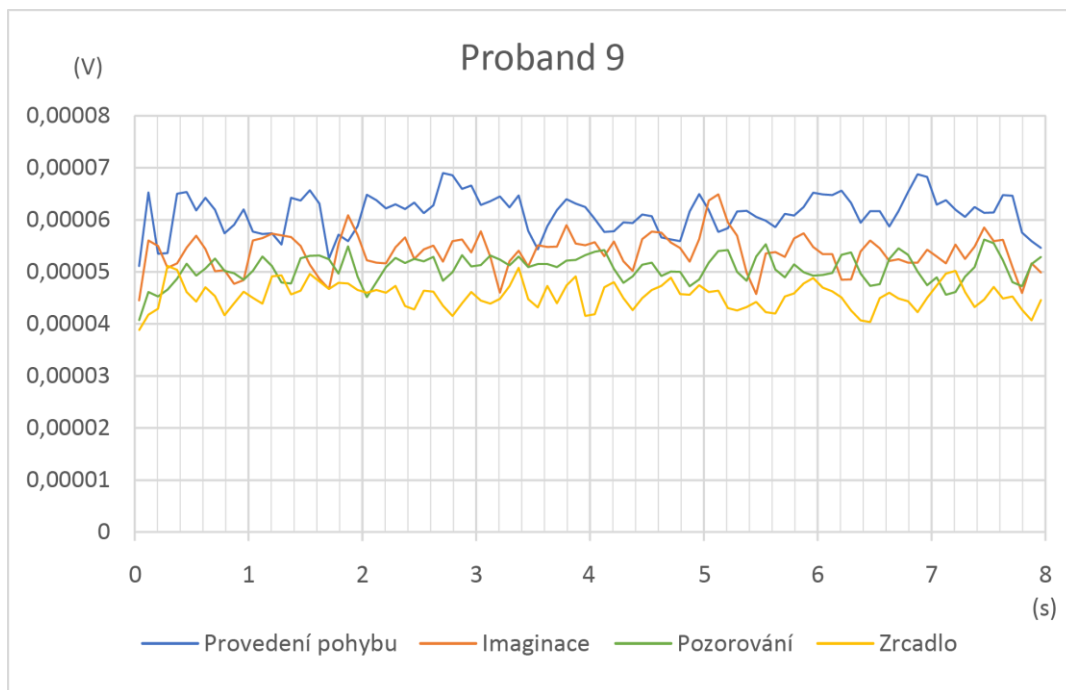
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	11	19	10
3.	0	18	13	9
4.	0	11	8	21

Tabulka 47 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 8

Sekundy	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Z	Z	Ž	Ž	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Z
3.	Ž	Ž	O	O	Z	Z	Ž	O	O	O	O	O	Z	Z	O	Ž	O	Z	O	O	O
4.	O	O	Z	Z	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	O	O	Ž	O	Z	O	Ž	Ž	Ž
	4.					5.						6.					7.				8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Z	O	O	Ž	O	O	O	Z	O	Z	Z	Ž	Ž	Z	O	Z	Z	Ž	O	O	O
3.	Ž	Z	Z	O	Z	Z	Z	O	Ž	O	O	O	O	O	Z	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž
											Ž										
4.	O	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž		Z	Z	Ž	Ž	O	O	O	Ž	Z	Z

Proband č. 9

Graf 35 Výsledky měření u probanda č. 9



Tabulka 48 Výsledky probanda č. 9

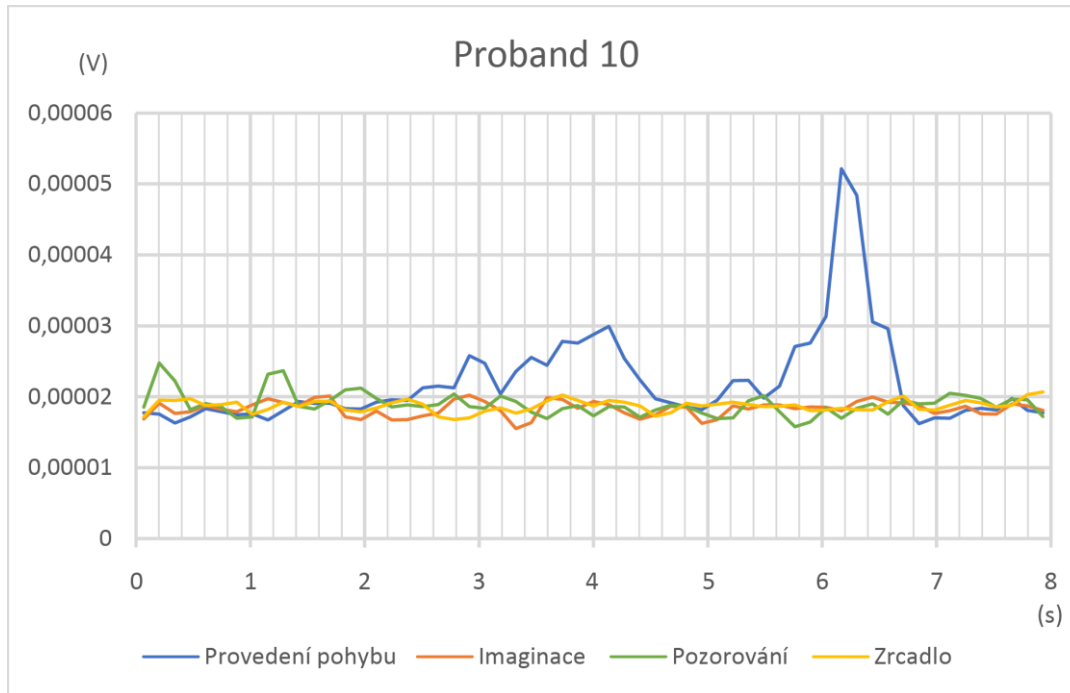
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	2	35	3	0
3.	0	2	35	3
4.	0	1	2	37

Tabulka 49 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 9

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3.	Z	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
4.	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
1.	M	M	M	O	M	O	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	M	O	M	O	Z	O	O	O	O	O	Z	O	O	O	O	O	Z
3.	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	Ž	Z	Z	Z	Ž
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	O

Proband č. 10

Graf 36 Výsledky měření u probanda č. 10



Tabulka 50 Výsledky probanda č. 10

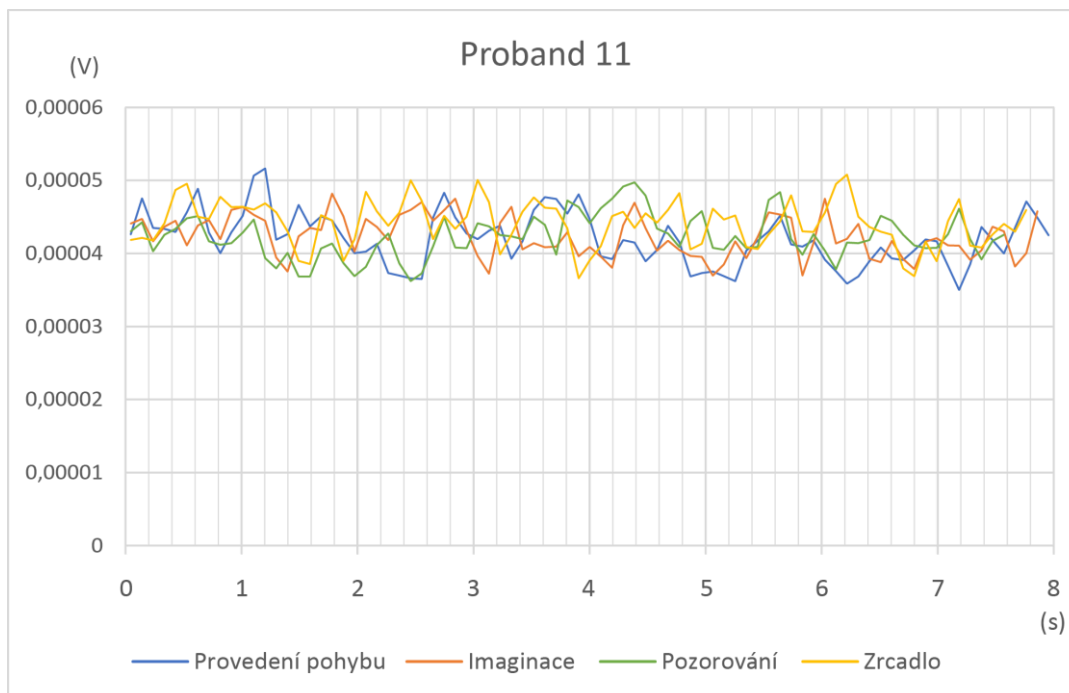
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	22	1	12	5
2.	4	11	8	17
3.	3	15	10	12
4.	11	13	10	6

Tabulka 51 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 10

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	Z	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Ž	Ž	Ž	Z	O	O	O	M	O	M	M	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	O	Ž	Ž
3.	O	O	O	O	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	O	O	O	Ž	Ž	O	O
4.	M	M	M	M	M	M	M	Z	M	O	O	O	O	Ž	Ž	Ž	O	Z	Z	Z
4.						5.					6.					7.				8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	Ž	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž
2.	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Z	Z	O	Ž	O	O	O	Ž	O	Ž	Ž	Ž	M	O
3.	O	Z	Z	Z	M	O	Ž	O	Ž	O	Z	Z	Ž	Z	Ž	O	O	M	Z	M
4.	Z	O	O	O	O	Z	O	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	O	M	M	M	O	O	Z

Proband č. 11

Graf 37 Výsledky měření u probanda č. 11



Tabulka 52 Výsledky probanda č. 11

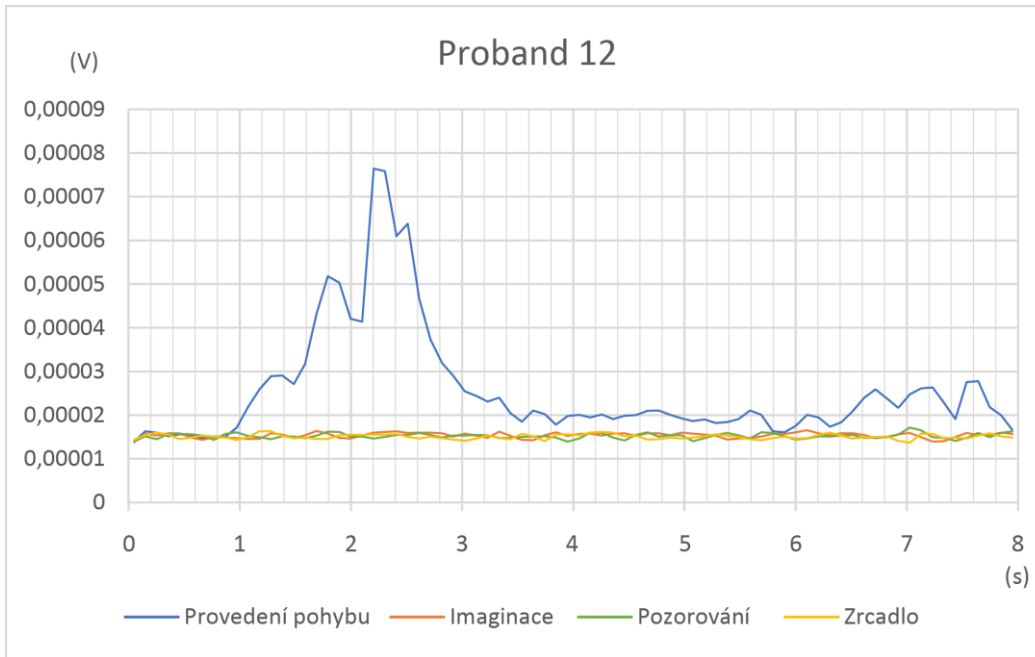
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	9	5	7	19
2.	4	15	8	13
3.	13	11	10	6
4.	14	9	15	2

Tabulka 53 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 11

	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.											
1.	M	Ž	Ž	M	Ž	M	M	M	O	O	Ž	Ž	Ž	M	Ž	Ž	O	Ž	M	M
2.	O	O	M	Ž	O	Ž	Ž	O	Ž	Ž	O	O	O	O	O	Z	Ž	M	Z	Z
3.	Z	M	O	Z	M	O	O	Ž	M	M	Z	Z	M	Ž	M	M	M	Z	Ž	Ž
4.	Ž	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	M	M	Z	Z	Z	O	Z	O	O	O	O
4.																				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	Z	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	O	Ž	Ž	Z	Z	O	Ž	Ž	Ž	M	Ž
2.	Ž	Ž	O	M	Z	Z	Z	O	Ž	Ž	O	O	Ž	Ž	M	Z	Z	O	Ž	O
3.	M	O	Ž	Z	O	O	O	M	O	Z	Z	Z	O	O	Ž	O	M	M	Z	M
4.	O	M	M	O	M	M	M	Ž	M	M	M	M	M	M	Z	M	O	Z	O	Z

Proband č. 12

Graf 38 Výsledky měření u probanda č. 12



Tabulka 54 Výsledky probanda č. 12

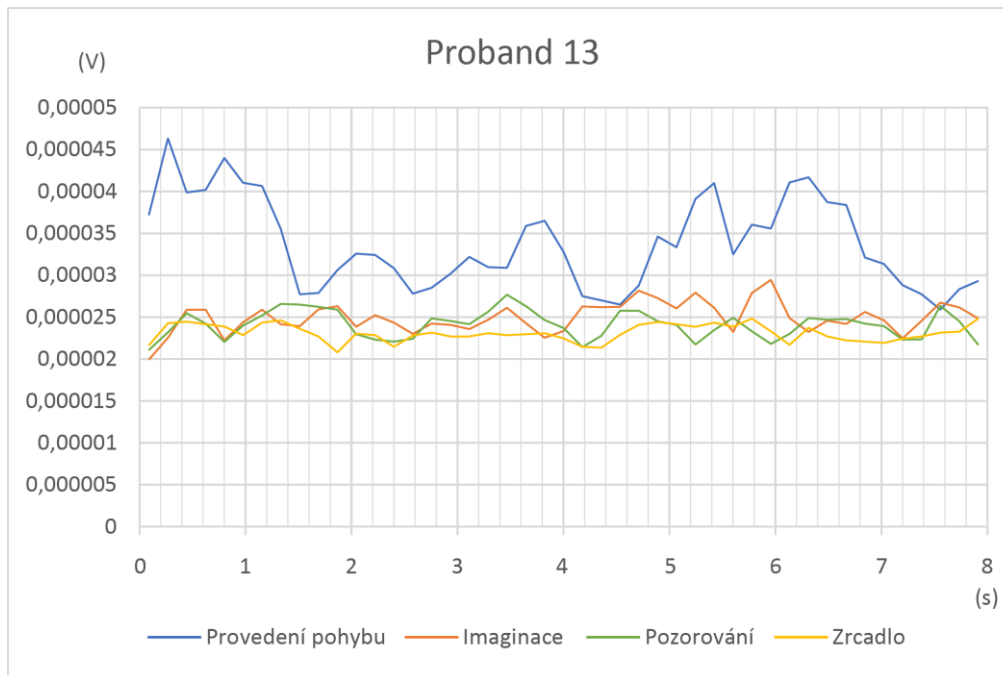
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	1	1	0
2.	1	20	10	9
3.	1	11	16	12
4.	0	8	13	19

Tabulka 55 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 12

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	O	Z	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	Ž	M	Ž	Z	Ž	Ž	O	O	Z	O	O	O	O	O	O	O	Ž	O	O
3.	Ž	O	Z	M	Ž	Z	O	Z	Z	O	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	Ž	O	Ž	Ž
4.	Z	Z	Ž	O	O	O	Z	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z
4.																				
	5.					6.					7.					8.				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Ž	Ž	O	Z	O	O	Z	Z	Z	O	O	Ž	O	O	Z	Z	Ž	O	Z	Z
3.	O	Z	Z	O	Z	Z	Ž	Ž	O	Z	Ž	O	Z	Ž	O	O	Z	Z	Ž	O
4.	Z	O	Ž	Ž	Ž	Ž	O	O	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Z	Ž	Ž	O	Ž	O	Ž

Proband č. 13

Graf 39 Výsledky měření u probanda č. 13



Tabulka 56 Výsledky probanda č. 13

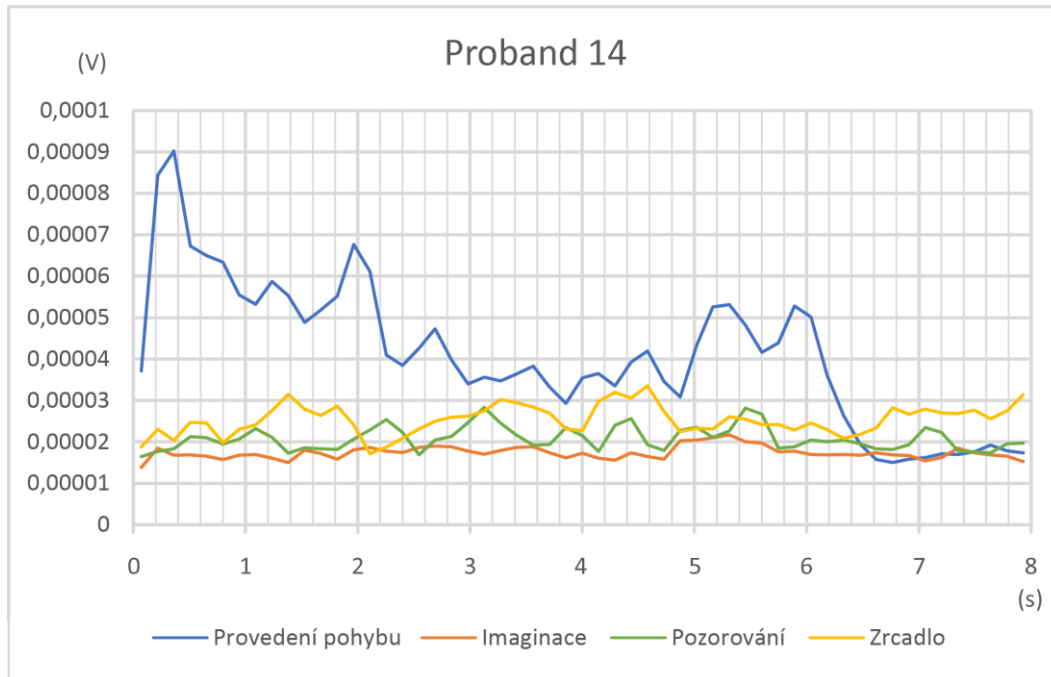
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	27	12	1
3.	0	12	21	7
4.	0	1	7	32

Tabulka 57 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 13

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Ž	O	O	O	O	O	Z	Z	Z	O	O	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
3.	Z	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	O	Z	Z	Ž	Ž	O	O	O	O	O	O	O
4.	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
4.						5.					6.					7.				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	Z	Z	O	O	O	O	O	O	O
3.	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Z	O	O	Z	Z	Z	Ž	Z	Z	Ž
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Z

Proband č. 14

Graf 40 Výsledky měření u probanda č. 14



Tabulka 58 Výsledky probanda č. 14

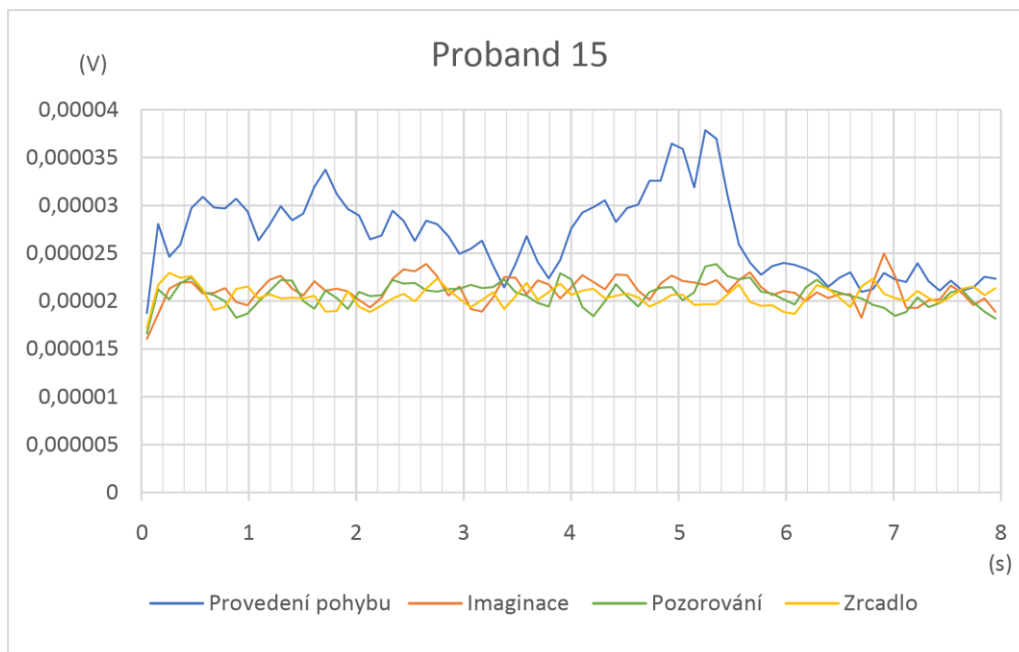
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	33	0	0	7
2.	1	0	10	29
3.	3	5	28	4
4.	3	35	2	0

Tabulka 59 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 14

Sekundy	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
3.	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
4.	Z	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
4.																					
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
2.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	M	Z	Z	Z
3.	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Ž	Ž	Z	Z	Z	Z	O	O	M	O	O	M	M	M
4.	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	M	M	O	M	Z	O	O	O

Proband č. 15

Graf 41 Výsledky měření u probanda č. 15



Tabulka 60 Výsledky probanda č. 15

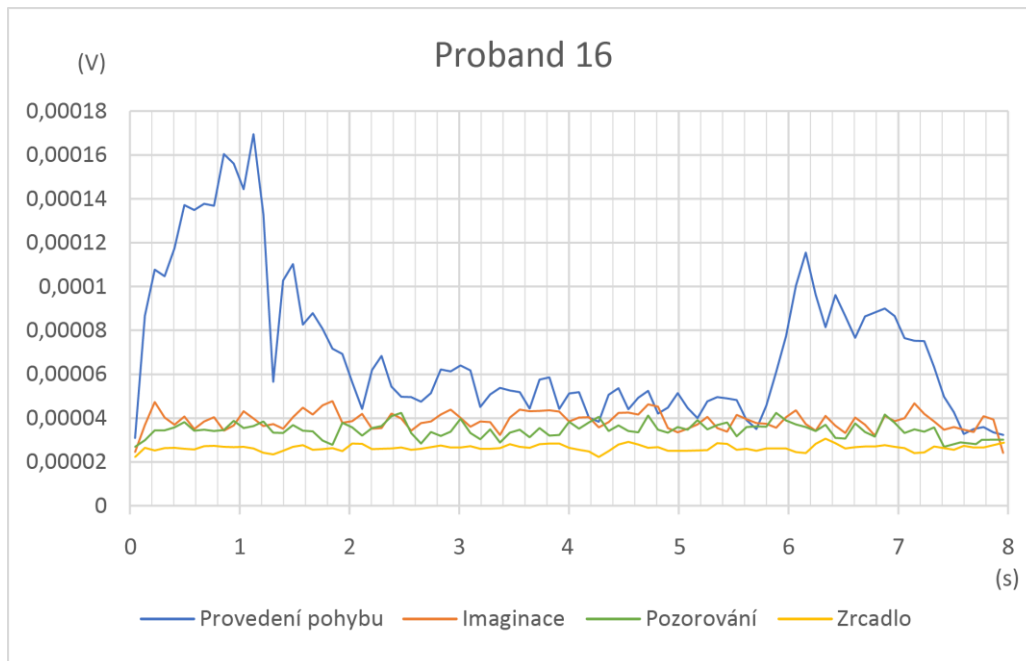
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	39	1	0	0
2.	1	19	12	8
3.	0	11	19	10
4.	0	9	9	22

Tabulka 61 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 15

Sekundy	0.					1.					2.					3.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
2.	Ž	Ž	Ž	O	Ž	O	O	Z	O	O	Z	O	O	O	Ž	Z	Z	O	O	Z	
3.	Z	Z	Z	Z	O	Ž	Z	O	Z	Ž	O	Z	Z	Ž	O	O	O	O	Z	Ž	
4.	O	O	O	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Ž	Z	O	
4.						5.					6.					7.					8.
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	M	M	M	M	M	
2.	O	O	O	O	O	Z	Z	Z	O	O	Z	Z	Z	Z	M	O	Ž	O	Ž	Ž	
3.	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	O	Z	Z	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Z	O	
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	O	O	O	Z	Z	O	Ž	O	

Proband č. 16

Graf 42 Výsledky měření u probanda č. 16



Tabulka 62 Výsledky probanda č. 16

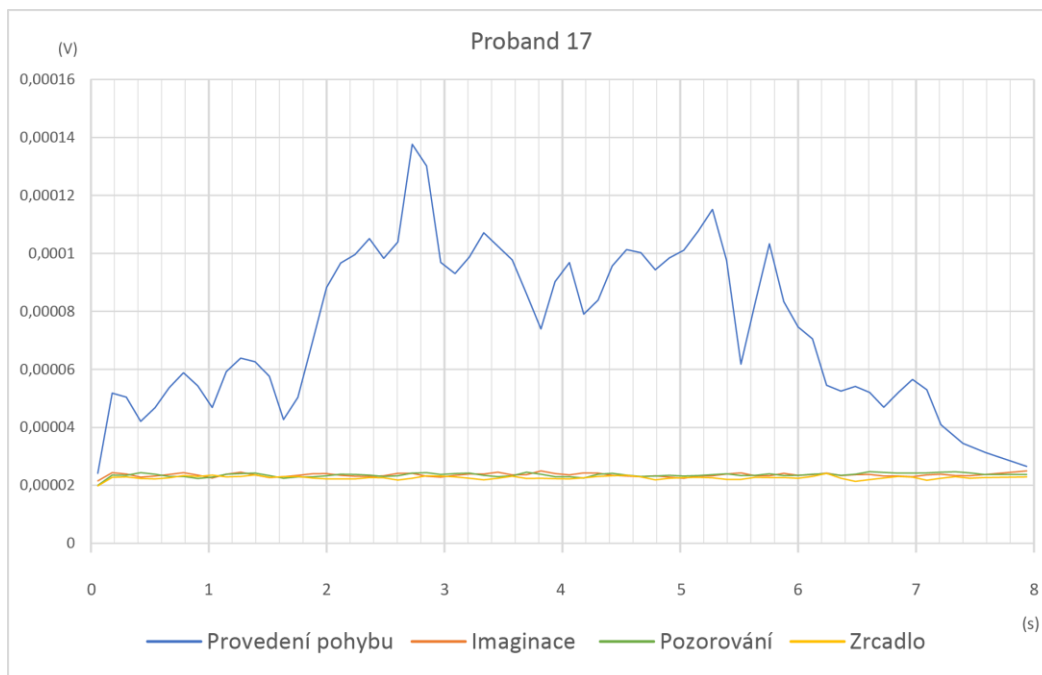
	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	38	2	0	0
2.	2	33	5	0
3.	0	5	35	0
4.	0	0	0	40

Tabulka 63 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 16

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	O	O	O	O	Z	O	O	O	O	O	Z	O	O	O	O	O	O	O
3.	Z	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
	4.					5.					6.					7.				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O	O
2.	O	O	O	O	O	Z	O	O	O	Z	O	O	O	O	Z	O	O	O	M	M
3.	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z	Z	Z
4.	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž

Proband č. 17

Graf 43 Výsledky měření u probanda č. 17



Tabulka 64 Výsledek probanda č. 17

	M - Provedení pohybu	O - Imaginace	Z - Pozorování	Ž - Zrcadlo
1.	40	0	0	0
2.	0	20	19	1
3.	0	17	17	6
4.	0	3	4	33

Tabulka 65 Přehled umístění jednotlivých testů probanda č. 17

Sekundy	0.					1.					2.					3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	Z	O	O	O	O	Z	O	O	Z	Z	O	O	Z	Z	O	O	O	O
3.	Z	Z	O	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	Z	O	O	Z	Z	Ž	O	Z	Z	Z	Z
4.	Ž	Ž	Ž	Z	Z	Ž	Ž	O	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž
	4.					5.					6.					7.				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2.	O	O	Z	Z	Z	Z	Z	O	Z	O	Z	Ž	Z	Z	Z	Z	Z	Z	O	O
3.	Z	Z	Ž	O	O	O	O	Z	O	Z	O	O	O	O	O	O	O	O	Z	Z
4.	Ž	Ž	O	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Z	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž	Ž

Příloha 4 Dodatkové obrázky k praktické části práce

Obrázek 11 Příklad Trigno Wireless System firmy Delsys



Obrázek 12 Test č. 3 - Výchozí a konečná poloha při testu č. 3 – Pozorování



Obrázek 13 Výchozí a konečná poloha při testu č. 4 - Zrcadlo



Obrázek 14 Test č. 4 - Zrcadlo

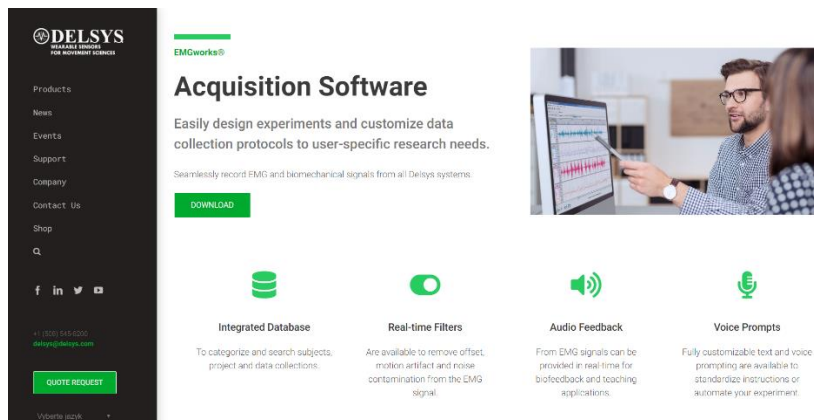


Zdroj: Veškeré výše použité přílohy jsou z vlastních zdrojů

Pozn. Foto lehátka a židle nebylo možné nafotit kvůli krizovému stavu ČR a zákazu vstupu do budovy FZS.

Příloha 5 Delsys

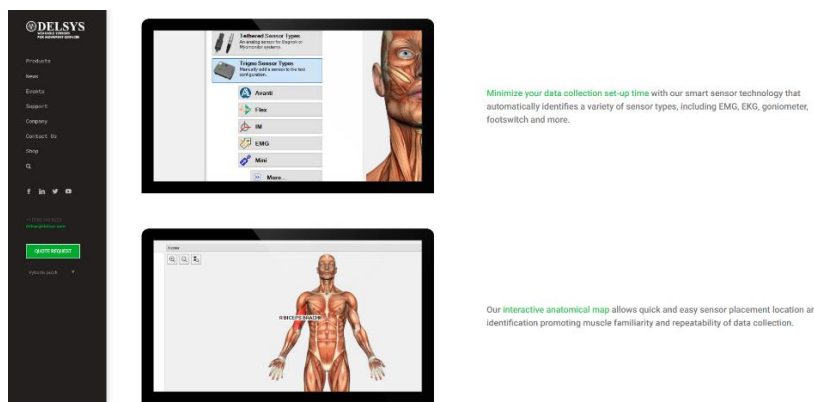
Obrázek 15 Program EMGworks Acquisition



The screenshot shows the EMGworks Acquisition Software landing page. On the left is a dark sidebar with navigation links: Products, News, Events, Support, Company, Contact Us, Shop, and a search icon. Below these are social media icons for Facebook, LinkedIn, Twitter, and YouTube, and a 'QUOTE REQUEST' button. The main content area features the 'EMGworks® Acquisition Software' title and a sub-headline: 'Easily design experiments and customize data collection protocols to user-specific research needs.' Below this is a 'DOWNLOAD' button and a paragraph: 'Seamlessly record EMG and biomechanical signals from all Delsys systems.' To the right is a photo of a man and a woman looking at a computer monitor displaying a graph. Below the main text are four feature icons with descriptions: 1. 'Integrated Database' (database icon) with text: 'To categorize and search subjects, project and data collections.' 2. 'Real-time Filters' (toggle icon) with text: 'Are available to remove offset, motion artifact and noise contamination from the EMG signal.' 3. 'Audio Feedback' (speaker icon) with text: 'From EMG signals can be provided in real-time for biofeedback and teaching applications.' 4. 'Voice Prompts' (microphone icon) with text: 'Fully customizable text and voice prompting are available to standardize instructions or automate your experiment.'

Zdroj: www.delsys.com/emgworks/acquisition/

Obrázek 16 Program EMGworks Acquisition



The screenshot shows two screenshots of the EMGworks Acquisition Software interface. The top screenshot displays a 'Sensors' selection screen with a list of sensor types: Airway, Flow, IM, EMG, and Misc. The bottom screenshot shows an 'Interactive Anatomical Map' of a human torso with red dots indicating sensor placement locations. To the right of the screenshots are two text blocks: 1. 'Minimize your data collection set-up time with our smart sensor technology that automatically identifies a variety of sensor types, including EMG, EKG, goniometer, footswitch and more.' 2. 'Our interactive anatomical map allows quick and easy sensor placement location and identification promoting muscle familiarity and repeatability of data collection.'

Zdroj: www.delsys.com/emgworks/acquisition/