

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Katedra fyzioterapie

**Zhodnocení míry spasticity u jedinců na invalidním vozíku
sledujících pohyb ve virtuální realitě**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: **Zuzana Chalupová**

Vedoucí práce: **PhDr. Klára Daďová, Ph.D.**

Praha, prosinec 2020

ABSTRAKT

Název: Zhodnocení míry spasticity u jedinců na invalidním vozíku sledujících pohyb ve virtuální realitě.

Cíl práce: Prozkoumat, zda se u osob sledujících pohyb ve virtuální realitě mění míra spasticity v důsledku intervence terapeutickým programem.

Metody: Jedná se o pilotní studii probandů s diagnózou spastické paraplegie v důsledku nekompletní léze míšní. Studie se zúčastnilo 7 probandů (5 mužů a 2 ženy) ve věku 49 ± 8 let z řad klientů Centra Paraple. Ti podstupovali běžný rehabilitační program Centra Paraple a navíc byli podrobeni terapeutickému programu virtuální reality, kdy každá intervence zahrnovala 10 minut v daném terapeutickém programu. Po první intervenci 3 probandi odstoupili. Intervence dále probíhaly 5 po sobě jdoucích dní. Byla hodnocena míra spasticity pomocí modifikované Tardieuho škály na plantárních flexorech hlezenního kloubu a flexorech kolenního kloubu obou dolních končetin. Dále byla vytvořena modifikovaná subjektivní škála spasticity, pro sledování vlastních subjektivních vjemů každého probanda, pomocí které probandi hodnotili své pocity ze spasticity na škále 0-10 (0 = žádná spasticita, 10 = neúnosné spastické vjemy) a to během každého měření. To probíhalo první den intervence před samotnou intervencí a poté třetí a pátý den intervence vždy před i po intervenci.

Výsledky: V rámci práce bylo definováno sedm hypotéz, z nichž dvě byly potvrzeny. Nejvýrazněji se projevilo subjektivní hodnocení probandů, kdy došlo v rámci průměrných hodnocení probandů k okamžité změně z $3,5 \pm 1,5$ na $2,5 \pm 0,9$ třetího dne probíhající studie a z $2 \pm 1,9$ na $1,25 \pm 1,1$ pátého dne studie. V rámci modifikované Tardieuho škály je nejpodstatnějším údajem rozdíl úhlů R1-R2. Zde došlo ke snížení u tří z čtyř sledovaných svalových skupin po pěti dnech intervence, oproti vstupnímu měření a ke snížení průměrných hodnot 3. a 5. den intervence u všech sledovaných svalových skupin bezprostředně po aplikaci virtuální reality.

Klíčová slova: míšní léze, virtuální realita, spasticita, modifikovaná Tardieuho škála

ABSTRACT

Title: Evaluation of the spasticity level in wheelchair bound individuals, observing movement in a virtual reality environment

Objective: Investigate whether people watching movement in virtual reality, experience changes in the level of spasticity due to intervention of the therapeutic programme.

Methods: A pilot study was orchestrated with probands diagnosed with spastic paraplegia due to an incomplete spinal cord lesion. Seven probands have partaken in the study (5 men and 2 women) aged 49 ± 8 years. All probands were clients of Centrum Paraple, where they have been undergoing a regular rehabilitation programme. In addition to their regular programme they have undergone a virtual reality therapeutic programme, where each intervention consisted of 10 minutes spent in a therapeutic virtual environment. 3 probands resigned after the first intervention. Interventions were organized into 5 consecutive days. The levels of spasticity were evaluated by a modified Tardieu scale on plantar flexors of both ankles and knee joints of both lower limbs. Furthermore, a modified, subjective spasticity scale was created in order to observe individual, subjective inputs of each proband. Using this scale, probands evaluated their feelings towards individual spasticity changes on a scale 1-10 (0 = no spasticity, 10 = unbearable spasticity sensations) during each measurement. Measurements were taken on the first day before intervention, and before and after intervention and on the third and fifth day.

Results: Seven hypothesis were defined in the thesis, two of which have been confirmed. The findings were most profound in the case of subjective evaluation, where we found an immediate change in the proband's average subjective evaluations from $3,5 \pm 1,5$ to $2,5 \pm 0,9$ on the third day and from $2 \pm 1,9$ to $1,25 \pm 1,1$ on the fifth day. In the case of the modified Tardieu scale, the most significant finding is the R1 – R2 angle difference. Here a decrease was found in three of the four observed muscles groups compared to the initial measurements, and a decrease of the average values on the third and fifth day of the study in all observed muscle groups immediately after the virtual reality intervention.

Key words: spinal cord injury, virtual reality, spasticity, Modified Tardieu scale

Prohlašuji, že jsem závěrečnou (diplomovou) práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Děkuji vedoucí mé diplomové práce PhDr. Kláře Daďové, Ph.D. a mé konzultantce Mgr. Heleně Vomáčkové za cenné rady, konzultace, podporu a trpělivost při zpracování mé závěrečné práce. Velké díky patří také Janě Trdé, Martinu Obertovi a celé Virtual Real Life, kteří vytvořili terapeutický program a poté jej i s nutným vybavením poskytli pro účely této práce a bez kterých by tedy práce nebyla proveditelná. Zároveň děkuji všem probandům za jejich ochotu a spolupráci. Nakonec bych chtěla poděkovat všem kamarádům a rodině, kteří mě v průběhu zpracování diplomové práce podporovali a motivovali.

OBSAH

ÚVOD	11
1 PORANĚNÍ PÁTEŘE A MÍCHY	13
1.1 Poranění páteře	14
1.2 Míšní léze	15
1.3 Etiologie a patogeneze	15
1.4 Míšní šok	17
1.5 Klinický obraz míšní léze	20
1.5.1 Neurologická úroveň léze	20
1.5.2 Rozsah míšní léze	21
1.6 Vyšetřovací metody a postupy u míšních lézí	23
1.6.1 Neurologické vyšetření	24
1.6.2 Neurofyziologické vyšetření (elektrofyziologické vyšetření)	26
1.6.3 Vyhodnocení funkční nezávislosti pacienta	27
1.6.4 Chůzové testy	28
1.7 Neuroplasticita u osob po míšní lézi	29
1.8 Terapeutické a rehabilitační fáze a postupy u míšních lézí	30
1.8.1 Klinický průběh poranění míchy	31
1.8.2 Rehabilitační postupy	33
1.9 Komplikace a zdravotní důsledky	35
2 SPASTICITA	41
2.1 Patofyziologie spasticity	41
2.2 Klinické projevy spasticity	43
2.3 Klinické formy spasticity	45
2.4 Komplikace spojené se spasticitou	45
2.5 Diagnostika a hodnocení spasticity	46

2.5.1	Hodnotící škály míry spasticity	46
2.5.2	Tardiého škála a modifikovaná Tardiého škála	47
2.5.3	Dotazník pro hodnocení spasticity (SCI-SET)	51
2.6	Možnosti léčby spasticity	52
2.6.1	Farmakologická léčba	52
2.6.2	Chirurgická léčba	54
2.6.3	Rehabilitační léčba	54
2.6.4	Nové léčebné možnosti	58
3	VIZUALIZACE POHYBU A ZRCADLOVÉ NEURONY	59
3.1	Pohyb v představě	59
3.2	Vizualizace pohybu u míšních lézí	60
3.3	Zrcadlové neurony	61
4	VIRTUÁLNÍ REALITA	63
4.1	Definice	63
4.2	Principy a prostředí virtuálního světa	63
4.3	Dělení virtuální reality	64
4.4	Výhody a nevýhody využití virtuálního prostředí	67
4.4.1	Cybersickness	68
4.5	Využití virtuální reality v rehabilitaci	70
5	METODOLOGIE PRÁCE	73
5.1	Cíl práce	73
5.2	Výzkumné otázky	73
5.3	Hypotézy	74
5.4	Úkoly práce	75
6	METODIKA PRÁCE	76
6.1	Charakteristika probandů	76

6.2	Zařízení pro virtuální realitu a terapeutický program	77
6.3	Metody získávání dat	81
6.4	Organizace sběru dat	83
6.5	Analýza a zpracování dat	84
7	VÝSLEDKY	86
7.1	Zhodnocení výsledků ve vztahu k daným hypotézám	105
8	DISKUZE	108
9	ZÁVĚR	116
	Seznam použité literatury	118
	Seznam obrázků	130
	Seznam tabulek	131
	Seznam grafů	132
	Přílohy	133

Seznam použitých zkratek

AD – autonomní dysreflexie

ADL – activities of daily living (všední denní činnosti)

CNS – centrální nervová soustava

CT – computer tomography

DKK – dolní končetiny

DMO – dětská mozková obrna

EMG – elektromyografie

FN – fakultní nemocnice

HKK – horní končetiny

KN – krajská nemocnice

(M)AS – (modifikovaná) Ashworthova škála

MEP – motorické evokované potenciály

(M)TS – (modifikovaná) Tardiéuho škála

RÚ – rehabilitační ústav

SSEP – somatosenzorické evokované potenciály

VR – virtuální realita

ÚVOD

V současné době žije v České republice přes 1,5 milionu osob se zdravotním handicapem. Jedním z nejčastějších postižení obyvatel je handicap tělesný, který až ve 12 % případů vzniká úrazem, například frakturou páteře s následným poraněním míchy. Databáze české spondylochirurgické společnosti udává, že každoročně vzniká okolo 300 nových osob upoutaných na invalidní vozík z důvodu míšní léze. Míšní léze poté patří mezi jedny z nejzávažnějších a nejvíce devastujících stavů s významným vlivem na současný i budoucí život pacienta. Schopnost míchy regenerovat je velmi omezená, a proto osoby po míšním poranění trpí jak výrazným neurologickým deficitem, tak mnoha dalšími přidruženými komplikacemi.

Jednou z nejvíce omezujících sekundárních komplikací je spasticita, neboli přesněji syndrom horního motoneuronu, pod který spasticita spadá. Ten sice může vykazovat i velmi pozitivní vliv na život pacienta (pomoc během přesunů, podpora postury v sedu, či stojí), avšak vlivy negativní dokáží běžné denní fungování osoby po míšní lézi značně zkomplikovat. Jedná se zejména o spasticitou vyvolanou bolest, ale také zvýšenou únavnost, poruchy spánku, či zvýšení rizika pádu a z toho plynoucího poškození kožního krytu. V chronické fázi po lézi míchy trpí syndromem horního motoneuronu 70-80 % pacientů a 27-40 % z nich ho udává jako velmi obtěžující. Omezení spasticity na únosnou mez je tedy v chronické fázi onemocnění velmi podstatným cílem. Toho však může být těžké dosáhnout, neboť spasticita jako taková je velmi složitý patofyziologický koncept a jedná se zřejmě o jednu z nejsložitějších poruch, co se motoriky týče.

Současná léčba spasticity se zaměřuje zejména na naše schopnosti v léčbě farmakologické a rehabilitační, a ač tyto postupy vykazují velmi pozitivní výsledky, moderní doba poskytuje mnoho nových možností a technologických inovací. Ty otevírají zcela nové dveře v potenciálních způsobech řešení syndromu centrálního motoneuronu. Mezi takové lze zahrnout například transkraniální magnetickou stimulaci, elektrickou stimulaci, robotickou léčbu nebo terapii s využitím virtuální reality.

Jisté formy virtuální reality jsou v rehabilitaci využívány již po velmi dlouhou dobu, prakticky téměř od jejího vzniku, avšak virtuální realita využívaná v současnosti

v lékařství se na soudobé technologické možnosti jeví značně primitivní a zdaleka nevyužívá svůj plný potenciál. Časté je například využití neimerzivní virtuální terapie v rámci přístrojové rehabilitace (lokomat). Odborné studie a výzkumy posledních let se však snaží více využít možný potenciál složitějších technologických komponent a zhodnotit jeho efektivitu u různých pacientů s různými diagnózami, včetně osob po míšní lézi.

Proto jsem si zvolila možnost tyto odborné studie podpořit také mou prací, neboť se sama velmi často pohybuji mezi osobami po míšní lézi a vnímám problémy těchto lidí, které se nezřídka týkají právě spasticity. Ráda bych se pokusila tento fenomén ovlivnit pomocí moderních technologií, přesněji virtuální realitou, neboť ta, jako taková vykazuje obrovský potenciál v rámci rehabilitační léčby, avšak výzkumy na toto téma stále volají po hlubším prozkoumání.

1 PORANĚNÍ PÁTEŘE A MÍCHY

Páteř, jako anatomická struktura se skládá z 31 obratlů, přesněji ze 7 obratlů krčních, 12 obratlů hrudních, 5 obratlů bederních. 5 obratlů křížových a z 3-5 obratlů kostrčních. Spojení jednotlivých obratlů je umožněno klouby, vazy a meziobratlovými ploténkami. Cévní zásobení je poté zajištěno arteriálními větvemi extraspinální cévní soustavy, kdy žíly i tepny probíhají současně preventrálně a jsou na přední straně páteře fixovány. Mezi nejpodstatnější funkce páteře patří funkce protektivní a funkce statická (Čihák, 2016).

Statická funkce páteře

Statická funkce páteře je zajištěna vertikálním systémem pilířů na páteři. Většina segmentů páteře obsahuje pilíře tři, které v horizontální rovině tvoří trojúhelník. Přední pilíř je tvořen obratlovými těly a příslušnými meziobratlovými disky. Druhé dva pilíře jsou synchronně vytvářeny kloubními výběžky obratlů, jejich kloubními pouzdry a zadním vazivovým aparátem. Výjimkou jsou obratle C0-C2 a L5-S1, které obsahují pilíře pouze dva (kloubní plošky v horizontální rovině) (Čihák, 2016; Náhlovský, 2006).

Statická funkce páteře je podkladem a podmínkou pro udržení stability páteře. Náhlovský (2006), který volně cituje Angtuaca a Bineta píše, že stabilitu páteře lze chápat jako schopnost páteře udržet při fyziologické zátěži takový stav mezi obratli, kdy nedochází k poškození nebo dráždění nervových struktur v páteřním kanálu. Instabilita je poté ztráta této schopnosti za současného možného vývoje páteřních deformit a výrazné bolestivosti. Pojmy stabilní a nestabilní páteř jsou klíčové pro pochopení patologických dějů během poranění páteře nebo při degenerativních, zánětlivých či nádorových onemocněních. Podstatou pro tyto pojmy se stala teorie třísloupcové koncepce stability páteře, která rozděluje páteř na tři ventro-dorzálně uložené sloupce. Přední sloupec je tvořen ventrální částí obratlového těla a ploténky a ligamentum longitudinale anterior, střední sloupec zahrnuje zadní část těla obratle a ploténky spolu s anulus fibrosus a ligamentum longitudinale posterior. Hranice mezi nimi není zcela jasně vymezena. Třetí, zadní sloupec se poté skládá z osteoligamentózního komplexu, což jsou klouby, pedikly, oblouky, výběžky obratlových těl a na ně se upínající vazy. Stabilitu lze také rozdělit na vertikální a horizontální. Vertikální stabilitu zajišťují zejména těla obratlů a meziobratlové disky, stabilita horizontální je zabezpečena

ploténkami, meziobratlovými klouby a vazy páteře, avšak na celkové stabilitě páteře se podílí i další složky, v širším pohledu i svalstvo upínající se na páteř (Náhlovský, 2006).

Protektivní funkce páteře

Úkolem protektivní funkce míchy je ochrana míchy a odstupujících nervových kořenů v páteřním kanálu. Za fyziologického stavu tuto funkci zajišťují svým postavením a uspořádáním jak kostěné, tak vazivové struktury. Avšak za stavu patologického, kdy může dojít k porušení optimálních anatomických vztahů z důvodu poranění, či degenerativního onemocnění páteře, mohou být tyto struktury naopak strůjcem poškození míchy nebo míšních kořenů (Náhlovský, 2006).

1.1 Poranění páteře

Poranění páteře lze charakterizovat jako poranění kostí, kloubů, vazů a plotének a jejich různé kombinace. Fraktury páteře představují 4-5 % z celkových úrazů, přičemž jsou často doprovázeny přidruženými poraněními jiných orgánů. V 15 % až 40 % případů je jedním z těchto orgánů mícha. Nejzranitelnějším úsekem páteře je páteř krční, která bývá poškozena následkem zranění až ve 42 % případů, dále poté úsek hrudní páteře ve 30 % a bederní páteř asi ve 28 %. Přibližně 20 % všech pacientů má zranění páteře ve více etážích. Nečastější zranění páteře v dnešní době vzniká během autonehod (více než 50 % případů), v závěsu jsou poté sportovní úrazy (včetně skoků do vody), pracovní úrazy a pády z výšky (Ambler, 2006; Náhlovský, 2006).

Rozlišujeme stabilní a nestabilní poranění páteře a toto rozlišení později ovlivňuje rozhodování o způsobu terapie (konzervativní či operační). Je-li poškozen pouze jeden ze tří sloupců (viz statická funkce páteře), jedná o lézi stabilní. Objevuje-li se však poranění dvou a více sloupců, mluvíme o lézi nestabilní. Instabilitu lze poté rozdělit na akutní a chronickou, kdy za akutní je považován stav, kdy bezprostředně po proběhlém patologickém ději jsou ohroženy nervové struktury (například úlomky při frakturách obratlů) a za chronickou, měsíce až roky progredující patologický problém, který vede k poškození nervových struktur (poúrazové deformity, chronické degenerativní instability apod.). V případě, že je fraktura páteře doprovázena neurologickým deficitem, je tato léze vždy považována za nestabilní, přičemž nejvíce ohrožena neurologickou symptomatikou je osoba s poraněním zadního míšního sloupce (Náhlovský, 2006).

1.2 Míšní léze

Míšní léze patří mezi jedny z nejzávažnějších a nejvíce devastujících stavů s významným vlivem na současný i budoucí život pacienta. Schopnost regenerace míchy je velmi skrovná tudíž nezřídka zanechává výrazný neurologický deficit. Je vždy doprovázena poruchou hybnosti, citlivosti i autonomních funkcí, čímž ovlivňuje téměř všechny fyziologické procesy těla. Zároveň se s míšní lézí pojí také řada možných závažných sekundárních zdravotních komplikací, které mohou vést až ke smrti pacienta. Dle databáze České spondylochirurgické společnosti vzniká každoročně více než 300 nových míšních poranění (incidence 3,35/100 000 obyvatel), přičemž většina pacientů jsou muži ve věku 15–35 let, a to z mnoha rozličných příčin (Kříž & Faltýnková, 2012; Náhlovský, 2006).

1.3 Etiologie a patogeneze

Příčiny vzniku míšních lézí můžeme v základu rozdělit na traumatické a netraumatické. K lézi s traumatickou etiologií může docházet se současným poškozením páteře, ale i bez něj. Nejčastějšími příčinami poranění míchy se současným poraněním páteře jsou nehody, zejména dopravní, pády, pracovní či sportovní úrazy. K poranění míchy bez úrazu páteře může dojít zejména bodným nebo výjimečně i střelným zraněním. Míšní lézi vzniklou traumatem obvykle najdeme u pacientů mladšího věku (mezi 20-40 lety). Původcem míšní léze netraumatické jsou pak zejména nádorová onemocnění, zakrvácení či naopak ischemie v míšní oblasti případně degenerativní onemocnění páteře. Posledním zmíněným jsou ohroženy zejména osoby se sekundárně úzkým páteřním kanálem, kdy při hyperflexi, či hyperextenzi může dojít ke kontuzi míchy o osteochondrotické valy nebo osteofyty v úzkém páteřním kanálu. Neurologický deficit zde obvykle není natolik závažný, jako u úrazových lézí spojených s poraněním obratlů, avšak v literatuře lze vyhledat zmínky i o takto vytvořených kompletních lézích. Léze míchy může vzniknout ale také během operačního zákroku, například při snaze lékařů o odstranění nádoru. Pacienti s netraumatickou míšní lézí jsou spíše vyššího věku (i okolo 70 let), což značně omezuje následné možnosti rehabilitační zátěže a progresu (Ambler, 2006; Kříž, 2019; Náhlovský, 2006; Šámal, 2017).

Rozlišujeme dva různé mechanismy míšního poranění, a to primární a sekundární. Primárním mechanismem se rozumí počáteční přímé mechanické míšní poškození.

Mechanismus sekundární je poté charakterizován autodestrukčními změnami v rámci mnoha vaskulárních a biochemických dějů (Kříž, 2019; Náhlovský, 2006).

Primární poranění

Jsou popsány čtyři morfologické typy primárního poranění:

- 1) Kontuze s přetrvávající kompresí míchy
- 2) Kontuze s přechodnou kompresí míchy
- 3) Distrakce míchy
- 4) Lacerace míchy

Kontuze s přetrvávající kompresí míchy je typem nejčastějším a zároveň také nejzávažnějším, neboť vzniká obvykle při tříštivých zlomeninách s dorzálním posunem fragmentu obratlového těla do prostoru páteřního kanálu nebo při luxacích obratlů a velice často tímto mechanismem vznikají léze senzomotoricky kompletní. Kontuze s přechodnou kompresí míchy je méně závažná a vzniká obvykle netraumaticky během hyperextenze páteře u osoby s úzkým páteřním kanálem. Léze bývají spíše nekompletní. Co se týče distrakce míchy, jedná o poranění vzniklé často u dětí, kdy dojde k násilnému protažení páteře v podélné ose a mícha včetně cévního zásobení je poškozena tahovým nebo střížným mechanismem. Posledním typem primárního poranění je lacerace až možná transekce míchy. Ta je obvykle důsledkem násilných činů při bodných nebo střelných zraněních. Neurologický obraz je u posledních dvou zmiňovaných velice různorodý (Kříž, 2019).

Sekundární poranění

Sekundární poranění následuje poranění primární během několika minut. Sekundární poranění je pro budoucí míšní nález stejně zásadní, ne-li ještě zásadnější než poranění primární. Dochází ke změnám na úrovni akce srdeční (nejprve tachykardie, později přecházející v bradykardii), krevního tlaku (hypertenze přecházející v hypotenzi), lokálních vaskulárních změn (krvácení – zejména v šedé hmotě, ztráta mikrocirkulace, vazospasmy vedoucí k redukci krevního průtoku a ischemii) a elektrolytové reakce (vede ke vzniku edému míchy). Edém míchy může přesahovat rozsah primárního poranění až o několik segmentů. Všechny tyto procesy společně vedou k téměř okamžité buněčné smrti, která vzniká do 2 hodin od vzniku léze. Zároveň vzniká poškození hematomišní bariéry, což umožňuje prostup zánětlivých prvků do

místa léze. Zánětlivá reakce je veskrze pozitivní, neboť odstraňuje poškozenou tkáň, avšak je-li příliš výrazná, může způsobit inhibici axonálního růstu a zkomplikovat následnou regeneraci periferních nervů, byla-li tato regenerace na základě poškození reálná. Zároveň prozánětlivé cytokiny, proteázy a volné radikály, které zánětlivou reakci podporují, urychlují také buněčnou smrt zbylých neuronů a oligodendrocytů, ke které tak může dojít již do 48 hodin od vzniku léze. Ambler (2006) udává jako možnou akutní terapii pro zmírnění následků aplikaci metylprednisolonu bezprostředně po vzniku léze, avšak Vacek (2017) již píše, že se tento pozitivní účinek nepotvrdil a zatím jedinou šancí na zmírnění následků poranění je časný operační zákrok (Ambler, 2006; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006; Vacek, 2017).

1.4 Míšní šok

Syndrom míšního šoku lze definovat jako výpadek motorických, senzitivních a autonomních funkcí s areflexií nebo hyporeflexií a hypotonií pod úrovní míšní léze. Míšní šok se objevuje jak po úplném přerušení míchy, tak i po částečném. Obvykle se rozvíjí během minut po vzniku léze a může trvat individuálně dlouhou dobu od několika dní po několik týdnů (hojně 4-6 týdnů). Jasná definice konce míšního šoku není jednoznačně daná, různí autoři za něj tedy považují jeden z následujících příznaků: návrat polysynaptických kožních reflexů, návrat šlachookostickových reflexů, znovuoobnovení reflexní aktivity detruzoru nebo nástup spasticity. Dění probíhající během míšního šoku je možné rozdělit na tři fáze, jejichž popsání je klíčové pro pochopení jeho rozvoje i odeznění. Jedná se o fázi hyporeflexie až areflexie, fázi návratu reflexů a následnou fázi hyperreflexie (Háková, 2015; Kříž, 2019; Vacek, 2017).

Fáze areflexie, či hyporeflexie

První fáze míšního šoku se odehrává zpravidla během prvního dne po vzniku léze. Snížení až ztrátu reflexů, a tedy počátek rozvoje míšního šoku můžeme připisovat třem mechanismům. Jednak bezprostředně po vzniku léze dochází u kaudálně uložených míšních neuronů od místa léze k jejich izolaci od descendenní facilitace, což má za následek hyperpolarizaci neuronů a pokles jejich excitability. Právě snížení excitability neuronů je považováno za primární důvod vzniku hyporeflexie či areflexie. Zároveň však svou facilitační schopnost ztrácejí i gamma-motoneurony, čímž dochází ke snížení

excitability svalového vřeténka a v návaznosti na to ke snížení aferentních vzruchů pro alfa-motoneurony. Jako poslední mechanismus je udávána dezinhibice inhibičních interneuronů způsobená lézí tractus reticulospinalis dorzalis (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Klinicky je tato fáze charakterizována značnou redukcí až vymizením míšních reflexů pod úrovní míšní léze. Manifestuje se pseudochabá paréza, či plegie kosterních svalů a porucha senzitivních a autonomních funkcí. Pacienti s lézí v úrovni krční a hrudní páteře jsou v této fázi také ohroženi neurogenním šokem. Jedná se o stav, kdy vliv sympatiku na srdce a cévy je v důsledku léze porušen, zatímco parasympatická inervace je zachovalá. To může vést k závažné arteriální hypotenzi s bradykardií a poikilotermií, neboť absence sympatické inervace způsobuje ztrátu schopnosti zvýšit srdeční frekvenci nebo periferní rezistenci cév. Jedná se o život ohrožující stav, jeho incidence je však poměrně nízká (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Fáze návratu reflexů

Tuto fázi lze pozorovat v řádu několika dnů po vzniku léze. Principem druhé fáze je zvýšení senzitivity receptorů k neurotransmiterům, jedná se o tzv. denervační hypersenzitivitu. Důsledkem je postupný návrat reflexních odpovědí. U nekompletních lézí dochází k tomuto návratu i současně s volným pohybem a rychleji než u kompletní léze. Hlavním mechanismem zvýšení senzitivity receptorů je tzv. up-regulace. Ta spočívá ve zvýšené syntéze a inzerci receptorů a zpomalení jejich odstranění. Dalším mechanismem denervační hypersenzitivity může být rovněž snížení zpětného vychytávání excitačních neurotransmiterů (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Klinicky se tato fáze manifestuje postupným návratem reflexů. Prvním reflexem, který lze vyvolat bývá patologický reflex DPR (Delayed Plantar Response – opožděná plantární odpověď). Lze ho vybavit tupým stimulem podél laterální strany plosky nohy od paty k palci s následným zabočením mediálně přes hlavičky metatarzů, kdy dojde k opožděné flexi a následné relaxaci palce. DPR reflex může přetrvávat až několik týdnů, či ve výjimečných případech dokonce měsíců, za špatný prognostický znak je však považována přítomnost tohoto reflexu už déle než 48 hodin od vzniku poranění. Háková uvádí studie z přelomu tisíciletí, kde se daný reflex objevil u všech pacientů s kompletním i nekompletním senzitivním deficitem, přičemž u kompletních poranění

přetrvával minimálně týden. Poté následuje návrat dalších reflexů jako bulbokavernózního, análního či kremasterového, avšak i při návratu, či dokonce zesílení daných reflexů ještě nejsou přítomny reflexy šlachookosticové. Vývoj daných reflexů v prvních několika dnech po úraze je tedy vysoce podstatný pro určování budoucí prognózy pacienta (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Fáze hyperreflexie

Charakteristikou této fáze je vytváření nových synapsí, které jsou vytvářeny axony zachovaných descendentních motorických drah, axony reflexních oblouků a interneurony. Na nepoškozeném axonu dochází k pučení, tzv. sproutingu, při snaze vytvořit synapsi s daným cílovým neobsazeným motoneuronem. Vzniká jakási soutěž o tvorbu synapsí s volnými denervovanými motoneurony. Pro synaptický růst je nutné zvýšení proteosyntézy, ke kterému dochází lokálně v oblasti terminálního zakončení axonu, ale také v těle axonu s časovým odstupem závislým na délce axonu. Lokální vzrůst proteosyntézy je klíčový pro konkurenceschopnost dlouhých axonů, například aferentních neuronů typu Ia, v soutěži o synapsi s volným denervovaným motoneuronem oproti krátkým interneuronům. Ty by za jiných okolností byly díky kratšímu axonu zvýhodněny. Po vzniku synapse dochází s časovou prodlevou přímo úměrnou délce axonu k jejímu dozrávání a posílení. Z toho vyplývá, že rychlost růstu synapsí je závislá na délce axonu tzn. krátké interneurony jsou schopny vytvořit plně funkční synapsi během 2-4 týdnů, zatímco dlouhým senzitivním aferentním neuronům typu Ia to může trvat až 3-4 měsíce. Rychlost růstu synapsí je pravděpodobně možné ovlivnit také zvýšením aktivity v příslušné dráze. V průběhu hyperreflexní fáze tedy vytváření nových synapsí poskytuje zachovaným descendentním motorickým axonům příležitost zaujmout novou funkci kaudálně od inkompletní léze (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Klinický obraz pacienta je závislý na výše popsané kompetici mezi zachovanými descendentními motorickými dráhami a reflexními dráhami, která rozhodne, zda budou motorické neurony pod volní nebo reflexní kontrolou, kdy jedna z nich je vždy pro daný motoneuron dominantní. Při signifikantním zachování počtu descendentních motorických drah může dojít k návratu volního pohybu, neboť dostatečné množství descendentních axonů pomocí pučení může vytvořit postačující počet synapsí s volnými denervovanými motoneurony, čímž získá kompetitivní převahu. V případě minimálního

ušetření sestupných motorických drah nastává situace opačná a nové synapse jsou tvořeny míšními aferentními neurony s volnými motoneurony, což může přispět ke spasticitě. Daná kompetice je tedy zároveň limitujícím faktorem pro zlepšení motorických funkcí (Háková, 2015; Kříž, 2019).

Během této fáze rovněž probíhá vývoj autonomních funkcí, který vede ke zmírnění vagové bradykardie a hypotenze. Zároveň pacienti s lézí nad šestým hrudním míšním segmentem jsou ohroženi syndromem autonomní dysreflexie (Háková, 2015; Kříž, 2019).

1.5 Klinický obraz míšní léze

Určujícím faktorem klinického obrazu pacientů po míšní lézi je stupeň poškození míšní tkáně a výška léze. Lze rozlišovat vertikální (neurologická úroveň léze) a horizontální (rozsah míšní léze) míšní topiku. Ty nám souhrnně vykreslují obraz rozdílně závažné poruchy motorických, senzitivních a autonomních funkcí (Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

1.5.1 Neurologická úroveň léze

Neurologickou úrovní léze se rozumí nejkaudálnější segment, který vykazuje zachovanou motorickou i senzitivní funkci. Rozlišujeme ji podle výšky léze na pentaplegii, tetraplegii a paraplegii (případně u nekompletních lézí parézu) (Ambler, 2006; Kříž, 2019).

Pentaplegie

Pentaplegií se rozumí léze nad čtvrtým krčním míšním segmentem. Jelikož v úrovni C4 vystupuje z plexus cervicalis nervus phrenicus inervující bránici, dochází při lézi nad tímto segmentem, krom tetraplegie, také k poruše inervace bránice a její paréze až plegii. Pentaplegičtí pacienti tedy ztrácejí schopnost spontánní respirace, dochází k dechové insuficienci a tyto osoby bývají doživotně odkázány na umělou plicní ventilaci (Ambler, 2006; Kříž, 2019).

Tetraplegie

Při postižení krčních segmentů pod úrovní C4 vzniká tetraplegie. Kříž (2019) ji definuje jako ztrátu motorické a částečnou nebo úplnou ztrátu senzitivní funkce v důsledku poranění míchy v úrovni krčních míšních segmentů. Klinicky trpí pacient úplnou plegií trupu a dolních končetin a parézou končetin horních, jejíž míra je dána výškou léze. V případě kompletní léze tak lze podle motorické výšky léze předvídat následné funkční schopnosti jedince (Ambler, 2006; Kříž, 2019).

Paraplegie

Charakteristikou paraplegie je zachování plné funkce horních končetin, při poruše motorické a senzitivní funkce dolních končetin a trupu. Rozlišujeme paraplegii vysokou (v úrovni horní hrudní páteře) a nízkou (oblast dolní hrudní páteře a bederní páteře). Při lézi v oblasti bederní intumescence vniká paraparéza dolních končetin s kvalitní stabilitou trupu zachovanou díky téměř plné činnosti trupového svalstva. Čím vyšší je úroveň léze, tím horší stabilitu trupu pacient vykazuje, což výrazně ovlivňuje jeho budoucí schopnost soběstačnosti (Ambler, 2006; Kříž, 2019).

1.5.2 Rozsah míšní léze

Míšní léze mohou být kompletní nebo nekompletní. Definice kompletní míšní léze dle Kříže (2019) udává úplnou ztrátu volní hybnosti pod úrovní poranění včetně sakrálních segmentů, ztrátu všech kvalit cití pod úrovní poranění včetně sakrálních segmentů a poruchu autonomních funkcí podle neurologické úrovně. Poměr incidence kompletní a nekompletní míšní léze Ambler (2006) udává jako 45:55 %, nekompletní léze je tedy lehce převažující. Klinický obraz míšního šoku bezprostředně po úraze vyvolává mylný dojem kompletní léze, která se však postupem času může vyjasnit jako nekompletní. Nepravděpodobné to však je u jedinců, kde obraz kompletní léze přetrvává 24-48 hodin, neboť léze nekompletní začínají velice brzy vykazovat určité známky zachované motorické či senzitivní aktivity i pod úrovní poranění. Díky tomu mluvíme u nekompletního poranění často o tetraparéze nebo paraparéze místo plegie. Nekompletní léze se mohou projevovat velice rozličným klinickým obrazem a můžeme tedy rozlišovat několik nejčastěji se vyskytujících typů (Ambler, 2006; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Syndrom míšního konu

Jedná se o poměrně častý syndrom, který vzniká obvykle na přechodu mezi hrudními a bederními obratli, ale může se rozvinout i při traumatu obratlů Th11 až L2. Profilují se charakteristické sfinkterové poruchy a porucha cití tzv. sedlového charakteru, tedy na mediální a dorzální straně stehů a perianogenitálně. Motorický deficit není příliš výrazný, lze pozorovat parézu krátkých flexorů prstů dolních končetin a svalů pánevního dna. Manifestuje se i postižení autonomního systému ve formě charakteristického smíšeného typu neurogenního močového měchýře a poruchou erekce a ejakulace. Nelze vyvolat anální ani bulbokavernózní reflex. Postižení bývá symetrické a provází jej pouze nevýrazné bolesti, avšak při dlouhodobém trvání může dojít ke spasticitě a svalové atrofii (Ambler, 2006; Hrabálek, 2011; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Syndrom kaudy equiny

Syndrom vzniká poraněním pod druhým lumbálním obratlem, neboť právě po obratel L2 anatomicky dosahuje mícha pokračující právě kaudou equinou. Nejedná se tedy přímo o lézi míšní, jako spíše o lézi kořenovou, avšak stále v páteřním kanálu. Nacházíme chabou asymetrickou parézu a poruchu cití odpovídající příslušným dermatomům a myotomům. Syndrom kaudy je klinicky podobný syndromu konu. Objevuje se areflexie, sfinkterové poruchy a erektilní dysfunkce, avšak pro syndrom kaudy jsou charakteristické palčivé kořenové bolesti s asymetrickým postižením. Zároveň je pozitivnější i prognóza pacienta, neboť se zde méně uplatňují sekundární mechanismy poranění a dané kořeny mají vyšší schopnost regenerace (Ambler, 2006; Hrabálek, 2011; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Syndrom centrální míšní šedi

Jedná se o nejčastější syndrom vznikající zejména hyperextenčním mechanismem u osob se stenózou spinálního kanálu krční páteře, při pádech dopředu či u mladších jedinců po sportovních úrazech. Součástí traumatu nemusí být fraktury ani luxace obratlů, ale pouze poranění měkkých struktur. Dominantním znakem je výrazně vyšší motorický deficit na horních končetinách oproti končetinám dolním. Poruchy senzitivní a autonomní (zejména sfinkterové) jsou přítomny také, avšak jsou různého stupně a bývají upozaděny (Hrabálek, 2011; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Brown-Séquardův syndrom

Brown-Séquardův syndrom neboli tzv. syndrom míšní hemisekce je charakteristický poraněním jedné poloviny míchy. K takovému typu poranění dochází primárně vlivem bodného nebo střelného zranění. V úrovni léze je typická anestezie, ipsilaterálně a kaudálně od místa léze je přítomna centrální paréza z léze pyramidové dráhy a porucha propriocepce z důvodu poranění zadních provazců míšních a přímo v místě léze se mohou objevit kořenové bolesti. Kontralaterálně se nachází disociovaná porucha algického a termického cití díky lézi tractus spinothalamicus po křížení, přičemž povrchová citlivost zůstává zachována (Ambler, 2006; Hrabálek, 2011; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Syndrom přední míšní arterie

Jak název napovídá, jedná se o syndrom, kdy dochází k infarktu míchy na základě uzavření přední míšní arterie. Tento uzávěr může být způsoben kostěným fragmentem obratle, výhřezem ploténky, či aneurysmatem aorty. Tepna zásobuje ventrální dvě třetiny míchy s vlivem na mediálně uloženou část pyramidové dráhy. Při její okluzi tedy vzniká ztráta motoriky pod úrovní léze, anestezie a ztráta algického a termického cití, avšak díky zachovalé funkci zadních míšních provazců setrvává schopnost propriocepce a diskriminačního cití (Hrabálek, 2011; Kříž, 2019; Náhlavský, 2006).

Syndrom zadní míšních provazců

Zadní míšní provazce jsou nezbytné pro zachování propriocepce, vibračního a diskriminačního cití. Při poranění těchto provazců tedy dochází ke ztrátě všech těchto funkcí pod úrovní léze. Díky poruše propriocepce se objevuje spinální ataxie s pozitivním Rombergovým příznakem, zároveň může docházet ke snížení svalového tonu. Povrchové cití zůstává zachováno (Ambler, 2006; Kříž, 2019).

1.6 Vyšetřovací metody a postupy u míšních lézí

Pro co nejpřesnější zhodnocení stavu pacienta, které je klíčové pro optimální a individuálně nastavenou péči, byla vytvořena specifická klasifikace a speciální škály na míru pro pacienty po míšním poranění. Základem je kvalitní neurologické a neurofyzilogické vyšetření, vyhodnocení funkční nezávislosti pacienta a u pacientů

vykazujících schopnost chůze také funkční chůzové testy. Součástí diagnostiky a terapie míšní léze jsou samozřejmě také zobrazovací metody jako CT, magnetická rezonance či angiografie, těmi se zde, vzhledem k charakteru práce, však nebudu zabývat (Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

1.6.1 Neurologické vyšetření

Hlavním cílem neurologického vyšetření u pacientů po míšní lézi je určit úroveň a rozsah míšní léze. Zároveň umožňuje monitorovat vývoj daného stavu v jednotlivých stádiích po poškození míchy a určit funkční možnosti reziduálních svalů. Díky tomu lze nastavit adekvátní a individuální léčebný a rehabilitační postup u každého jedince. Nedílnou součástí je však také zhodnocení výbavnosti reflexů a vyšetření propriocepce. Zhodnocení reflexů nám pomůže rozlišit postižení horního a dolního motoneuronu. U lézí centrálního motoneuronu pak udávají někteří autoři návrat reflexů jako ukončení fáze míšního šoku. Hodnotí se monosynaptické reflexy na horních i dolních končetinách (bicipitový, styloidiální, tricipitový, flexorů prstů, patelární, Achilovy šlachy a medioplantární) a polysynaptické kožní reflexy (kremasterový, bulbokavernózní). Nutné je také vyšetřit výskyt patologických reflexů, neboť, jak již bylo uvedeno v kapitole 1.4. reflex DPR je považován za špatné prognostické znamení, je-li výbavný déle než 48 hodin po vzniku léze. Vyšetření propriocepce je rovněž důležitým prognostickým měřítkem. U nekompletních lézí při poškození zadních míšních provazců, a tudíž při ztrátě propriocepce musíme počítat s danými limitacemi, které mohou komplikovat aktivaci zbylého funkčního potenciálu (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Pro zhodnocení úrovně a rozsahu míšní léze byly vytvořeny mezinárodní standardy pro neurologickou klasifikaci míšního poranění (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury - ISNCSCI). Tyto standardy vytvořila Americká asociace spinálního poranění (ASIA) a je v nich zahrnuto vyšetření motorické a senzitivní úrovně léze a anorektální vyšetření (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Stanovení neurologické úrovně míšní léze

Pro stanovení motorické úrovně léze využíváme tzv. klíčové svaly. Jedná se o svaly na horních i dolních končetinách, jejichž inervace vychází z rozdílných míšních segmentů a které jsou tím pádem využívány jako ukazatel poranění či zachování daného

míšního segmentu. U každého z těchto svalů je ve standardizované poloze zhodnocena svalová síla stupněm 0-5, která odpovídá stupňům svalové dle Jandy. Hranice motorické léze je pak dána segmentem, jehož klíčový sval vykazuje stupeň svalové síly alespoň 3, přičemž je nutné, aby síla klíčového svalu pro nejbližší vyšší segment byla 5. Pro segmenty, které klíčový sval nemají (C1-C4, Th2-L1 a S2-S5), je motorická výše léze určována podle senzitivního deficitu (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Kromě motorické výše léze je nutné zhodnotit také výši senzitivní. To se provádí v tzv. klíčových bodech, které jsou přesně určené, kdy se každý nachází v jiném z 28 dermatomů. Vyšetřuje se citlivost pro lehký dotyk pomocí tupého předmětu a schopnost diskriminačního čítí pomocí ostrého podnětu, obvykle špendlíku. Pacient má po celou dobu vyšetření zavřené oči. Před aplikací podnětu na klíčový bod je pro porovnání použit stejný podnět na pacientovu tvář. Hodnocení probíhá na škále 0-2, přičemž 0 znamená, že pacient není schopný správně identifikovat podnět, při stupni 1 je pacient schopen podnět správně určit, avšak udává jiný vjem oproti referenčnímu bodu na obličeji a 2 je použita pro pocit stejný jako na obličeji udávaný jako normální. Hranice senzitivní léze je poté určena jako nejkaudálnější segment, který je hodnocen jako normální, tedy 2, pro obě modalit (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Celková úroveň léze je stanovena jako nejkaudálnější míšní segment, který vykazuje normální senzitivní a antigravitační (alespoň 3) motorickou odpověď na obou stranách (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Stanovení rozsahu míšní léze

Míšní léze může být kompletní nebo nekompletní, přičemž u nekompletní léze rozlišujeme několik stupňů. Pro zjištění rozsahu léze je nutné provést anorektální vyšetření, které se skládá z vyšetření citlivosti perianálně pro lehký dotyk i píchnutí špendlíkem v segmentech S4-S5, z volní anální kontrakce, a z vyšetření hlubokého análního tlaku. Hluboký anální tlak se vyšetřuje pouze v případě, chybí-li citlivost v segmentech S4-S5. Vyhodnocení celého anorektálního vyšetření probíhá dichotomicky, tedy ANO/NE (Kříž, 2019).

Po provedení kompletního vyšetření lze pomocí škály AIS (ASIA Impairment Scale) vytyčit rozsah a míru léze pomocí stupňů A až E. Kompletní motorická léze je označována jako AIS A, kdy není zachována žádná motorická ani senzitivní funkce

v segmentech S4-S5, a to včetně hlubokého análního tlaku. AIS B charakterizuje senzitivně nekompletní lézi, čili bez motorické odpovědi, ale se zachovanou senzitivitou v segmentech S4-S5. AIS C i AIS D označují souhrnně motoricky nekompletní lézi. Podmínkou pro AIS C je zachování motorické funkce na stupni 3 až 5 u méně než poloviny klíčových svalů pod neurologickou úrovní léze. Pro AIS D potom platí nutnost zachování motorické funkce na stupni 3 až 5 u více než poloviny klíčových svalů pod neurologickou úrovní léze. AIS E zahrnuje osoby po prodělaném neurologickém deficitu, jejichž motorická i senzitivní funkce je nyní normální, může se však objevovat porucha autonomních funkcí (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

1.6.2 Neurofyziologické vyšetření (elektrofyziologické vyšetření)

Výhodou elektrofyziologického vyšetření je možnost diagnostiky neurologického deficitu v časných fázích po úraze, zejména u pacientů s poruchou vědomí či nespolupracujících. Leč nebývá metodou první volby, lze jej využít i v období probíhajícího míšního šoku. Vyšetření podává informace o funkci míchy nad i pod úrovní poškození a zároveň je možno jej objektivizovat. Má tedy značný prognostický i diagnostický dosah. Jedná se o hodnocení somatosenzorických evokovaných potenciálů (SSEP), hodnocení motorických evokovaných potenciálů (MEP) a elektromyografické vyšetření (EMG) (Kříž & Chvostová, 2009; Wendsche, 2009).

Somatosenzorické evokované potenciály

SSEP vyhodnocují integritu aferentních senzitivních drah, a to na několika úrovních CNS a periferie. Vyšetření nevyžaduje spolupráci pacienta a neovlivňují jej sedativa, analgetika ani přítomnost míšního šoku. Dochází ke stimulaci periferního nervu (na HKK nejčastěji n. medianus a na DKK n. tibialis) a je snímána odpověď elektrického signálu pomocí skalpových elektrod. Tím je možno rozlišit výšku poškození na úrovni periferního nervu, míchy, mozkového kmene až po primární somatosenzorickou korovou oblast v gyrus precentralis (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019; Wendsche, 2009).

Motorické evokované potenciály

MEP testují funkci kortikospinálních motorických drah. Principem je stimulace korových oblastí mozku nebo míchy, při snaze vyvolat odpověď ve formě elektrického

potenciálu. Na jejich základě lze diagnostikovat úroveň míšního poranění bez nutnosti zobrazovacích metod. Zároveň umožňuje diferenciaci mezi centrální a periferní lézí (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019; Wendsche, 2009).

Elektromyografie

EMG se používá pro záznam změny elektrického potenciálu během svalové aktivace. Jedná se tedy o vyšetřovací metodu hodnotící inervaci svalů a jejich funkční stav. Její přínos u míšních lézí spočívá v prozkoumání, zda se jedná o izolované poškození centrálního motoneuronu, či je-li za poruchu hybnosti zodpovědná také přidružené kořenové postižení, například plexu brachialis u krčního poranění (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019; Wendsche, 2009).

1.6.3 Vyhodnocení funkční nezávislosti pacienta

Pro vyhodnocení schopnosti sebeobsluhy a nezávislosti pacienta vznikl protokol SCIM (Spinal Cord Independence Measure). Formulář hodnotí jednoduchou formou funkční schopnosti jedince bez nutnosti uvádět podrobné instrukce. Je rozdělen na 3 oblasti, a to sebeobsluhu, dýchání a ovládání svěračů a mobilitu. Ta je ještě rozdělena na mobilitu v místnosti a v interiéru a exteriéru. Celkem zahrnuje SCIM 17 dotazů s maximálním počtem bodů 100. Oblast sebeobsluhy se dotazuje na schopnosti pacienta se samostatně najíst, vykoupat, obléci se a upravit zevnějšek (zejména ranní hygiena, česání apod.). Maximální možný počet bodů, kterého lze dosáhnout je u této oblasti 20. Část druhá se zaměřuje na ovládání dechu, svěračů močového měchýře a střeva, ale také na schopnost použití toalety. Zde je možno dosáhnout až 40 bodů. Co se týče mobility v rámci místnosti, jsou otázky zaměřeny na přesuny lůžko – vozík a vozík – toaleta a na mobilitu na lůžku, čili se zde skrývá i prevence dekubitů. Mobilita v exteriéru a interiéru se týká vzdálenosti, po kterou je daná osoba schopna samostatně fungovat, ale jsou zde zahrnuty i schody či přesuny vozík – auto a země – vozík. Z oblasti mobility lze také celkově získat až 40 bodů. Díky jasné definovanému počtu bodů, který pacient získá lze velmi jednoduše a efektivně vyhodnotit jeho funkční nezávislost. Čím více bodů pacient získal, tím vyšší soběstačnosti je schopen. Opakovaným využitím dotazníku je tedy možné jednoduše sledovat funkční pokroky pacienta, přizpůsobovat jim terapeutické intervence nebo formulář využít jako motivační aspekt. Rychle se proto

stal jedním z nejpoužívanějších výzkumných nástrojů pro hodnocení pacientů s míšními lézemi (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Důležitým faktorem, který má výrazný vliv na sebeobsluhu a nezávislost pacienta je také míra spasticity a její subjektivní vnímání jako negativního, či pozitivního aspektu na jednotlivé činnosti. Pro zhodnocení tohoto hlediska byl vytvořen dotazník pro hodnocení spasticity u jedinců po poranění míchy (SCI-SET), viz kapitola 2.6. (Kříž, 2019).

1.6.4 Chůzové testy

U jedinců s nekompletní lézí, kteří mají schopnost chůze, jsou chůzové testy příležitostí zaznamenávat vývoj funkční kapacity této dovednosti. Využívají se standardizované testy jako desetimetrový test chůze, šestiminutový test chůze, test timed up and go a test specializovaný přímo pro pacienty po míšním poranění – walking index for spinal cord injury (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Desetimetrový test chůze spočívá v měření rychlosti chůze, přesněji času, potřebného k překonání 10 metrů. Pro pacienty s míšní lézí je lehce modifikován a tyto osoby absolvují metrů 14, kdy se měří prostředních 10 metrů pro vyloučení vlivu nutnosti akcelerace a decelerace na začátku a konci pohybu. Neexistují žádná data, která by normalizovala časy osob s míšní lézí a zařadila je tak do určitých podskupin. Výsledek testu je tedy využíván pro zhodnocení progresu funkčních schopností pacienta, či pro zvážení možností pohybu v domácím, přizpůsobeném prostředí (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Šestiminutový test chůze naopak hodnotí vytrvalost pacienta při submaximální rychlosti. Ukazuje nám stav kardiovaskulárního a respiračního systému a jeho reakci na aerobní zátěž. Zapisuje se vzdálenost, kterou osoba ušla za 6 minut, ale také počet a trvání zastávek, které pacient potřeboval, ty však nesmí zahrnovat odpočinek vsedě. Tento test lze kombinovat s Borgovou škálou únavy nebo s měřením saturace pomocí pulsního oxymetru (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Během testu **timed up and go** je pacientovi měřen čas, za který zvládne vstát ze židle, ujít 3 metry, udělat otočku, dojít zpět a znovu se posadit. Pro samotné zvládnutí tohoto testu je tedy nutná dostatečná svalová síla dolních končetin, schopnost stereotypu

chůze a dynamické řízení rovnováhy při změně směru chůze. Tento test byl původně vytvořen pro vyšetření chůze a vyhodnocení rizika pádu starších občanů, avšak u pacientů s deficitem způsobeným míšní destrukcí je díky němu možno posoudit využitelnost chůze v domácím prostředí (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

Walking index for spinal cord injury je jediným testem vytvořeným na míru osobám s míšní lézí. Hodnotí míru využití kompenzačních pomůcek a nutnosti dopomoci během chůze na 10 metrů. Nejedná se zde tedy o rychlost, vytrvalost ani kvalitu chůze, ale čistě o schopnost překonat vzdálenost 10 metrů. Škála hodnocení je 0–20, kdy 0 značí absolutní neschopnost chůze a 20 je pacient způsobilý chůze bez asistence a bez pomůcek. Hodnota udávající výsledek se však může lišit, jak na základě názoru pacienta a terapeuta, tak také vzájemně mezi terapeuty, kdy záleží na míře tolerance osoby vůči riziku pádu. Pacienti mají tendenci hodnotit se na škále níže oproti terapeutům, avšak tento subjektivní pocit pacienta se více projevuje později v domácím prostředí. Cílem testu je ukázat pozitivní posun funkčních schopností vyplývající ze snížení neurologického deficitu (Kříž & Chvostová, 2009; Kříž, 2019).

1.7 Neuroplasticita u osob po míšní lézi

Neuroplasticita je pojem široce využívaný, a to zejména k popisu různých biologických jevů, definována je však jako schopnost kontinuálních změn nervových a synaptických cest mozku a nervového systému v reakci na zkušenost, či zranění. Po poškození míchy je CNS schopná významné plasticity, kterou lze po poškození nervů rehabilitačně značně využít (Lynskey, 2008).

Na základě výsledků studií na zvířatech je již známo, že po lézi míchy dochází k reorganizaci CNS, a to na úrovni synaptické plasticity, axonálního klíčení i buněčné proliferace. K tomu dochází pod místem léze, v okolí léze, nad místem léze i v supraspinálních strukturách. Mechanismus plastických změn se pravděpodobně liší v závislosti na době od úrazu. V akutní fázi je reorganizace založena na odmaskování latentních synapsí, které jsou důsledkem modulace neurotransmiterů, zatímco dlouhodobé změny po chronickém poškození zahrnují změny synaptické účinnosti modulované dlouhodobou potenciací, regenerací axonů a jejich klíčením. Reorganizace však probíhá i na úrovni kortikální, či subkortikální (Castro et al., 2013; Ding et al., 2013; Lynskey, 2008, Silva et al., 2014).

K buněčné proliferaci dochází dle Lynskeyho (2008) i v okolí léze, kde oligodendrocyty a astrocyty zřejmě nahrazují některé buňky, ztracené během poranění a remyelinizují axony. CNS tak má možnost vytvářet nové cesty pro obnovu supraspinální kontroly nad oblastí pod úrovní léze. Neuroplasticita však může mít krom adaptivních také účinky maladaptivní. Plasticita na dendritické úrovni totiž ovlivňuje integraci synaptických vstupů do neuronů. Lze tedy pozorovat zvýšené množství Ia aferentních excitačních postsynaptických potenciálů, změny H reflexů, změny aktivních a pasivních membránových potenciálů a spontánní klíčení aferentních axonů. To přispívá k rozvoji například hyperreflexie, autonomní dysreflexie nebo neuropatických bolestí. Ke zlepšení adaptivních možností plasticity a zmírnění maladaptivních účinků lze využít rehabilitační terapie (Ding et al., 2013; Lynskey, 2008).

Cíle rehabilitační terapie by se neměly omezovat pouze snahu o aktivaci plasticity pod úrovní léze, ale také na podporu plasticity aferentních a eferentních nervových drah a kortexu. Plastické změny lze výrazně ovlivnit jak pasivním, tak aktivním cvičením, které lze dále facilitovat například elektrostimulací. Pro dosažení optimálních účinků při potenciaci plasticity je zároveň esenciální využít všech možných aferentních vstupů včetně zrakových, či sluchových. Castro a spol. (2013) ve své studii také dokazují, že plastické možnosti CNS je možné ovlivnit i pouhými přípravnými motorickými procesy, které lze aktivovat již představou o provedení pohybu. Pro maximalizaci efektu je tedy vhodné zapojit do terapie co nejvíce somatosenzorických stimulů včetně moderních technologií, jako jsou robotická zařízení nebo virtuální realita (Castro et al., 2013; Dietz & Fouad, 2014; Lynskey, 2008; Silva et al., 2014).

1.8 Terapeutické a rehabilitační fáze a postupy u míšních lézí

U pacientů s poškozením míchy hraje extrémně důležitou roli kvalitní multioborový tým a jeho schopnost spolupráce a komunikace. Osoba po traumatické i netraumatické lézi prochází třemi fázemi, přičemž fáze první je rozdělena na dvě další podfáze, kdy každá fáze je specifická svým cílem terapie i aplikovanými postupy. Podstatným bodem však je, že rehabilitace začíná již na místě úrazu, pokračuje v průběhu celé hospitalizace na všech pracovištích a v ideálním případě by měla v určité podobě pokračovat i po propuštění pacienta (Wendsche, 2009).

1.8.1 Klinický průběh poranění míchy

Fáze Ia) - akutní

První stádium zahrnuje jak přednemocniční péči, tak první urgentní intenzivní péči na ARO nebo JIP a trvá přibližně 1-2 Týdny po zranění. Cílem přednemocniční péče je zhodnotit vitální funkce jedince a zajištění systémů podpory života. U traumatických lézí se neodkladná přednemocniční léze řídí algoritmem ATLS (Advanced Trauma Life Support), který zahrnuje zajištění průchodnosti dýchacích cest, zajištění adekvátní ventilace, kontrolu oběhu a zastavení krvácení, orientační neurologické vyšetření, zajištění vstupů nemocného a poté v případě nutnosti resuscitaci. Dle Wendscheho (2009) platí, že u těžkého úrazu se musí počítat s poraněním páteře tak dlouho, dokud není takové poranění vyloučeno. Přičemž při poranění páteře je vždy nutné myslet také na možné poranění míchy. Cílem přednemocniční péče u podezření na poškození míchy je zmírnění neurologického deficitu a prevence jeho progresu. Běžnou praxí je tedy imobilizace páteře, které lze dosáhnout přiložením pevného fixačního límce v mírné trakci páteře a imobilizací pacienta v supinační pozici. Poté následuje transport do traumatologického spodylochirurgického centra (Doležel, 2004; Kříž, 2019; Wendsche, 2009).

V rámci akutní nemocniční péče je pacient hospitalizován na ARU či JIP spondylochirurgických oddělení. Je nutné ošetření poranění páteře, obvykle operační stabilizací. Nyní lze provést první vyšetření celkového funkčního stavu jedince, do kterého patří určení neurologické výše léze, jejího rozsahu, kloubního rozsahu, tonu svalů, vyšetření cití apod. Charakteristická je zde přítomnost míšního šoku, komplikující terapii i rehabilitaci. Přibližně polovina těchto pacientů má přidružená další poranění. Fyzioterapeutická i ošetrovatelská péče se tedy zaměřuje na prevenci vzniku poúrazových a pooperačních komplikací, jako jsou dekubity, osifikace, uroinfekce, embolie a jiné (Doležel, 2004; Wendsche, 2009).

Fáze Ib) – postakutní

Je-li pacient kardiopulmonálně kompenzován, je přeložen na spinální jednotku. Ty jsou v současné době v české republice 4, a to ve FN Brno, FN Ostrava, KN Liberec a ve FN Praha – Motol. Délka pobytu pacienta záleží na individuálním klinickém stavu, avšak obvykle zde jedinec pobývá od 3. do 12. týdne po zranění. V průběhu

hospitalizace tedy nastává odeznívání míšního šoku s možným nástupem spasticity. Zde je poskytována ucelená péče, do které je zahrnuta práce psychologa, psychiatra, neurologa, fyzioterapeuta a ergoterapeuta, spondylochirurga, neuro-urologa, internisty, gastroenterologa, plastického chirurga, sexuologa, ortopeda, sociálního pracovníka a dále. Cílem je minimalizovat důsledky poranění, eliminovat vznik možných zdravotních komplikací, nastavuje se optimální medikace a začínají se řešit možnosti vyprazdňování. Co se týče možností fyzioterapie, ta reaguje na současný stav pacienta a snaží se jej fyzicky připravit na nácvik sebeobsluhy, přesuny, lokomoci apod. (Doležel, 2004; Kříž & Faltýnková, 2012; Wendsche, 2009).

Fáze II – chronická

Druhou fází je možno nazvat fází rekonvalescence a rehabilitace. Pacient se přesouvá ze spinální jednotky do rehabilitačního ústavu, kde zůstává dalších 4–5 měsíců. V České republice jsou tři vhodné ústavy zaměřující se na pacienty s míšním poraněním, a to RÚ Hrabyně, RÚ Kladruhy a Hamzova odborná léčebna Luže-Košumberk. Zde je naprosto primární práce fyzioterapeutů a ergoterapeutů. Cílem je návrat pacienta do denního rodinného a pracovního života a snaha o co nejvyšší míru soběstačnosti. Jedinec je instruován a dovybaven rehabilitačními a kompenzačními pomůckami, zvyká si na dlouhodobý sed ve vozíku a nadále je zlepšována jeho fyzická kondice a schopnost efektivně využívat zbylý potenciál svého muskuloskeletárního aparátu. V tomto stádiu je již nutno projednávat případnou změnu povolání a osoba se může zapojit i do různorodých sportovních činností (Doležel, 2004; Kříž & Faltýnková, 2012; Wendsche, 2009).

Fáze III – pozdní, reintegrační

I po propuštění z rehabilitačních ústavů mají pacienti s poškozením míchy nadále potenciál na sobě pracovat a dosáhnout tak maxima své fyzické kondice a schopnosti se o sebe sami postarat. Zároveň musí být schopni překonávat nástrahy jejich běžného života, jako jsou schody, pády z vozíku nebo vysoko uložené předměty. Významnou roli zde hraje pracovní a sociální rehabilitace, ale také neziskové organizace v různých regionech České republiky, které nabízejí sociální, rehabilitační či asistenční služby a poradenství nebo půjčování pomůcek. Nejznámějším z nich je Centrum Paraple v Praze, ale patří sem také ParaCENTRUM Fenix v Brně nebo Česká asociace paraplegiků

CZEPA. Dochází k opakovaným rekonvalescenčním pobytům. Zároveň se s odstupem času mohou začít objevovat další komplikace jako například vysoký výskyt osteoporózy, či kardiovaskulárních onemocnění. Není tedy výjimkou podstoupení nových či rekonstrukčních operačních výkonů (Doležel, 2004; Kříž & Faltýnková, 2012; Wendsche, 2009).

1.8.2 Rehabilitační postupy

Wendsche (2009) uvádí hned několik hlavních cílů fyzioterapie. Jedná se o zachování optimálního postavení a pohyblivosti kloubů, prevenci kontraktur a patologických postavení a zachování fyziologického rozsahu pohybu v kloubech, respirační fyzioterapii, prevenci dekubitů a vertikalizaci. Tyto cíle jsou primární v akutní fázi klinického průběhu poranění míchy. V dalších fázích se k nim přidává také potlačení spasticity, prevence vzniku heterotopických paraartikulárních osifikací, udržení a posílení aktuálního motorického potenciálu, snaha o co nejvyšší míru aktivace motoriky co nejdálěji je to možné, zlepšení fyzické kondice pacienta a prevence bolestí a eliminace již existujících bolestí. Zároveň uvádí, že cílem je nejprve v co nejvyšší míře a kvalitě využít a podpořit funkční schopnosti pacienta, než se začneme snažit o vytvoření náhradních funkčních mechanismů (Wendsche, 2009).

Respirační fyzioterapie

Vzhledem k častému výskytu přidružených poranění hrudníku, či k nedostatečné inervaci pomocných dechových svalů u krčních lézí, je respirační terapie na prvním místě v akutním i postakutním stádiu. Pomáhá zajišťovat hygienu dýchacích cest, neboť může docházet ke stagnaci hlenu nebo vzniku atelektáz. Zároveň vede k zajištění ventilace celých plic, zvětšení vitální kapacity, čili ke zlepšení dechových parametrů. Lze využít jak pasivních (polohová drenáž, uvolňování hrudníku a mezižeberních prostor, manuální vibrace během výdechu, pasivní dechová gymnastika) tak aktivních technik (návlek výdechu proti odporu, autogenní drenáž, prohloubené dýchání). Existuje množství pomůcek, díky kterým může pacient, je-li toho schopen, pokračovat v dané terapii i bez přítomnosti terapeuta, například flutter, acapella nebo triflo. Pozitivní vliv na respirační funkce má také Vojtova reflexní metoda (Kříž & Chvostová, 2009; Wendsche, 2009).

Polohování

Polohování je doménou jak terapeutů, tak ošetrovatelského personálu. Podstatou je zabránit vzniku dekubitů, na které jsou pacienti po míšní lézi náchylnější než jiní. Vnik dekubitu může výrazně limitovat následnou rehabilitaci a schopnost sebeobsluhy pacienta. Polohování zároveň podporuje zachování optimálního postavení a pohyblivosti kloubů a omezuje možnost vzniku kontraktur. To vše má za následek eliminaci bolesti a prevenci jejího vzniku (Kříž & Chvostová, 2009; Wendsche, 2009).

Pasivní pohyby, aktivní pohyby

Krom zachování rozsahu pohybu a prevence kontraktur je význam pasivních pohybů zejména po nástupu spasticity, kdy se snažíme docílit snížení svalového tonu. Hned v akutní fázi, kdy je stále přítomen míšní šok spolu s edémem, je však nutné nepřesahovat dvě třetiny fyziologického rozsahu. Při nedodržení této zásady, či při prudkých a rychlých pohybech může dojít k mikrotraumatům a následným paraartikulárním osifikacím, čímž by došlo ke snížení hybnosti segmentu. Součástí je také centrace kloubů, zejména ramenního a kyčelního, kdy dochází ke stimulaci intraartikulárních receptorů, a tedy aferentním impulzům, které se mohou spoluúčastnit na maximálním využití reziduální funkční kapacity nervových vláken daného segmentu. Jakmile je toho pacient schopen, začínáme s aktivací a posilováním svalů potřebných pro udržení postury, pohybu na vozíku či k přesunům (Kříž & Chvostová, 2009).

Vertikalizace

Zprvu je cílem vertikalizace primárně adaptace systému na změnu polohy, zejména do sedu. Při absenci ortostatických potíží lze vertikalizovat pomocí vertikalizačních stolů, či stojanů také do stoje. To umožňuje stimulaci osově zátěže ve vertikální poloze, což má, mimo jiné, za následek lepší prokrvení kostních, kloubních i vazivových struktur (Kříž & Chvostová, 2009).

Metody na neurofyziologickém podkladě

Metody na neurofyziologickém podkladě patří mezi nejpodstatnější při terapii osob po míšní lézi. Zvyšují aferentní stimulaci centrální nervové soustavy, čímž podporují využití co nejvyššího potenciálu nervového a myoskeletárního systému. První volbou u těchto pacientů je Vojtova reflexní terapie, která se využívá již v první fázi pro reflexní

stimulaci dechu. Dalšími metodami volby mohou být PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace), Bobath koncept, S.E.T. koncept (Sling Exercise Therapy), BPP koncept (bazální programy a podprogramy), Feldenkraisova metoda, spiraldynamik či Brügger koncept (Kříž & Chvostová, 2009).

Přístrojová terapie

Mezi nejhojněji využívané přístrojové terapie patří například MotoMed, který je ideální pro využití ve fázi Ia. Jako další můžeme zmínit Lokomat, který ale vyžaduje schopnost pacienta vertikalizace do stoje a využívá se více ve fázi Ib nebo 2. U velmi šikovních pacientů a nižších lézí lze využít také exoskelet a chůzi v ortézách. Nedílnou součástí je fyzikální terapie, kde mezi nejprospěšnější patří Intention Controlled Myofeedback – IMF, funkční elektrická stimulace – FES nebo hydrokineziterapie. V současné době se také zkoumá vliv virtuální reality (Kříž & Chvostová, 2009).

Na terapii se také významným dílem podílejí ergoterapeuti. Z dalších nezmíněných metod lze použít techniky měkkých tkání a mobilizace, fasciální techniky, míčkování, prvky psychosociální terapie, či sportovní hry a činnosti (Kříž & Chvostová, 2009).

1.9 Komplikace a zdravotní důsledky

Respirační systém

V prvním roce po úraze jsou komplikace respiračního systému nejčastějším důvodem morbidit a mortality pacientů s krční nebo horní hrudní lézí. Avšak i v následujících letech po vzniku léze vytváří respirační onemocnění u těchto pacientů vyšší riziko komplikovaného průběhu a celkově jsou pacienti respiračním onemocněním více ohroženi než běžná populace. Osoby s vyšší úrovní léze (krční či vysoká hrudní) ztrácejí inervaci pomocných respiračních svalů, čímž vzniká respirační dysfunkce a je snížena vitální kapacita plic. Důvodem je jednak oslabení dechových svalů, ale také paradoxní pohyb hrudní stěny. Zároveň může hrát vliv i možné přidružené poranění hrudního koše nebo pozůstatek vlivu přechodně zavedené tracheostomické kanyly. Dalším faktorem je dysfunkce autonomního systému, která může mít za následek zvýšenou sekreci, bronchospasmus, či plicní edém. Posledním činitelem je retence bronchiálního hledu způsobená neefektivním kašlem. Z těchto důvodů je u jedinců po míšní lézi vyšší riziko vzniku atelektáz a bronchopneumonie. Je u nich tedy často nutné

zvažovat medikaci bronchodilatancii či mukolytiky. Při i zdánlivě jednoduché infekci horních cest dýchacích je potřeba tyto osoby důkladně laboratorně sledovat, neboť se často neobejdou bez antibiotické léčby. Nejúčinnější prevencí jsou pasivní i aktivní fyzioterapeutické postupy a využití dechových pomůcek a trenažérů jako Threshold, Flutter nebo Acapellu (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Kardiovaskulární systém

Tak jako jsou komplikace respiračního systému nejčastějším důvodem úmrtí pacientů v prvním roce života po úraze, tak komplikace kardiovaskulárního systému jsou zodpovědné za nejvyšší mortalitu v chronickém stádiu. Dlouhou dobu této smutné statistice vévodily urogenitální potíže a dekubity, avšak se zkvalitněním péče ustupují mírně do pozadí. Prevalence kardiovaskulárních onemocnění u osob s míšní lézí je momentálně mezi 25 % a 50 % (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Vzhledem k přerušení descendentních sympatických drah dochází k převaze parasympatické kontroly nad kardiovaskulárním systémem. Důsledkem poté může být v akutní fázi neurogenní šok a později klidová hypotenze, ortostatická hypotenze, autonomní dysreflexie nebo arytmie. Ortostatická hypotenze se objevuje především v akutním stádiu a je důvodem i limitací snahy o vertikalizaci. Později obvykle dochází k adaptaci a ortostatická hypotenze se vyskytuje v menším měřítku, avšak většina jedinců je s ní seznámena a dokáže si pomoci sama. Závažnějším stavem, který může skončit až život ohrožujícím stavem je autonomní dysreflexie. Ta se může manifestovat u lézí nad šestým hrudním obratlem, kde se nachází splanchnický sympatický výstup. Jedná se o výrazné zvýšení krevního tlaku (minimálně o 20mmHg, ale může dosáhnout extrémních hodnot 250–300 mmHg) způsobené masivní reflexní vazokonstrikcí po podráždění pod úrovní léze. Dochází ke snaze kompenzovat navýšení tlaku bradykardií a vazodilatací, avšak pouze nad úrovní léze, což je pro normalizaci tlaku nedostačující. Dráždivým podnětem může být cokoli od těsné obuvi nebo bodnutí hmyzem po frakturu kosti, avšak nejčastěji k AD dochází vlivem naplněného močového měchýře nebo jiné urogenitální příčiny (infekce, urologické výkony, sexuální aktivita). Mezi příznaky patří zvýšený krevní tlak, těžká pulzující bolest hlavy, zarudnutí a pocení nad úrovní léze, bradykardie, bledá a husí kůže pod úrovní léze, úzkost, bronchospasmus a srdeční arytmie (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Snížení vasomotorického tonu, absence svalové pumpy na dolních končetinách a celkově snížená pohybová aktivita přispívají ke zvýšenému riziku vzniku tromboembolie, případně následně plicní embolie, která jedince výrazně ohrožuje na životě. Tyto osoby jsou proto často, zejména v časných stádiích medikování nízkomolekulárním heparinem nebo warfarinem. Nižší míra fyzické aktivity a vyšší míra tuku až obezity vede k ischemické chorobě srdeční, která je v současné době uváděna jako prvotní příčina úmrtí pacientů po poškození míchy (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Termoregulace

Kombinace poruchy autonomních drah mezi hypothalamem a kožními receptory pod úrovní poranění a neschopností regulace vazokonstrikce, vazodilatace a pocení způsobuje významnou poruchu termoregulace. To se manifestuje zejména u jedinců s lézí nad šestým hrudním obratlem, v jehož úrovni nalézáme splanchnický sympatický výstup. Tato porucha se v akutní fázi projevuje febrilními stavy bez přítomnosti zánětu v organismu a později neschopností reagovat na okolní teplotu čímž v teplých letních měsících hrozí riziko přehřátí organismu (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Urogenitální systém

Problémy, kterými trpí pacienti po míšní lézi v rámci urogenitálního systému jsou obvykle spojené se způsobem derivace moči. Nejvhodnější metodou vyprazdňování je v současné době intermitentní katetrizace, pro tu je však nutná zachovalá dorzální flexe zápěstí alespoň na stupni svalové síly 3, čili zvládnutá motorická léze C6. Jako další možnosti se nabízejí permanentní transuretrální močový katetr, permanentní suprapubický močový katetr, vyklepávání nebo exprese močového měchýře (zvýšení nitrobřišního tlaku). Ty však oproti intermitentní katetrizaci vykazují vyšší pravděpodobnost výskytu uroinfekce nebo urolithiázy, což jsou nejhojněji se vyskytující komplikace u míšních poranění a mohou vést až k renální insuficienci (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Gastrointestinální systém

Zejména v akutním stádiu se lze setkat u osob s lézí v oblasti krční páteře s dysfagií a to u 16–56 %. Ta se obvykle rychle upraví, avšak vytváří příležitosti pro rozvoj aspirační bronchopneumonie. V první fázi se také může objevit stresový peptický, či duodenální vřed nebo gastroezofageální reflux. Komplikaci u těchto diagnóz způsobuje neurologický deficit, neboť pacient často není schopen přesně charakterizovat ani lokalizovat bolest. Z tohoto důvodu bývají během tohoto stádia preventivně nasazeny antagonisté H₂ receptorů (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Jednou z nejhůře subjektivně hodnocených poruch způsobených míšním poraněním, je neurogenní dysfunkce střeva. Jedná se o stav, který může zahrnovat prodloužení pasáže tlustým střevem, ztrátu volní kontroly nad análním svěračem a poruchu pocitu nutkání na stolicí. To se projevuje vysokým rizikem vzniku obstipace, inkontinence a neschopnosti koordinace defekace. Pro zvýšení kvality života pacienta i pro zlepšení jeho soběstačnosti je nutné nastavit co nejoptimálnější řešení. To obvykle spočívá v aplikaci bisakodylových čípků cca á 2-3 dny. Alternativou jsou orální laxativa, břišní masáž, digitální evakuace či transanální irigace. Komplikacemi neurogenního střeva může být například megakolon (abnormálně rozšířené tlusté střevo), který je často spojen s užíváním laxativ, nebo hemoroidy, které jsou u chronických lézí hlavním důvodem krvácení a mohou způsobovat řadu potíží od dyskomfortu při vyprazdňování po autonomní dysreflexii. Nezřídka se u osob po míšní lézi vyskytuje také obezita vycházející z nižšího energetického výdeje a metabolické změny, vyskytující se právě u lidí s nižším objemem aktivní svalové hmoty (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Kožní systém

V rámci kožního systému jsou na jednoznačném prvním místě mezi komplikacemi dekubity. Ty jsou téměř bezvýhradně způsobeny zanedbáním péče, ať už se jedná v akutní fázi o ošetrovatelskou péči nebo ve fázi chronické o péči o sebe sama (nedodržování režimových opatření, zásad polohování nebo pravidelné kontroly kůže). Pro snížení až ztrátu senzitivity pod úrovní léze existuje neustále nebezpečí vzniku kožních oděrek (které mohou vést až k dekubitům), popálenin či omrzlin. Léčba

dekubitů, popálenin i omrzlin je vzhledem k poruše inervace a horšímu cévnímu zásobení časově velice náročná oproti běžné populaci, i přesto, že probíhá shodně. Z jiných dermatologických problémů můžeme zmínit například mykózy, dermatitidy nebo erysipel (bakteriální infekční onemocnění kůže a podkoží na končetinách, ale i na genitálu), jejichž recidivy mohou poukazovat na poruchu imunitního systému (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Muskuloskeletální systém

Z důvodu ztráty inervace určitého množství svalových skupin dochází na muskuloskeletálním systému k výrazným změnám. Dochází ke zvýšení množství intramuskulárního, viscerálního i subkutánního tuku na úkor svalové hmoty. Děje se tak pro hormonální změny, náhlou imobilitu a často nevyhovující výživové návyky. To přispívá k poruše glukózové tolerance, která může nezřídka vyústit až v diabetes 2. typu. Zároveň se objevuje porucha kostního metabolismu vedoucí k rozvoji osteoporózy a v kombinaci s traumatizací měkkých tkání ke vzniku heterotopických osifikací. Důsledkem poté mohou být četné fraktury zejména dlouhých kostí (z důvodu osteoporózy) nebo omezení rozsahu pohybu v kloubech, zejména kyčelních, až nutnost resekce, což s sebou nese riziko cévních komplikací (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

U každého jedince s neurologickým deficitem po poranění míchy nalezneme svalové dysbalance. Ty se nacházejí nad i pod úrovní léze a jsou způsobeny jednak střetem plegických, paretických a plně funkčních svalů na jednotlivých segmentech a dílem změnami svalového tonu a spasticitou. Takto vzniklým nerovnoměrným tahem svalů dochází v okolí kloubů k jejich decentraci, a tudíž rychlejšímu opotřebení a možnému vzniku mikrotraumat a dlouhodobě až degenerativních změn. Nejvýrazněji jsou decentrací ohroženy kořenové klouby, kde vlivem spasticity může dojít až k subluxaci, či luxaci. Zároveň je zde vysoká šance vzniku vazivových kontraktur. Všechny zmíněné vlivy vyvolávají nociceptivní dráždění a vedou ke vzniku muskuloskeletálních bolestí, které mají silný vliv na každodenní činnosti pacienta a jeho kvalitu života (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

Nervový systém

Přerušení míšních drah má za následek několik komplexních neuroplastických změn. Ty se participují na rozvoji spasticity a neuropatické bolesti, třebaže rozdílným mechanismem. Spasticita je výrazným faktorem ovlivňující schopnost soběstačnosti a kvalitu života pacienta a je více rozebrána v následující kapitole. Neuropatická bolest vzniká na základě poranění nervových struktur a jedná se o bolest chronického rázu. Zároveň je velmi obtížně lokalizovatelná, pálivá a špatně reaguje na léčbu analgetiky. Tím přispívá k poruchám spánku, depresi a špatné kvalitě života. Po letech od poranění může také dojít k rozvoji syringomyelie. Jedná se o onemocnění míchy vycházející ze zvětšující se cysty vyplněné tekutinou v šedé hmotě míšní. Způsobuje ji blokáda cirkulace likvoru, jejíž patogeneze není u posttraumatických lézí zcela jasná. Může však výrazným způsobem ovlivnit neurologický deficit k horšímu. Diferenciálně diagnostickým ukazatelem je progredující tupá konstantní bolest lokalizovaná v blízkosti léze, zhoršení citlivosti a jako poslední zhoršení svalové síly. Můžou se vyskytnout i změny v intenzitě projevů spasticity. Metodou první volby je poté magnetické rezonance, neboť při pozdní nebo neexistující správné diagnóze se jedná o velice závažný stav (Kříž & Hyšperská, 2009; Kříž & Faltýnková, 2012; Kříž, 2019).

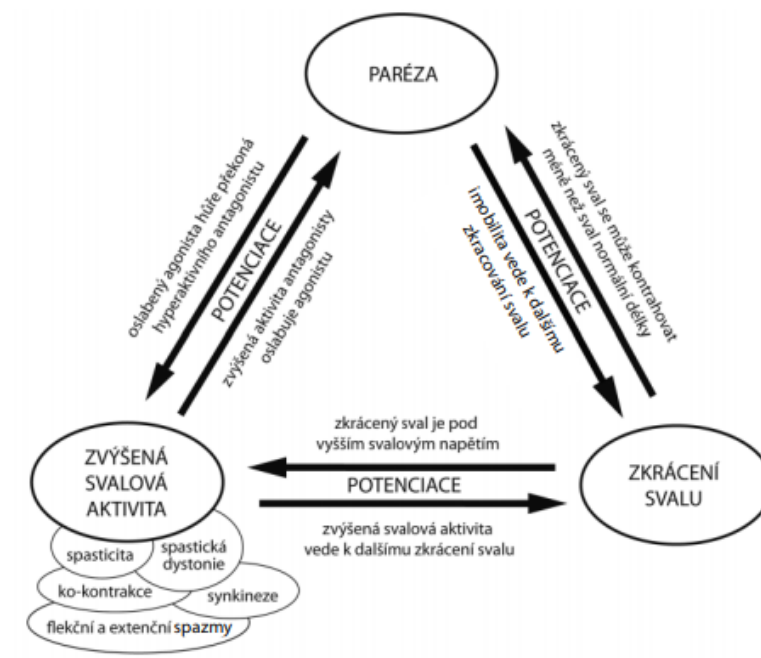
2 SPASTICITA

2.1 Patofyziologie spasticity

Definice spasticity

Samotná definice spasticity a její přesné vymezení je problematické. Jedná se o velmi komplexní poruchu motoriky, která patří mezi závažné projevy poruchy centrálního motoneuronu. Klasická definice dle Lanceho (1980) vymezuje spasticitu jako poruchu svalového tonu, ve smyslu hypertonu, způsobenou zvýšením tonických napínavých reflexů (tzv. stretch reflex), závislých na rychlosti pasivního protažení. Předpokládá se, že toto zvýšení tonických napínavých reflexů je způsobeno poruchou zpracování a modulace proprioceptivních impulzů, které jsou vedeny proprioceptivními vlákny tříd Ia a Ib. Spasticita jako taková je však složitý patofyziologický koncept, který je stále zdokonalován, díky současnému nárůstu poznatků o neurofyziologii a řízení pohybu. Jedná se zřejmě o jednu z nejsložitějších poruch, co se motoriky týče. Obecně platí, že normotonus je závislý na úplné paritě inhibičních (na stretch reflex) a excitačních (na alfa a gama motoneurony svalů) vlivů (Adams & Hicks, 2005; Kaňovský, 2004; Kaňovský, 2015; Štětkářová, 2013).

Spasticita je však jen jedním velice významným příznakem zvýšení svalového tonu syndromu horního motoneuronu, zvaného také upper motor neurone syndrome (UPN). Velmi často se však pod pojem spasticita zahrnují všechny projevy léze centrálního motoneuronu. Ty se sice mohou mezi jednotlivými pacienty výrazně lišit svými v důsledku lokalizací a rozsahů lézí pyramidové dráhy, rychlosti vzniku léze nebo současného postižení dalších drah, avšak hlavními klinickými projevy je triáda symptomů, a to vedle zvýšení svalového tonu také paréza a zkrácení svalu. Ty se zároveň navzájem potencují a vzniká tzv. začarovaný trojúhelník, viz obr. 1. (Jech, 2015; Štětkářová, 2013).



Obrázek 1 Syndrom centrálního motoneuronu - začarovaný trojúhelník (Jech, 2015)

Existuje však i starší koncept, dle kterého klinické projevy syndromu horního motoneuronu sestávají ze dvou kvalit příznaků a to pozitivních a negativních. Mezi pozitivní příznaky se řadí, krom spasticity, hyperreflexie, klonus, flexorové spazmy, eferentní pálení a asociativní motorické poruchy. Do příznaků negativních poté patří excesivní svalová únavnost, svalová dyskoordinace a neobratnost (Adams & Hicks, 2005; Kaňovský, 2004; Kříž, 2019; Wendsche, 2009).

Velocity dependent

Jedná se o pojem, na jehož základě se v současné době definice spasticity staví. Velocity dependent znamená, že čím rychleji je proveden pasivní napínací pohyb, tím znatelnější je odpor kladený příslušnými svalovými segmenty a tím je také výraznější reflexní aktivita. V praxi to znamená, že čím rychlejší je pasivní protažení svalu, tím silnější je spastická odpověď, zatímco při pomalém protažení nemusí spastická kontrakce vůbec nastat. Jedná se tedy o zvýšení tonických napínacích reflexů, jejichž původ je nutno hledat v abnormálním zpracování proprioceptivních informací v míšních strukturách (Falisse, 2018; Jankowska & Hammar, 2002; Kaňovský, 2015; Kaňovský, 2004).

Důležitou charakteristikou ovlivňující spastickou odpověď je také tzv. lenght-dependent. Ten označuje závislost reakce na délce protažení svalu. Do čím větší délky je sval protažen, tím mohutnější bude také reflexní spastická odpověď (Kaňovský, 2015).

Spasticita je přítomna v různé míře u téměř jakékoli léze centrálního motoneuronu bez ohledu na příčinu, kterou může být trauma, cévní mozková příhoda, roztroušená skleróza, míšní léze, DMO, nádor, zánět nebo degenerativní proces mozku nebo míchy (Štětkářová, 2013).

2.2 Klinické projevy spasticity

Fenomén zavíracího nože

Jedná se o kombinaci patologického tonického napínacího reflexu, modifikovaného aferentními vlákny sloužícími flexorovým reflexům. Podstatou je velocity dependent a protažení svalu. V praxi dochází k tomu, že při pasivním protažení se v jednu chvíli povolí spastický odpor svalů a pasivní pohyb lze dokončit zcela volně. Při pasivním protahování určitého svalu se redukuje excitabilita tonického napínacího reflexu. Zároveň odpor kladený spastickými svaly zpomaluje rychlost pohybu, čímž je rovněž tlumena i spastická reakce. Výsledkem je určitý bod (úhel segmentu, míra protažení svalu), kdy je napínání natolik pomalé a sval natolik protažen, že již nedosahuje prahu excitability tonického napínacího reflexu a odpor kladený spastickou reakcí svalů mizí. Dle úhlu, ve kterém spastický odpor vymizí lze hodnotit míru spasticity daného svalu nebo svalové skupiny (Kaňovský, 2004; Kaňovský, 2015; Štětkářová & Ehler & Jech, 2012).

Eferentní pálení

Eferentní pálení označuje kontinuální svalové kontrakce, objevující se, aniž jsou přítomny jakékoliv svalové kontrakce volní a jakákoliv senzorická zpětná vazba nebo stimulace (proprioceptivní, nociceptivní nebo kožní). Od spastické kontrakce se liší v naprosté nezávislosti na jakýchkoli podmínkách z periferie. Jedná se tedy o čistě eferentní fenomén. Přesné příčiny vzniku této poruchy nejsou zatím stoprocentně známy, ví se však, že je způsobován supraspinální aktivací alfa motoneuronů. Nejznámějším příkladem eferentního pálení je tzv. Wernicke-Mannovo držení u hemiparetických pacientů (Kaňovský 2015; Štětkářová & Ehler & Jech, 2012).

Flexorové a extenzorové spasmy

Tyto spasmy vznikají na podkladě flexorových a extenzorových reflexů (flexe dolní končetiny při došlapu na špendlík, či cuk ruky, při dotyku horké plotny). Patofyziologie vzniku tedy není stejná jako u patofyziologie čisté spastické kontrakce. U pacientů s UPN je práh pro aktivaci flexorových či extenzorových reflexů snížen, nebo zvýšen, nejčastěji se však jedná o kombinaci. Důvodem pro tuto disinhibici je léze dorzálního retikulospinálního traktu. Podnětem pro tuto reakci tedy může být i dotyk, manipulace s končetinou, dekubit, případně zánětlivé změny na končetinách. Tyto spasmy bývají pro pacienty bolestivé (Kaňovský, 2004; Kaňovský, 2015; Štětkářová & Ehler & Jech, 2012).

Asociované reakce

Jedná se o zvláštní skupinu motorických fenoménů. Lze je označit za uvolněné posturální reakce zbavené volní kontroly, tedy za jakési vzdálené synkineze. Ty vznikají pravděpodobně již na kortikální úrovni na základě poruchy inhibice daných asociovaných pohybů a jejich šíření cestou propriospinálních drah. Za jejich příčinu lze zřejmě označit neúčelné neuroplastické změny CNS, které převzaly řídicí funkci poškozených segmentů. Vzniká tak tzv. fenomén „overflow“, kdy v důsledku nadměrné aktivity dochází k mimovolním a nechtěným asociovaným reakcím ve vzdáleném segmentu. Příkladem může být souhyb ramene při pokusu o aktivaci akra, vznik zrcadlových pohybů na kontralaterální končetině, či vznik synkinézy trupu při pohybu končetinou (Jech, 2015; Kaňovský, 2015; Štětkářová, 2013).

Spastická ko-kontrakce

U osoby trpící poškozením centrálního motoneuronu se zároveň manifestuje porucha řízení motoriky, přesněji porucha reciproční inhibice. Za normálních okolností dochází skrze aferentní vlákna ze svalového vřetenka typu Ia k inhibici alfa-motoneuronů antagonistického svalu. Při absenci reciproční inhibice však dochází ke kontrakci agonisty i antagonisty současně, což ústí ve špatnou koordinaci volního pohybu. Diskoordinace může být dokonce tak výrazná, že samotná kontrakce antagonistů převáží kontrakci agonistů, čímž, dochází až k opačnému pohybu, než pacient původně zamýšlel. Například při snahu o extenzi v lokti se manifestuje zesílení spastického flekčního pohybu (Jech, 2015; Kaňovský, 2015; Štětkářová, 2013).

2.3 Klinické formy spasticity

Spasticitu lze rozdělit dle své klinické formy do dvou skupin, na základě lokality vzniku spastického syndromu, a to na spasticitu cerebrální a spasticitu spinální

Cerebrální spasticita

Tento typ spasticity vzniká nejčastěji v důsledku léze pyramidové dráhy v oblasti capsula interna a prekapsuálně. Jedná se patrně o ztrátu nadřazeného působení mozkového kortexu na kmenové inhibiční struktury. Pro cerebrální spasticitu je typickým klinickým obrazem spastická hemiparéza s tzv. antigravitačním typem postury (spastická kontrakce svalů dolních končetin je využívána k obnovení mobility). U tohoto typu spasticity se téměř vůbec neobjevují flexorové spasmy (Kaňovský, 2004; Štětkářová & Ehler & Jech, 2012).

Spinální spasticita

Pro vznik spinální spasticity je typická léze pyramidových drah, která vede k oslabení, až paréze periferního typu. Současně bývá porucha dorzálního retikulospinálního traktu, což způsobuje oslabení až ztrátu inhibičního působení kmenových retikulárních struktur na tonický napínací reflex. Při inkompletní lézi však může zůstat zachována facilitační funkce ventrálního retikulospinálního traktu a vestibulospinálního traktu. Tato kombinace poté vede k výrazným spastickým kontrakcím, zejména ve flexorových skupinách svalů (flexorové spasmy), často spojeným s nepříjemnými bolestmi (Kaňovský, 2004; Štětkářová & Ehler & Jech, 2012; Štětkářová, 2013).

2.4 Komplikace spojené se spasticitou

Komplikace spojené se spasticitou mohou být způsobeny přímo primárním působením na cílový orgán, například spastická dyssynergie svěrače močového měchýře, nebo jej může ovlivňovat až sekundárně (vysoká spasticita adduktorů způsobuje snížení možností hygieny této oblasti). Mezi její hlavní komplikace se řadí zejména bolest, ale také dystonie paretických končetin, únavnost, poruchy spánku a omezení běžných denních činností jako je sebeobsluha, hygiena, vyprazdňování nebo sexuální aktivity. Zároveň spasticita zintenzivňuje riziko pádů, čímž stupňuje riziko

poranění kůže a dále také participuje na rozvoji dekubitů, či kontraktur (Kříž, 2019; Štětkařová, 2013).

Přes veškeré komplikace, však spasticita může mít na osoby po míšní lézi také pozitivní vliv, jako například stabilnější posturu v sedu, či ve stoji. Dále umožňuje zvýšený tonus svalů zachování nastavené polohy končetin v průběhu přesunů nebo jiných činností. Osoba může využít cíleného vyvolání spasmu pro zvýšení soběstačnosti na lůžku (např. přetočení se) nebo pro usnadnění manipulace s dolními končetinami. Zároveň se díky spasticitě může zmírnit svalová atrofie nebo v důsledku zvýšení resorpce glukózy také rozvoj diabetu 2. typu. V chronické fázi po lézi míchy trpí spasticitou 70-80 % pacientů. Pouze 27–40 % ji však udává jako obtěžující (Kříž, 2019; Štětkařová, 2013).

2.5 Diagnostika a hodnocení spasticity

Základem správné diagnostiky je vždy komplexní vyšetření pacienta. Pro diagnostiku a evaluaci spasticity tudíž pracujeme s faktem, že klinické projevy spasticity jsou odrazem patofyziologického procesu dané poruchy. U spastického syndromu se jedná o zvýšení svalového tonu, hyperreflexii šlachových a okosticových reflexů, přítomnost iritačních pyramidových jevů a občas i přítomnost klonů. Diagnosticky relevantní je tedy vyšetření všech těchto modalit. Pro kvantitativní zhodnocení vzoru spasticity je však esenciální zhodnocení míry spasticity pacienta, obvykle pomocí hodnotících škál. To nám ukáže, v jak velkém rozsahu se spasticita u daného jedince vyskytuje, nikoliv však jeho vlastní vnímání daného problému, či případné možnosti pozitivního vlivu. Pro možnost zhodnocení míry vlivu spasticity na např. ADL lze využít dotazníků vytvořených pro tento účel. Jedním z nich je např. dotazník pro hodnocení spasticity po poranění míchy (SCI-SET) (Kaňovský, 2004; Kříž, 2019).

2.5.1 Hodnotící škály míry spasticity

Přesné a objektivní určení míry spasticity je klíčové pro zvolení a posouzení optimální léčby či terapeutického postupu. V současné době je možné najít v odborné literatuře spoustu škál hodnotících právě míru spasticity. Mezi takové škály patří například Komandova škála, index Barthelové, škála frekvence spasmů, hodnocení svalového tonu v adduktorech kyčlí a nejznámější a nejpoužívanější Ashworthova škála. V této

práci se však zaměřím zejména na škálu dle Tardiého, která se začíná dostávat do popředí hodnotících nástrojů u spastických pacientů (Kaňovský, 2004; Štětkařová & Ehler & Jech, 2012).

Komandova škála se využívá zejména u dětských pacientů k hodnocení spasticity dolních končetin. Je to číselná škála, která sleduje postavení v koleni, postavení nohy, omezení dřepu, pes equinus a rychlost chůze (Kolář, 2015).

Index Bartelové hodnotí míru ADL u spastických pacientů. Jedná se o dvacetibodovou škálu s přesně definovanými body za běžné denní činnosti jako je úprava zevnějšku, stravování, mobilita, oblékání, přemísťování, chůze, koupání, ale také činnost střev či močového měchýře (Štětkařová, 2013).

Ashwortova škála je v současné době zřejmě nejznámější a nejpoužívanější škálou v neurologickém posouzení spasticity. Využívá hodnocení odporu při pasivním protažení svalu v průběhu jedné sekundy. Jedná o škálu s přesně definovaným bodovým ohodnocením od 0 do 4, přičemž 0 znamená žádný vzestup svalového tonu během pohybu a 4, že končetiny jsou ztuhlé do flexe i extenze. V roce 1987 byla Ashwortova škála rozšířena o stupeň 1+, pro zvýšení senzitivity dané škály a dostala název modifikovaná Ashwortova škála. U obou škál je nutné hodnotit pouze první testovaný pokus, neboť při opakování se můžou změnit viskoelastické vlastnosti, a nakonec i reflexní odpověď svalu (Ehler, 2015; Štětkařová, 2013).

2.5.2 Tardiého škála a modifikovaná Tardiého škála

Tardiého škála vznikla v padesátých letech 20. století díky G. Tardieu. Ten jako první navrhl koncept spasticity jako rychlostní závislosti na tahových reflexech. Na svou dobu velice revoluční objev nebyl příliš rozšířen mimo odbornou literaturu specializovanou na mozkovou obrnu. Tardiého škála se dostala do povědomí až v posledních 10 letech, kdy odborníci začali hodnotit validitu a reliabilitu hodnotících škál a zjistili, že výsledky nejpoužívanější škály Ashwortovy i její modifikované verze mohou být zkresleny přítomností kontraktury svalu. Obě tyto škály hodnotí jak neurální, tak i periferní (viskoelastickou) složku svalového tonu. Pomocí těchto škál tedy nelze oddělit podíl centrálních a periferních změn. Tardiého škála tyto změny rozlišuje, a lze tedy lépe posoudit centrální složku spasticity (Ehler, 2015; Morris, 2018; Štětkařová, 2013).

Tardiého škála definuje čtyři zásady testování. První zásadou je testovat vždy ve stejné denní dobu. Dále je nutné vždy zachovat stejnou polohu těla během testování dané končetiny. Klouby, a to včetně šije, musí být stále ve stejné poloze při vyšetření i při testování různých pohybových segmentů. A pro každou svalovou skupinu se kontrakce svalu hodnotí při specifických rychlostech protažení pomocí dvou parametrů, což jsou X a Y (Štětkařová, 2013).

Tato škála využívá faktu, že při různé rychlosti protažení spastického svalu dochází k reflexní odpovědi v odlišném stupni protažení. Tím lze lépe zhodnotit reflexní polysynaptickou odpověď (Ehler, 2015; Morris, 2018; Štětkařová, 2013).

V roce 1999 Boyd a Graham škálu mírně upravili a vznikla modifikovaná Tardieuho škála, používající se v dnešní době. Ta zásady testování zachovává a zároveň využívá standardizované metody vybavení napínacího reflexu a také hodnotí úhel, ve kterém se objeví kontrakce svalu.

Pro testování jsou definovány tři rychlostní úrovně protažení. Nejpomalejší z nich je označována jako V1 a probíhá pomaleji než pokles končetin pomocí gravitace. Střední je poté značena jako V2 a jedná se o rychlost segmentu při pádu končetiny silou gravitace. Nejrychlejší je rychlost V3, kdy je pohyb proveden co nejrychleji, přesněji rychleji než pád končetiny pomocí gravitace (Štětkařová, 2013).

Dále je zde bodové ohodnocení (0-4) kvality svalové reakce, stupně spasticity X. Nejnižším stupněm je stupeň 0, kdy není v průběhu pasivního pohybu zaznamenán žádný odpor. U stupně 1 je poté zaznamenáván v průběhu pasivního pohybu odpor mírný. Stupeň 2 se vyznačuje jasným záškubem (tzv. catch) v určitém úhlu, který přerušuje pasivní pohyb a je následován uvolněním (tzv. release). Stupněm 3 je poté označován vyčerpateľný klonus, trvající méně než 10 sekund v určitém úhlu. Nejtěžším je stupeň 4, což znamená klonus více než 10 sekund v určitém úhlu (Štětkařová, 2013).

Parametrem Y je poté úhel reakce svalu na protažení, který se měří vzhledem k poloze svalu při minimálním protažení svalu, což odpovídá úhlu 0°. Toto vyšetření provádí vždy vyškolený lékař, či fyzioterapeut (viz příloha č. 4) (Ehler, 2015; Morris, 2018; Štětkařová, 2013).

Reliabilita a validita MTS

V rámci kvantitativního zhodnocení spasticity bývá, dle Ehlera (2015) stále nejhojněji využívána Ashworthova škála (AS) nebo její modifikace (MAS). Ta byla dříve hodnocena velmi kladně, avšak v současné době lze najít celou řadu autorů, kteří reliabilitu AS a MAS zpochybňují z důvodu přílišné subjektivity, náročnosti správné definice a testování „catch and release“, ale také pro hodnocení centrální a periferní složky svalového tonu dohromady. Fleuren et al. (2009) ve své studii s názvem „Stop using the Ashworth scale for assessment of spasticity“ došli k závěru, že (M)AS vykazuje nedostatečnou validitu a reliabilitu pro hodnocení spasticity a doporučují se zaměřit na novější a slibnější metody, ideálně v kombinaci s využitím s EMG (Barnes & Johnson, 2008; Ehler, 2015; Fleuren et al., 2009).

Barnes a Johnson (2008) uvádějí jako zásadní podmínku pro vznik validního testování, nutnost přesné definice problému. Tento krok je však u spasticity problematický (viz kapitola 2.1), což vede k dalšímu zpochybnění validity testů mnoha autory. Je například esenciální ověřit si, zda hodnotící nástroj rozlišuje mezi spasticitou, kontrakturou, či dalšími možnostmi vzniku abnormálního tonu, např. rigiditou. AS ani MAS není schopna od sebe neurální a viskoelastickou složku svalového tonu odlišit. Škála, která to dokáže je právě škála dle Tardiého, či její modifikace. Zároveň MTS využívá hodnocení pasivního pohybu v různých rychlostech, čímž nejtypičtější definici spasticity odpovídá lépe než jiné škály (Barnes & Johnson, 2008; Štětkářová, 2013).

Mnoho studií se zabývá právě porovnáním škály Ashworthovy s Tardiého škálou. Tímto tématem zabývali také autoři Patrick a Ada (2006). V této průřezové studii, které se zúčastnilo 16 pacientů, porovnávali výsledky měření dle obou škál s klinickým vyšetřením spasticity (pomocí elektromyografie) a vyšetření výskytu kontraktur na spastických svalech. Procentuální shoda v rámci vyšetření spasticity s laboratorními výsledky (EMG) byla u Tardiého škály 100 % ($p=0,02$), zatímco u Ashworthovy škály pouze 68 %. U vyšetření kontraktur se Tardiého škála shodovala v 94 %. Pearsonův kolerační koeficient při korelaci Tardiého škály s laboratorními výsledky spasticity nabývá hodnot 0,86 pro flexory lokte a 0,62 pro plantární flexory nohy, a zároveň při korelaci Tardiého škály s laboratorním měřením kontraktur 0,89 pro flexory lokte a 0,84 pro plantární flexory nohy. Ve všech případech, kdy byla nadhodnocena spasticita dle Ashworthovy škály, měli probandi dle klinického vyšetření kontrakturu.

K podobnému výsledku došli i Alhusaini et al. (2010), kdy MTS byla účinnější než MAS při identifikaci přítomnosti spasticity, přítomnosti kontraktury i závažnosti kontraktury. Zároveň však udávají, že ani jedna škála nebyla schopna určit závažnost spasticity. Obě tyto studie však potvrzují benefit rozpoznání centrální a periferní složky svalového tonu, neboť jeho absence může vést k výrazným zkreslením v měření (Patrick & Ada, 2006).

Studie tedy naznačují, že MTS má potenciál stát se vhodnějším měřítkem spasticity než MAS. Dle Haugha et al. (2006), kteří se toto tvrzení pokusili dokázat ve svém systematickém přehledu, je však dostupných studií hodnotících validitu a realibilitu Tardiého škály i její modifikace stále nedostatek. Přiznávají však, že dle teoretických poznatků demonstruje MTS několik výhod oproti jiným klinickým stupnicím (Haugh et al., 2006).

Většina těchto studií je však prováděna na pacientech s velmi rozličnými diagnózami. Probandi studie autorů Patricka a Ady (2006) byly osoby po cévní mozkové příhodě, Alhusaini et al. (2010) testovali využití hodnotících škál u dětí s DMO a u Fleurena et al. (2009) byli do studie zahrnuti osoby zejména po CMP (29), ale také s DMO (3), po poranění míchy (2) nebo s jiným neuromuskulárním onemocněním (4). Při zaměření se na cílovou skupinu s poškozením míchy je zde studií viditelný nedostatek. Web Academy of neurologic physical therapy vytvořil stupnici hodnocení výsledného doporučení využití dané škály. U diagnózy poškození míchy pak lze u všech podskupin, založených např. na době od úrazu, najít hodnocení 2. To udává přiměřenou možnost využití v praxi, založenou na velmi dobrých výsledcích u jiných skupin probandů, zejména u osob po CMP nebo DMO. Osoby po míšním úraze nejsou předmětem dostatečného množství studií, což znemožňuje dosáhnout na stupnici vyššího výsledného doporučení a je doporučen další výzkum (Academy of neurologic physical Therapy, 2018).

Akpınar et al. (2017) patří mezi novější studie, které se zároveň zabývaly osobami po poškození míchy. Ta si kladla za cíl posoudit spolehlivost MAS a MTS u pacientů s poraněním míchy. Studie se zúčastnilo 65 probandů, z nichž ji 59 dokončilo. Výsledky ukázaly, že MAS reliabilita (inter-rater a test-retest) je značná (0,531–0,774), avšak vyšší je pro test-retest, zatímco inter-rater reliabilita nevykazuje příliš uspokojivé výsledky. Reliabilita pro MTS je však vysoká (0,692–0,917), v celkovém pojetí však

byla pro extenzorové skupiny až příliš nízká. Autoři v závěru své práce uvádějí, že MAS má adekvátní spolehlivost pro hodnocení spasticity na dolních končetinách, avšak vynikající spolehlivost MTS naznačuje jeho užitečnost jako doplňkového nástroje při určování adekvátní léčby (Akpınar et al, 2017).

Ze současných poznatků můžeme za výrazné pozitivum Tardieuho škály považovat schopnost rozlišit mezi neurální a viskoelastickou složkou, a tedy identifikovat kontrakturu oproti spasticitě, a zároveň klade důraz na hodnocení spasticity na základě rychlosti pasivního protažení, což obojí validitu škály značně navyšuje. Mezi negativa se poté řadí její časová náročnost a vyšší obtížnost, která klade na hodnotitele zvýšené nároky na proškolení. Je zde také element nedostatečného množství studií a apel z vědecké obce na její další zařazení do výzkumu (Haugh et al., 2006; Patric & Ada, 2006; Štětkařová & Ehler, 2012; Štětkařová, 2013).

2.5.3 Dotazník pro hodnocení spasticity (SCI-SET)

Dotazník pro hodnocení spasticity u jedinců po poranění míchy (SCI-SET) byl vytvořen autory Adamsem a spol. v roce 2007. Cílem je zhodnocení rozsahu a vlivu spasticity na jednotlivé aspekty ADL. Dotazník obsahuje 35 položek, do kterých jsou zahrnuty téměř veškeré běžné denní činnosti jako například sprchování, oblékání, příprava a příjem jídla a pití, spánek a schopnosti mobility, dále se ale také zaměřuje na subjektivní vliv spasticity na bolesti, negativní pocity, únavu, sexuální život nebo obavy z pádů. U každé položky pacient na sedmibodové stupnici (-3 až +3) ohodnotí, jak mu spasticita ovlivnila danou aktivitu/pocit/bolest během posledních 7 dní. Stupnice obsahuje možnost jak negativního, tak ale také pozitivního dopadu na danou položku (viz příloha č. 5) (Adams et al. 2007; Kříž, 2019).

Validita a reliabilita dotazníku SCI-SET

Rešerše doktorky Vanessy Noonan (2017), která je dostupná na webu Spinal cord injury research evidence se snažila zhodnotit validitu i reliabilitu dotazníku SCI SET. Vychází zejména z několika studií prováděných Adamsem a spol., kteří daný dotazník vyvinuli. Dotazník byl vytvořen speciálně pro osoby po poranění míchy. Data byla sesbírána od chronických pacientů s poškozením míchy. Jednalo se o tři studie s celkem 61 osobami (24 paraplegiků a 37 tetraplegiků). Data vykazují velmi vysokou reliabilitu jak v rámci test-retest (0,91), tak v rámci internal consistency (0,90) a je tedy celkově

hodnocena jako „excelentní“. Míra validity dotazníku SCI-SET poté byla ohodnocena pomocí míry korelace s jinými standardizovanými hodnoceními spasticity u osob po míšní lézi. Signifikantní střední až výborné hodnoty dosahoval SCI-SET s Pennovou škálou frekvence spasmů (0,66), se subjektivním hodnocením závažnosti spasticity (0,48), se subjektivním hodnocením dopadu spasticity (0,61) a s Quality of life index health and functioning subscale (0,68). Bez signifikantního výsledku pak skončila korelace s FIM (funkcional independence measure). Autoři i V. Noonan zároveň poukazují na možnou limitaci, kterou skýtá nutnost pacienta vybavit si míru spasticity 7 dní zpět, což může být ovlivněno, mimo jiné, i současným rozsahem spastických vjemů. Celkové hodnocení reliability i validity je i přesto zastoupeno slovem: vysoká (Adams, 2007; Noonan et al., 2017).

2.6 Možnosti léčby spasticity

Léčba spasticity vždy vychází z jejího ohodnocení a předchozího vyšetření. Cílem není úplná eliminace spasticity, ale zejména zmírnění jejího negativního vlivu na jedince při současném zachování pozitivních aspektů. Jedná se o celoživotní proces, který vyžaduje multidisciplinární přístup. Celá řada faktorů ovlivňuje výběr nejvhodnější metody, a proto je třeba vyhodnotit terapii vždy individuálně (Kříž, 2019; Štětkařová, 2009; Štětkařová, 2013).

Léčbu spasticity můžeme rozdělit na tři základní skupiny: (Štětkařová, 2009)

- Farmakologickou
- Chirurgickou
- Rehabilitační

V současné době se však objevují a zkoumají se nové technologie a moderní postupy, které mohou také mít velmi pozitivní efekt (Štětkařová, 2013).

2.6.1 Farmakologická léčba

Farmakologická léčba je nejjednodušším a nejčastějším voleným přístupem v léčbě spasticity. Využívá se široká škála léků s různým mechanismem působení i nežádoucími účinky. U lehčích forem spasticity je nejčastěji využívána perorální medikace, z níž nejvyužívanější je Baclofen. Ten má schopnost navázat se na GABA-B

receptor (GABA agonista), čímž umožní inhibici monosynaptických a polysynaptických míšních reflexů a zároveň snižuje uvolňování excitačních aminokyselin. Působí především presynapticky, ale jeho efekt se projevuje i postsynapticky. Mezi jeho nežádoucí účinky však patří významné sedativní účinky na CNS, zmatenost, nauzea, únava, celková slabost nebo hypotenze a až halucinace. Tyto účinky pociťuje až 40 % pacientů. Zároveň se ukazuje, že dlouhodobá antispastická medikace v čase snižuje svou účinnost nebo, že někteří pacienti (zejména s nekompletní lézí) i přes maximální možné dávky pociťují jak nežádoucí účinky, tak také silnou spastickou odezvu (Kaňovský, 2004; Kříž, 2019; Štětkářová, 2009; Wendsche, 2009).

Jako možná alternativa perorální medikace se ukazuje potenciální využití kanaboidů. V CNS dokáží kanaboidy snížit uvolňování excitačních mediátorů z presynaptických nervových zakončení. Existují i studie prokazující efekt kanaboidů na spasticitu a třes, avšak je stále nedostatek výzkumů zabývajících se daným účinkem specificky u osob po míšním poranění. Konopí vykazuje také potenciální známky ovlivnění, ve smyslu snížení. Neuropatické bolesti (Kaňovský, 2004; Kříž, 2019).

Další hojně využívanou látkou je ve farmakoterapii Botulotoxin. Ten se aplikuje intramuskulárně, kde blokuje uvolnění acetylcholinu z vezikul v nervových zakončeních do synaptické štěrbiny. Efekt nastupuje téměř okamžitě v řádu hodin a přetrvá obvykle 3-6 měsíců. Výhodou této léčby je minimální množství kontraindikací. Botulotoxin se hojně využívá zejména u cerebrální formy spasticity např. po CMP. U míšních lézí jej lze použít například ke zlepšení funkce horních končetin nebo u kompletních lézí k ovlivnění adduktorů pro zjednodušení hygieny a katetrizace nebo u nekompletních lézí k ovlivnění chůzového stereotypu (Kříž, 2019; Štětkářová, 2009).

V případě, že pacient trpí velmi těžkou formou spasticity a nereaguje na perorální antispastika, či pociťuje velmi výrazně nežádoucí účinky, lze aplikovat intratekální léčbu baklofenovou pumpou. Celková toxicita je zde velmi nízká, a proto i nežádoucí účinky jsou minimální a zároveň je prokázán velmi dobrý účinek. Tato možnost však klade určité nároky také na příjemce dané léčby, který musí být schopen léčbě porozumět podepsat podrobný informovaný souhlas. Cílem je zde ovlivnění spasticity v oblasti dolních končetin, případně trupu, zmírnění svalového hypertonu, snížení frekvence bolestivých spasmů a celkové zkvalitnění života. Kontraindikací je poté akutní infekce, závažné interní onemocnění, přítomnost dekubitu, alergie na baklofen či

koagulační porucha. Implantace se poté provádí v celkové narkóze, čímž by se dala zařadit také do chirurgické léčby (Kříž, 2019; Štětkářová, 2009; Štětkářová, 2013).

2.6.2 Chirurgická léčba

Do chirurgické léčby spasticity patří zejména ortopedické přístupy. Ty však pouze řeší následky dlouhodobého extrémního svalového hypertonu, který způsobuje kloubní deformity nebo svalové kontraktury. Jedná se obvykle o tenotomie a myotomie nebo prodlužování, zkracování, či transfery šlach. Jiné operační výkony se v české republice u míšních lézí příliš nevyužívají (Kříž, 2019; Štětkářová, 2009; Wendsche, 2004).

2.6.3 Rehabilitační léčba

Rehabilitační léčba je u pacientů trpícím spasticitou nezbytnou součástí. Leč bývá její efekt obvykle krátkodobý, má výrazný vliv na prevenci následných komplikací se spasticitou se pojících. Je zde nutný komplexní přístup přizpůsobený individuálně pacientovi i danému stádiu, ve kterém se nachází. Tomu předchází důkladné vyšetření a zhodnocení míry spasticity, jakož průzkum subjektivního vnímání pacienta a případného možného přínosu spasticity jako takové. To je esenciální pro výběr nejefektivnější a nejoptimálnější metody či postupu léčby pro daného jedince. Mezi základní metody se řadí například polohování, pasivní pohyby a strečink, aktivní cvičení a vertikalizace, ale také metody na neurofyzilogickém podkladě nebo fyzikální terapie. Na obrázku 2 jsou přehledně uvedeny všechny techniky a možnosti preventivních a terapeutických postupů u osob trpících syndromem horního motoneuronu, které bývají využívány (Kaňovský, 2004; Kříž, 2019; Štětkářová, 2009; Štětkářová, 2013).

Obrázek 2 Přehled preventivních a terapeutických rehabilitačních postupů u nemocných se syndromem centrálního motoneuronu (Štětkařová, 2013)

Prevence
• denní strečinkový program • edukace pacienta • vyvarování se nociceptivních podnětů (bolest, infekce, heterotopické osifikace, dekubity aj.) • zásady správného polohování a ergonomie (lůžko, vozík aj.) • inspekce kůže a pravidelná hygiena • adekvátní vyprazdňování močového měchýře a střev
Terapie
• techniky udržení svalové flexibility a kloubní integrity (polohování, mobilizace, cvičení na ROM, strečink, aplikace ortéz, sériová aplikace imobilizačních dlah aj.) • facilitační a relaxační techniky • komplexní postupy (Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, proprioceptivní neuromuskulární facilitace aj.) • motorická reedukace (posilovací trénink, kombinovaný aerobní a posilovací trénink aj.) • trénink zaměřený na konkrétní činnost („task-oriented training“) a instruktáž domů • techniky založené na principu zpětné vazby („biofeedback“) • přístup stupňování aktivit („graded activities approach“) • přístup běžných denních aktivit („ADL approach“) • kompenzační přístup („compensatory approach“) • terapie vynuceného používání („constraint induced movement therapy“) • proaktivní terapeutická neurorehabilitační metoda s nafukovacími dlahami Urias a dalšími terapeutickými pomůckami dle Margaret Johnstone (PANat) • fyzikální terapie (elektrostimulace, funkční elektrická stimulace, termoterapie, elektroanalgezie)

Polohování

Polohování je velice důležitým aspektem v období chabé parézy před nástupem spasticity, ovšem ani po něm by se na něj nemělo zapomínat. Tlak při dlouhotrvající strnulé poloze nebo decentrované postavení kloubu může vyvolávat nežádoucí nocicepci a tím zvyšovat spasticitu. Zároveň polohování figuruje jako preventivní opatření proti vzniku kontraktur či deformit (Kříž, 2019).

Pasivní pohyby a strečink

Hlavním efektem pasivního strečinku je snížení excitability motoneuronů a zároveň udržení viskoelastických vlastností svalů a kloubů. Přechodně tedy snižuje intenzitu spastické odpovědi na pasivní protažení. Zároveň figuruje jako prevence a léčba kontraktur. Pro pasivní pohyby bývá velmi frekventovaně využíván přístroj typu MOTOMed. Vstup má díky němu delší časový průběh a zároveň minimálně zatěžuje

terapeuta jak fyzicky, tak časově. Efekt může přetrvávat i několik hodin, avšak doba je velmi individuální (Kheder & Nair, 2012; Kříž, 2019; Štětkařová & Ehler, 2012).

Aktivní cvičení a vertikalizace

Antispastický mechanismus účinku vertikalizace není zatím zcela objasněn. Je však jasné, že dochází k prolongovanému protažení plantárních flexorů hlezna, což má samo o sobě velmi pozitivní preventivní i léčebné účinky. Celkový mechanismus zřejmě vychází ze snížení excitability v důsledku působení kožních a kloubních receptorů na spinální motorické neurony (Kříž, 2019).

Cílem aktivního cvičení je v nejvyšší možné míře zapojit svaly bez spastických projevů a posílit antagonisty spastických svalů. Dle Štětkařové a Ehlera (2012) je podkladem pro posílení svalstva nervová i svalová adaptace zahrnující vyšší aktivaci CNS a optimálnější synchronizaci náboru motorických jednotek. Toto vysvětlení tedy vybízí ke zvýšenému využití metod a postupů založených na neurofyzilogickém podkladě (Kříž, 2019; Štětkařová & Ehler, 2012).

Metody na neurofyzilogickém podkladě

Využití neurofyzilogických principů ve snaze ovlivnit spasticitu v sobě ukrývá mnohý, dosud nepříliš prozkoumaný, či experimentálně ověřený potenciál. Metody na neurofyzilogickém podkladě vycházejí hned z několika principů. Jedním ze základních je předpoklad efektu neuroplasticity a adaptability CNS (viz kapitola 1.7). Tento efekt se snažíme navodit pomocí stimulace senzorických systémů a využíváme motorického učení. Pomocí cílených stimulů, ať už exteroceptivních, zrakových, sluchových, propioceptivních nebo motivačních, lze částečně ovlivnit funkce poškozených oblastí CNS a vyprovokovat změny ve struktuře nervové soustavy. V rámci motorického učení po té platí, že čím více stimulů zapojíme a čím jsou stimuly intenzivnější, tím lepšího efektu lze potenciálně dosáhnout. V terapii je prvky a metody vycházející z neurofyzilogických principů často kombinují. Využívá se zejména propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), dynamické neuromuskulární facilitace (DNS), Vojtovy reflexní lokomoce nebo koncept dle Bobathových (Kolář, 2009; Kříž, 2019, Řasová, 2007).

Vojtova reflexní lokomoce (VRL)

Vojtova reflexní lokomoce vychází z faktu, že základní motorické vzory jsou geneticky zakódovány v CNS každého jedince. Ty jsou však při poruše na úrovni CNS nahrazovány tzn. neideálními motorickými vzory. Terapie dle Vojty zasahuje do postižené motoriky na úrovni centrálního řízení. Cílem reflexní lokomoce dle Vojty je integrace vrozených motorických vzorů do spontánní hybnosti. Celá procedura je nezávislá na volní kontrole pacienta. U pacientů po míšní lézi mohou být základní globální motorické vzory neodstupné. Dochází tedy ke snaze je reflexně aktivovat. Cíle terapie se liší dle stavu pacienta a dle fáze ve které se zrovna nachází (akutní, subakutní, chronická). Celkově je však VRL v jakékoli fázi využívána pro co největší oslovení CNS, pro ovlivnění pohybových stereotypů nad úrovní léze, snahu o maximální potenciaci neuroplasticity pod úrovní léze a redukci již vzniklých svalových dysbalancí, které mohou být podnětem pro zvýšení spasticity. Zároveň má vliv i na zdokonalení funkčního propojení neurologicky intaktních a neurologicky zasažených segmentů (Kolář, 2009; Kříž & Hlinková, 2016; Vojta & Peters, 2010).

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF)

Metoda PNF významně využívá velké množství facilitačních mechanismů, usnadňuje tedy reakci neuromuskulárního systému pomocí proprioceptivních orgánů. Snahou je využít co nejširšího množství aferentních vstupů a jejich sumaci, pro zvýšení počtu vzruchů vstupujících současně na vstup sítě motoneuronů. Platí, že čím je vyšší počet daných vzruchů, tím větší pravděpodobnost vzniku synaptického impulzu. Fyzioterapeut má tedy možnost působit facilitačně skrze množství inputů. Lze využít zrakové kontroly, kdy je pohyb pacientovi demonstrován a zároveň jej kontroluje v průběhu vlastní snahy o provedení, kortikospinální dráhy vhodně volenými povely k pohybu nebo ovlivnit gama systém z periferie pomocí technik svalového protažení, odporu, maximálního odporu, manuálního kontaktu, či trakcí nebo kompresí. Úsilím PNF je využít možné rezervy CNS a jejich mobilizace. Pro to lze využít širokou škálu technik ať už posilovacích nebo relaxačních. Pro spastické pacienty je však dle Holubářové a Pavlů (2008) nejvhodnější technikou rytmické startování pohybu, tzv. pumping effect, který zahrnuje volní relaxaci, pasivní pohyby a opakované izotonické kontrakce agonistů. Kolář (2009) považuje za nejefektivnější ovlivnění spasticity techniky relaxační (Holubářová & Pavlů, 2008; Kolář, 2009).

2.6.4 Nové léčebné možnosti

Vzhledem k výraznému posunu technologických možností se nám otevírají i nové a modernější způsoby léčby spasticity. Mezi takové lze zahrnout například transkraniální magnetickou stimulaci, elektrickou stimulaci, robotickou léčbu nebo terapii s využitím virtuální reality. Jejich efekt je v současné době významně zkoumán na různých diagnostických skupinách trpících syndromem horního motoneuronu. Nejvýraznějšího posunu se prozatím dočkali pacienti po CMP, avšak i pro osoby po míšní lézi vykazuje dané technologie významný potenciál (Fung et al., 2006; Štětkářová, 2013).

3 VIZUALIZACE POHYBU A ZRCADLOVÉ NEURONY

3.1 Pohyb v představě

Člověk má schopnost představit si téměř vše. Dokáže mentálně provádět pohybové úkony, které by ve skutečnosti pravděpodobně nikdy nezvládl. Pohyb v představě je tedy definován jako kognitivní proces, kdy se subjekt snaží vytvořit co nejpřesnější představu daného pohybu, aniž by skutečně docházelo k jeho uskutečnění, či i jenom k zvýšení aktivity svalů za něj zodpovědných (Mulder, 2007).

Dle Muldera (2007) existuje mnoho studií, které prokazují, že při vizualizaci pohybu, lze docílit aktivace stejných mozkových oblastí, jako při provádění skutečného pohybu, čímž lze dosáhnout podobných plastických změn (Např. Gerardin et al., 2000; Kimberley et al., 2006; Lotze et al., 1999; Roth et al., 1996; Sharma et al., 2006; Spielger et al., 2004). Několik z výše uvedených i dalších studií ukázalo zapojení premotorických, suplementárních motorických a parietálních kortikálních oblastí, bazálních ganglií a mozečku už při pouhé představě pohybu. Zároveň během imaginace subjekt nutně provádí volní inhibici svalů za pohyb zodpovědných (Mulder, 2007).

Pohyb v představě lze rozdělit na představu kinestetickou a představu vizuální. Charakteristikou kinestetické představy je tzv. představa z pohledu první osoby. Pacient má tedy mít pocit, že pohyb skutečně provádí on, přičemž zahrnuje i pocity síly a intenzity provádění daného pohybu. Představa vizuální pak sestává z tzv. pohledu třetí osoby, tedy subjekt vidí sám sebe provádět pohyb jakoby z dálky, chybí zde tedy představa síly a intenzity pohybu. Stinear a kol. (2006) ve své studii prokázali, že kinestetická představa má schopnost modulovat kortikospinální excitabilitu, a to zejména na supraspinální úrovni (Mulder, 2007; Stinear et al., 2006).

Imaginace pohybu má vliv dokonce i na excitabilitu jednotlivých spinálních drah, kde ve studii Li a kol. (2004) došlo k podprahové aktivaci spinálních motoneuronů. Vizualizace pohybu má tedy silnou spojitost s prováděním pohybu reálného. Existuje například jev známý jako mentální izochronie, který udává, že čas na dokončení představovaného pohybu je stejný jako čas pro jeho skutečné provedení. Případně lze také pozorovat, vyšší aktivitu svalů během zvedání těžšího břemene nebo zvýšení nároků na kardiovaskulární a respirační systém u energeticky náročnějších činností.

Kognitivní, činnost jakou představa pohybu, není tedy pouze symbolickým aktem, ale je významnou součástí pohybu, čímž si zasluhuje své místo v terapii (Hanakawa, 2016; Mulder, 2007; Li et al., 2004).

3.2 Vizualizace pohybu u míšních lézí

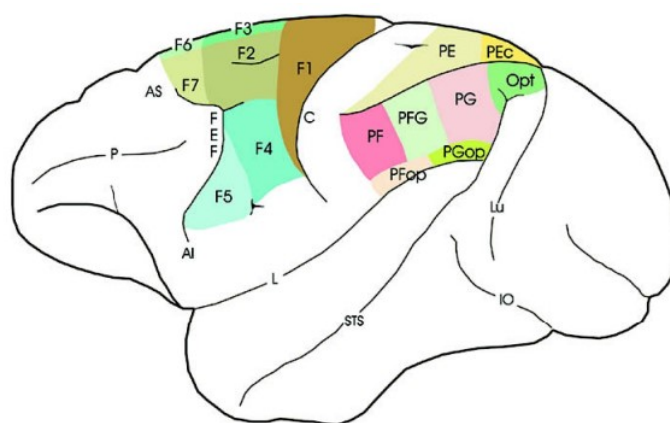
Na řízení pohybu se podílí mnoho vzájemně se doplňujících, a v případě potřeby se nahrazujících systémů na několika úrovních CNS. Autoři Hotz-Boendermaker a spol. (2008), proto zkoumali, k čemu dochází při jejích poškození. Pomocí magnetické rezonance sledovali zapojení jednotlivých mozkových center a prokázali, že chybějící input u osob s poškozením míchy vedl k plastickým změnám v centrálním nervovém systému. Magnetická rezonance ukázala změnu v zapojování mozkových center a zvýšené zapojení suplementárních motorických oblastí s výsledným vytvářením nových pohybových vzorů (Hotz-Boendermaker et al., 2008).

Možnostmi terapie imaginací pohybu se zabývali např. Cramer a kol. (2007). Ti se snažili probádat efekt takové terapie specificky u osob po míšním poranění. Studie zahrnovala 10 probandů s kompletní lézí v chronickém stádiu a 10 zdravých subjektů v kontrolní skupině. Po 7 dnech se snahou o co nejpřesnější představu pohybu nohy byly vyhodnoceny výsledky. Pomocí magnetické rezonance byla prokázána vyšší aktivita v oblasti levého putamen. Pomocí imaginace pohybu tedy lze dojít ke zlepšení motorických funkcí a k ovlivnění funkce mozku (Cramer et al., 2007).

Podobné jevy jako u imaginace pohybu byly objeveny také u pozorování pohybu. Maeda a kol. (2002) například prokázali nejen zvýšení kortikospinální excitability během sledování pohybů ruky, ale také, že facilitace byla vyšší během pozorování přirozených orientací rukou, tedy za stejných výchozích pozic jako byla pozice ruky pozorovatele. Modulace je tedy maximální, odpovídá-li pozorovaná akce orientaci sledujícího subjektu. Zjištění, že motorická facilitace nastává i pouze při pozorování pohybů, které mapují motorickou funkci daných svalů, je v souladu s představou, že pozorované pohyby jsou přímo přiřazeny k motorickému systému sledovatele. Pozorování pohybu tedy zvyšuje motorický výkon svalů zapojených do pohybu a usnadňuje pozorovanou akci. Dle dosavadních zjištění hrají v těchto fenoménech ústřední roli zrcadlové neurony (Maeda et al., 2002; Mulder, 2007).

3.3 Zrcadlové neurony

Zrcadlové neurony jsou specifickou skupinou nervových buněk v CNS, které jsou aktivovány nejen během aktivního provádění pohybu, ale i při pouhé představě pohybu nebo při sledování jiné osoby pohyb provádějící. Tyto neurony byly objeveny v 90. letech minulého století ve ventrální premotorické kůře oblasti F5 u opic a později také ve spodním parietálním laloku (viz obrázek č. 3) (Oztop et al., 2013; Rizzolatti & Craighero, 2004).



Obrázek 3 Laterální pohled na mozek opic s oblastmi zapojení zrcadlových neuronů (Rizzolatti & Craighero, 2004)

Podle dnes populární hypotézy mohou zrcadlové neurony sloužit jako neuronový základ pro interpretaci činností, imitaci pohybů jiné osoby nebo jako podklad pro učení nápodobou. Ne všechny vizuomotorické neurony v dané oblasti však mají čistě schopnosti zrcadlení. Můžeme popsat například tzv. „canonical neurons“, které jsou aktivovány při vizuální prezentaci objektu a při jeho uchopení. Věří se, že hrají klíčovou roli v transformaci vizuálního vjemu při pohledu na objekt v motorický plán pro prostorovou interakci s objektem, například jeho uchopení. Dalším druhem jsou tzv. „auditory mirror neurons“, které reagují nejen na zrakové vjemy, ale také na typický sluchový vjem, jakým je například trhání papíru nebo louskání oříšků (Bushov et al., 2019; Oztop et al., 2013).

Nálezky prokazují, že lidský mozek je vybaven stejnými systémy zrcadlení jako mozek opic. Pro tyto důkazy se využívá různých moderních zobrazovacích metod, jako jsou např. elektroencefalografie, magnetoencefalografie nebo magnetická rezonance. Větší množství experimentálních údajů však stále pochází z výzkumu na opicích, neboť

určité elektrofyziologické metody zkoumání nelze použít pro výzkum lidského mozku. Přesto lze určit, že jádrem lidského zrcadlového neuronového systému jsou tři vzájemně komunikující oblasti. Těmi jsou ventrální premotorická oblast v gyrus frontalis inferior (která koresponduje s oblastí F5 u opic), části lobus parietalis inferior a spodní část gyrus praecentralis (Bushov et al., 2019; Oztóp et al., 2013; Rizzolatti & Craighero, 2004).

Bylo provedeno velké množství výzkumů na zhodnocení zapojení zrcadlových neuronů v různých oblastech mozku a některé objevily i další oblasti mozku, vykazující možnou aktivitu zrcadlových neuronů. Studie byly prováděny za využití rozličné škály činností na různých částech těla (pohyby horními, dolními končetinami, komplexní pohyby, řeč, mimika), a to jak za jejich přímého provádění, tak pozorování pohybů, byla zkoumána predikce pohybů druhé osoby nebo dokonce zapojení zrcadlových neuronů ve schopnostech empatie. Ne všechny studie vykazují jednoznačné výsledky, avšak lze z nich vyčíst zapojení stejných skupin neuronů a oblastí mozku, jak během provádění pohybu, tak i během jeho pozorování. Participace těchto neuronů na jiných úkonech, jako je např. vcítění se do druhé osoby, či rozpoznání jejího pohybového záměru, prozatím nelze spolehlivě potvrdit ani vyvrátit (Turella et al., 2009).

4 VIRTUÁLNÍ REALITA

4.1 Definice

Obecně lze virtuální realitu označit za počítačově vytvořenou simulaci reality, se kterou má uživatel možnost interagovat. Definice virtuální reality se však v čase značně vyvíjí a rozpracovává, stejně jako postupuje i vývoj technologií, a tedy i možností virtuální reality. McCloy a Stone udávají v roce 2001 virtuální realitu jako jakýkoliv soubor zařízení, zprostředkovávající subjektu účelnou interakci s využitím jeho smyslů a dovedností. Během posledních 20 let však technologický posun umožnil rozšíření virtuální reality, jak v rámci interakce člověka s počítačem, tak v rámci prostředků a míry pohlčení uživatele do virtuálního světa. Nověji lze tedy virtuální realitu popsat jako využití počítačového modelování a simulace, kdy je umožněno osobě interagovat s umělým trojrozměrným (3-D) vizuálním nebo jiným smyslovým prostředím (McCloy & Stone, 2001; Šmahaj & Procházka, 2014).

Virtuální prostředí lze použít pro prezentaci mnohočetných senzorických informací, díky kterým navozuje virtuální svět silný pocit reálnosti, navzdory zřejmému, uměle vytvořenému, původu. Můžeme jej tedy označit jako přístup k rozhraní mezi uživatelem a počítačem, který zahrnuje simulaci prostředí, daného scénáře nebo aktivity v reálném čase (Adamovich et al., 2010).

4.2 Principy a prostředí virtuálního světa

Základním aspektem využití virtuální reality (VR) je určitá míra pohlčení uživatele do uměle generovaného virtuálního světa. Cílem je vytvořit stimuly, na něž by osoba reagovala stejným způsobem, jako na identický podnět v realitě. Úspěšnost tohoto cíle závisí na schopnosti vtáhnutí uživatele do virtuálního prostředí. Elementárním rysem pro dosažení úspěchu je vytvoření pocitu tří dimenzí, stejně jako v reálném světě. Pro vyšší reálnost je také nutné měnit obraz při změně pohledu nebo, jedná-li se o program vytvořený pro chůzi, zajistit pohyb obrazu proti směru chůze. Pocit reálnosti je totiž závislý také na vnímání rychlosti nebo zrychlení. Je známo, že ačkoliv k vnímání vlastního pohybu obvykle dochází v důsledku kombinace vizuálních a fyzických pohybových podnětů, může se vizuálně indukované vnímání vlastního pohybu objevit i

v nepřítomnosti skutečného pohybu. Toho se snaží virtuální realita využít pro přeprogramování nebo vylepšení schopností CNS (Mlíka et al., 2005, Wright, 2014).

Úspěch terapie VR tedy závisí na tom, jak zdárně zvládne dané video nebo program přesvědčit mozek subjektu, že sleduje, či provozuje danou aktivitu v reálném světě. Čím kvalitnější jsou dodávané signály, ať už zrakové, sluchové, hmatové nebo jiné, tím vyšší je šance na kladný výsledek terapeutického zásahu. K vytvoření dokonalého virtuálního světa máme ještě daleko, ten by totiž musel brát v úvahu mnoho dalších aspektů. Například při simulaci kousnutí do jablka na náš senzorický systém působí nejen barva a lesk, ale také vůně, charakteristický zvuk při kousnutí, nebo při uchopení jablka jeho hmotnost, kvalita povrchu a teplota. To vše by v takové simulaci muselo být zohledněno, aby virtuální svět opravdu působil na všechny smysly tak jako svět reálný. Zdání reálnosti tedy také závisí na možnostech interakce a ovládání virtuálního prostředí uživatelem (Mlíka, et al., 2005; Šmahaj & Procházka, 2014).

4.3 Dělení virtuální reality

Virtuální realitu lze dělit dle mnoha různých modalit. Lze ji rozdělit například dle využití - v zábavním průmyslu, či oborově (ve zdravotnictví, výrobě aj.). Další možností dělení je dle zapojení smyslů (zrak, sluch, hmat, čich). Primárně je však nutno rozlišit virtuální realitu tzv. pohlcující (imerzivní) a nepohlcující (neimerzivní). Principem imerzivní VR je co možná nejvyšší pohlčení uživatele do virtuálního prostředí zahrnující co nejvíce lidských smyslů s cílem blokovat vizi subjektu o reálném světě. To obvykle zahrnuje jistou formu displeje zachyceného na hlavě. Naopak, neimerzivní VR umožňuje uživatelům zachovat si smyslové spojení s prostředím reálného světa. Mezi neimerzivní VR můžeme zařadit např. mirror therapy. Vzhledem k charakteru práce se však celkově budu zabývat pouze virtuální realitou pohlcující. Tu lze nejelegantněji rozdělit dle míry interaktivity, a to na virtuální realitu pasivní, aktivní a interaktivní (Brdlička, 1995; Chi et al., 2019).

Dělení dle míry interaktivity uživatele

Pasivní virtuální realita

Pasivní virtuální realita se dá připodobnit k filmu. Uživatel je plně ponořen do virtuálního světa, je v něm však pouhým divákem. Přestože virtuální prostředí může

působit na široké spektrum smyslů, daný jedinec nemá možnost do svého okolí nijak zasahovat nebo ho ovládat. Dojem pohybu a činností je tedy utvářen pouze programem pomocí měnícího se prostředí. S takovým příkladem se můžeme setkat například v zábavních parcích, jako s virtuální projížďkou na podzemní horské dráze nebo třeba jako s virtuální možností sjet si niagarské vodopády. Všechny situace a dění tedy vychází z předem naprogramovaného, neměnného programu (Aukstakalnis & Blatner, 1994; Brdlička, 1995; Mellet-d'Huart, 2009).

Aktivní virtuální realita

Aktivní virtuální realita je někdy označována jako druhý stupeň možností VR. Oproti předchozímu stupni se již nejedná pouze o předem nahranou situaci a pohyb, ale účastník může prostředí sám prozkoumávat dle vlastního uvážení. Je zde tedy nutná vyšší míra participace uživatele, který se sám rozhoduje o směru pohybu a pohledu a někdy i o jeho rychlosti. Příklad můžeme najít třeba ve virtuálních galeriích nebo ve vizualizaci dosud nepostavených budov. Hojně se aktivní virtuální realita využívá v psychologii pro ovlivnění fobií. V daném prostoru se jedinec sice může pohybovat dle vlastního uvážení, nemá však možnost do daného prostředí jakkoliv zasahovat. Takovou situaci lze přirovnat k pocitu ducha procházejícího se reálným světem. Pro zajištění aktivního prostředí jsou však kladeny zvýšené technické nároky. Je nutná přítomnost senzorů a generátoru, které vyhodnotí směr a rychlost pohybu i pohledu a zvládnou je přenést do virtuálního světa. V realitě je poté nutné zajistit bezpečnost uživatele a možnost jeho volného pohybu v reálném prostoru. Na pocit vnoření a autenticity jedince má poté značný vliv také rychlost zpětného zpracování dat a scény v synchronizaci s pohybem uživatele (Aukstakalnis & Blatner, 1994).

Interaktivní virtuální realita

Jedná se o nejdokonalejší, nejrealističtější, ale také technicky nejnáročnější virtuální prostředí. Uživatel v interaktivním prostředí má možnost působit, přímo ovlivňovat a modifikovat jeho okolí. Díky tomu je zde i pocit pohlcení ze všech tří stupňů nejintenzivnější. Jedinec má možnost například brát předměty do rukou, přemisťovat je, deformovat je, případně něco vytvářet. Z technického hlediska je zde nutnost zajistit schopnost jedince ve virtuálním prostředí s předměty interagovat pomocí rukavic nebo ovladačů. Příkladem využití jsou cvičné operace ve zdravotnictví, které skýtají

začínajícím chirurgům možnost nacvičit si zákrok ve virtuálním prostředí bez rizika pro pacienta (Žára, 2004).

Pro vytvoření dojmu trojrozměrného prostoru je nutné promítnout do každého oka obraz scény z jiného úhlu. To v mozku vyvolá dojem 3-D obrazu, kterého chceme pomocí virtuální reality, mimo jiné, docílit. Na tomto základě lze tedy rozdělit virtuální realitu ještě podle jedné modality, a to dle zobrazovací technologie neboli dle typu brýlí (Aukstakalnis & Blatner, 1994; Gali-3D, 2011; Žára, 2004).

Dělení dle zobrazovací technologie

Barevné pasivní 3D brýle

Nejjednodušší zobrazení stereoskopického obrazu je pomocí tzv. barevných brýlí, kdy na každém oku je filtr jiné barvy, obvykle červený a modrozelený. Promítaný obraz se poté skládá z červené části pro levé oko a azurové části pro oko pravé, čili červený filtr propustí do levého oka pouze určitou část obrazu určenou přesně pro toto oko a modrozelený filtr zase propustí pouze část modrozelenou, určenou pro oko pravé. V mozku pak dojde k propojení obou obrazů a vzniká plně barevná 3-D iluze. Hlavní výhodou využití těchto brýlí je jejich cena a nenáročnost na údržbu, avšak celkový výsledný efekt na uživatele z projekce není příliš dokonalý, neboť každé oko dostává pouze část barevného spektra a dochází k barevným posunům, což finální dojem značně narušuje (Aukstakalnis & Blatner, 1994; Gali-3D, 2011; Žára, 2004).

Shutter glasses

Tzv. zatmívací brýle (shutter glasses) jsou dokonalejší formou, nyní již aktivních 3-D brýlí. Principem je zatmívání obrazu střídavě na levém a pravém oku v synchronizaci s obrazovkou. Například během projekce dochází při každém lichém snímku k zakrytí pravého oka a naopak. Tato metoda je však velmi závislá na frekvenci, která se díky této technologii pro každé oko redukuje na polovinu. Např. při frekvenci 120 Hz, která je udávána jako nejnižší možná využitelná touto technologií, působí na každé oko frekvence pouze 60 Hz, což pro oko není příliš příjemné. Celkově se tedy doporučují frekvence vyšší. Výsledný dojem z obrazu je o něco lepší než z barevných brýlí (Aukstakalnis & Blatner, 1994; Gali-3D, 2011; Žára, 2004).

Nejsložitějším, ale také nejvěrohodnějším způsobem, jak docílit 3-D efektu jsou speciální VR brýle, kdy se před každým okem nachází displej, který generuje obraz speciálně vytvořený pouze pro dané oko bez nutnosti barevných, či světelných změn. Ty lze ještě dále rozdělit na dva typy. Prvním jsou mobilní telefony s funkcí VR, které se vkládají do speciálních brýlí nebo úchytů, tzv. CardBoard. Kvalita obrazu je zde výrazně lepší než u předchozích dvou uvedených a zároveň je velkou výhodou jejich snadná cenová a v současné době i technologická dostupnost. Druhým a momentálně nejdokonalejším typem VR brýlí jsou speciální brýle, které obsahují dva displeje, každý pro jedno oko. Zde je nabídka velice široká, a to jak cenově, tak kvalitou (což na sobě obvykle závisí). Lze najít brýle autonomní nebo brýle, které je nutno propojit s počítačem. Kvalita obrazu se poté odvíjí, mimo jiné, od množství pixelů, které se pohybuje od jednoho po osm tisíc. Velkou výhodou je zde široké spektrum možností, stejně jako nejvyšší míra pohlcení uživatele virtuálním prostředím, které si člověk může sám vytvořit (Aukstakalnis & Blatner, 1994; Gali-3D, 2011; Žára, 2004).

4.4 Výhody a nevýhody využití virtuálního prostředí

Mezi hlavní výhody využití virtuálního prostředí patří jeho bezpečnost. Je zde možné nasimulovat podmínky, které by v reálném světě představovaly pro pacienta riziko ať už poranění například v ergoterapii při manipulaci s nožem či horkou vodou, nebo ohrožení pádem a úrazem, během terapie chůze. Zároveň, ač VR vykazuje určité nároky na prostor a technologické vybavení, jsou tyto nároky výrazně nižší, než by byly u mnoha situací v realitě. Jako další výhodu můžeme uvést schopnost softwaru sbírat a uchovávat informace o terapii jako je výchozí pozice pohybu, rychlost a trajektorie motorického úkonu, vzdálenost v terapii chůze, či délku terapie. S takovými objektivními informacemi lze poté snadněji pracovat například při statistickém zpracování progresu pacienta. S tím zároveň souvisí i možnost okamžité zpětné vazby, a tedy i okamžité korekce nebo vyhodnocení pohybu pacientem, či terapeutem. Ovšem obrovským přínosem virtuální reality je zejména velké množství aplikací, videí a programů, které lze využít, ať už se jedná o pouhou chůzi parkem nebo složitější hru. Pacient získává díky virtuálnímu světu vyšší motivaci (např. u her nebo i čistě zaujetím novým elementem v terapii) věnuje úkonu více pozornosti, čímž zefektivňuje svůj vlastní pokrok. Současně lze takovou terapii využít jako podpůrnou či doplňkovou,

čímž se navyšuje doba a počet opakování daných vjemů, což je alfa a omega každé terapie usilující o jakoukoliv změnu (Mlíka et al., 2005).

Hlavní nevýhodou takovéto terapie je poté její technická a často i finanční náročnost, která často brání většímu zařazení VR do běžné terapie, spolu s faktem, že původní VR nebyla určena pro lékařské a rehabilitační využití, a proto může být problém se sterilizací zařízení pro běžné používání na větších skupinách jedinců. Podstatným problémem pro samotné pacienty je poté možnost vzniku cybersickness. (Mlíka et al., 2005)

4.4.1 Cybersickness

Cybersickness je fenomén vznikající v důsledku vystavení uživatele virtuální realitě. Jedná se o stále plně neprobádaný jev, kterému se dostává náležité pozornosti až v posledních letech. V literatuře je obvykle spojován s několika různými negativními prožitky zahrnutými pod obecnějším označením motion sickness. Jedná se například o mořskou nemoc a kinetozu z jízdy v automobilu, vizuálně vyvolanou motion sickness nebo tzv. simulator sickness. Ač se příznaky jednotlivých výše zmíněných úkazů projevují velmi podobně, je příčina vzniku dané nemoci rozdílná a pro jejich plné pochopení je podstatné tyto pojmy nezaměňovat. (Gavgani, 2018, Weech, 2018).

Motion sickness

Nejpřijímanější teorií o vzniku motion sickness je teorie o nesouladu informací, přicházejících z jednotlivých složek rovnovážného systému. (Gavgani, 2018)

Rovnovážný systém vyhodnocuje informace na základě sběru dat ze tří různých informačních kanálů. Jedná se o vestibulární aparát, informace z proprioceptorů celého těla a informace zprostředkované okulomotorickým systémem. V případě, že dojde k rozporu mezi informacemi z jednotlivých systémů, může dojít ke vzniku motion sickness. Nesrovnalosti mezi proprioceptivními informacemi, například z receptorů krčních svalů a informacemi ze zbylých složek rovnovážného systému na vznik motion sickness přílišný vliv nemají, je tedy výhodnější zaměřit se spíše na důsledky konfliktu informací z vizuálního a vestibulárního aparátu (Agic et al., 2020; Bertolini, 2016; Weech, 2018).

Motion sickness může vzniknout i z pouhého nesouladu informací z vestibulárního aparátu, kdy se rozcházejí informace z polokruhovitých kanálků a otolitů. Ten vzniká například při přikyvování hlavou během otáčení se na židli nebo při pohybu ve vesmíru, kdy se rozchází rotační a lineární složka pohybu. Tento typ se však u virtuální reality nevyskytuje. Podstatnější je zde disharmonie mezi vestibulárním aparátem a vizuálním systémem u které lze pozorovat několik rozdílných možností nesouladu. (Koch, 2018)

Jedním možným příkladem je vnímání pohybu jak vestibulárním, tak vizuálním aparátem, avšak informace obou systémů se rozcházejí, či jsou příliš extrémní nebo atypické. Jedná se například o rozporupné pohyby vln a lodě na moři, ale příkladem může být také simulator sickness z důvodu opožděné zpětné vazby ze simulátoru (Gavgani, 2018; Koch, 2018; LaValle, 2020).

Další případ se týká situace, kdy vestibulární systém vnímá změny polohy, či rychlosti pohybu, avšak tyto pohybové podněty z vizuálního systému chybí. Zde mluvíme například o čtení nehybných písmen knihy v autě jedoucím po nerovné silnici. (Koch, 2018)

Poslední možností je stav, kdy je vizuálně pozorován pohyb, zatímco vestibulární systém tento vjem nezaznamenává. Příkladem tohoto stavu je právě cybersickness. (Koch, 2018; LaValle, 2020)

Hlavní příznaky motion sickness můžeme rozdělit do čtyř kategorií. Jedná se o potíže gastrointestinálního ústrojí (nevolnost, zvracení), příznaky centrální (bolest hlavy, dezorientace, závratě), příznaky periferní (pocení, pocit horka) a psychické příznaky (mrzutost, ospalost, únava, neklid). Závažnost a doba trvání motion sickness závisí na míře nesouladu vstupních signálů citlivých na pohyb a na schopnosti jednotlivce přizpůsobit se abnormálnímu prostředí (Gavgani, 2017; Leung, 2019).

Významnou roli ve vzniku motion sickness hraje také psychický stav jedince, čemuž nahrává i fakt, že v případě, že se u jedné osoby objeví motion sickness, podporuje tento fakt vznik podobných příznaků i u jiných osob. Zároveň je prokázáno, že až u 45% pacientů trpících motion sickness zabrala léčba placebem. (Leung, 2019)

Simulator sickness a cybersickness

Pojem simulator sickness vznikl jako označení příznaků vyvolaných během tréninkových letů převážně na letových simulátorech. Může se tedy jednat o první i třetí typ nesouladu vizuálního a vestibulárního systému, zatímco v případě cybersickness se jedná zejména o typ třetí (Gavgani, 2018; Weech, 2018).

Hlavním rozdílem mezi SS a CS je však v závažnosti příznaků, kdy některé studie dospěly k závěru, že cybersickness vyvolává příznaky výraznější než simulator sickness. Mezi hlavní příznaky, přetrvávající v důsledku až několik hodin, patří nauzea, závratě, únava, zvýšené slinění, studený pot, návaly horka, bledost, únava očí a bolesti hlavy (Gavgani, 2017; LaValle, 2020).

4.5 Využití virtuální reality v rehabilitaci

Jisté formy virtuální reality jsou v rehabilitaci využívány již po velmi dlouhou dobu, prakticky téměř od jejího vzniku. Starší dělení dle Burdea (2003), rozčleňuje virtuální realitu na tři typy: virtuální terapii muskuloskeletální, VR po cévní mozkové příhodě a kognitivní virtuální rehabilitaci. Faktem však zůstává, že na soudobé technologické možnosti je virtuální realita využívána v lékařství ve své značně primitivní podobě. Příkladem může být třeba zrcadlová terapie u fantomových bolestí, nácvik přecházení silnice u pacientů s neglect syndromem nebo nácvik jemné motoriky u osob po CMP. Časté je také využití neimerzivní virtuální terapie v rámci přístrojové rehabilitace. Takovou formu virtuální reality využívají například přístroje jako je Armeo, Gloreha, Lokomat apod. Odborné studie a výzkumy posledních let se však snaží více využít možný potenciál složitějších technologických komponent a zhodnotit jeho efektivitu u různých pacientů s různými diagnózami (Burdea, 2003; Polák & Pánek & Pavlů, 2017; Wright, 2014).

I s ohledem na Burdeovo dělení lze zaznamenat nejvyšší míru rozmachu a využití virtuální facilitace u pacientů s neurologickými obtížemi. Z jednotlivých diagnóz je jednoznačně nejvyšší počet studií zaměřený na osoby po cévní mozkové příhodě, ale lze nalézt i využití u pacientů s dětskou mozkovou obrnou, roztroušenou sklerózou mozkomíšní, Parkinsonovou nemocí nebo po poškození míchy. Styl a charakter terapie virtuální realitou se poté mění v závislosti na individuálních cílech, kterých u jednotlivých diagnóz i dílčích osob chceme dosáhnout. Takovým cílem může být

například facilitace jemné motoriky u pacientů po CMP, nácvik a terapie chůze, minimalizace rizika pádu nebo zlepšení stability (Adamovich et al., 2009; Baram, 2013).

Jak již bylo uvedeno výše, nejčastější oblastí využití VR je v rehabilitaci po cévní mozkové příhodě. Crosbie a spol. (2007) se efektivitu tohoto využití snažili posoudit ve svém systematickém přehledu. Pomocí klíčových slov (virtual reality, rehabilitation, stroke, physiotherapy, hemiplegia) dohledávali a hodnotili články zabývající se tímto tématem. Kritéria byla nakonec splněna 11 studiemi, kdy se pět z nich zaměřovalo na rehabilitaci horní končetiny, tři na chůzi a rovnováhu, dva na kognici a jeden na rehabilitaci jak horních, tak dolních končetin. Je tedy vidět, že se odborná veřejnost zaměřuje na široké spektrum možných obtíží a cílů. Z těchto jedenácti studií nepopisovala ani jediná signifikantní nepříznivé účinky, osm z nich označilo terapii VR jako prospěšnou a tři zaznamenaly statisticky významné zlepšení. Virtuální realita jako taková tedy vykazuje vysoký potenciál k dosažení výrazných pozitivních efektů, avšak v roce 2007 Crosbie a spol. usoudili, že je nutno závěry podložit ještě dalšími studiemi. K takovému úsudku došlo zároveň mnoho autorů i v pozdější době (např. Luque-moreno et al., 2015) (Crosbie et al., 2007).

Ovšem kvalit virtuální reality už se odborná veřejnost snaží využít u velmi rozmanitých diagnóz. Co se týče terapií míšních lézí, je rozmanitost studií značná. Kizony a kol. (2005) zkoumali účinnost užití virtuálního prostředí v terapii rovnováhy u 13 osob po poškození míchy. Využívali různé programy, např. formou hry. Závěry byly velice pozitivní. Probandi vykazovali signifikantní zlepšení rovnováhy a jejich subjektivní ohlasy byly také velmi kladné, neboť terapie formou hry ve VR jim umožňovala delší a intenzivnější terapii ke které měli zároveň vyšší motivaci. Autoři však stále doporučují další významnější studie, pro potvrzení daného schématu (Kizony et al., 2005).

Další velmi významnou roli využití virtuální reality u pacientů po míšní lézi zkoumali Polák, Pánek a Pavlů (2017) na Univerzitě Karlově v Praze. Kladli si za cíl prozkoumat možnost využití virtuální reality jako podpůrné metody v terapii nekompletních míšních lézí. Pro dosažení tohoto cíle bylo vybráno 10 probandů, kteří byli rozděleni na dvě skupiny. Jedna sledovala terapeutické video ve virtuální realitě, zatímco druhá podstupovala běžné terapeutické intervence v rehabilitačním ústavu.

Pacienti byli hodnoceni dle ASIA score a výsledné hodnoty u výzkumné skupiny byly až třikrát lepší než u skupiny kontrolní. Autoři však zároveň upozorňují na nízký počet probandů a vysokou míru nehomogenity a také doporučují pro potvrzení svých teorií provést další výzkumy (Polák & Pánek & Pavlů, 2017).

Je tedy jasné, že virtuální realita má v terapii jistě své místo, ač na jeho jednoznačné prokázání teprve čeká, a zároveň vykazuje širokou škálu možností využití. Black a Gaebler-Spira (2018) například zmiňují virtuální realitu ve svém článku o nechirurgických možnostech léčby spasticity horní končetiny a Oh a kol. (2019) jejich teorii potvrzují svou randomizovanou studií. V té prokázali, mimo jiné, statisticky signifikantní zlepšení spasticity extenzorů zápěstí a flexorů lokte po terapii virtuální realitou, zatímco kontrolní skupina podstupující konvenční terapii tento pokrok nevykazovala. Tento výzkum byl však, jako mnoho jiných, prováděn na pacientech po cévní mozkové příhodě a studie snažící se posoudit efekt virtuální reality na spasticitu u osob s nekompletní míšní lézí výrazně chybí (Black & Gaebler-Spira, 2018; Oh et al., 2019).

5 METODOLOGIE PRÁCE

Na následujících stránkách jsou předloženy a vysvětleny cíle práce, výzkumné otázky a stanoveny hypotézy. Dále jsou zde uvedeny úkoly práce a v následující kapitole do detailu popsána metodika práce. Ta mimo jiné zahrnuje charakteristiku probandů, uvedení metod získávání a sběru dat a jejich analýzu.

5.1 Cíl práce

Cílem práce je prozkoumat, zda se u osob na invalidním vozíku, podstupujících intervenci virtuální realitou mění míra spasticity. Prvním cílem tedy bylo zajištění vytvoření a zapůjčení terapeutického programu pro virtuální realitu. Dále se s jeho pomocí pokusit zjistit, zda se skrze toto působení na centrální nervový systém mění míra spasticity u osob s nekompletní míšní lézí, a to z vyhodnocení možných odlišností v klinickém stavu osob v úvodu a závěru práce a před a po intervenci virtuální realitou. Bylo si kladeno za cíl zhodnotit možnosti využití imerzivní virtuální reality jako podpůrné terapie v rehabilitačním procesu u osob s nekompletní míšní lézí.

5.2 Výzkumné otázky

Pro dosažení prvotního cíle byly zformulovány následující výzkumné otázky:

1. Jak se mění míra spasticity v důsledku desetiminutové pětidenní aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí?
2. Jak se mění okamžitá míra spasticity v důsledku desetiminutové aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí?
3. Jakým způsobem dochází ke změně subjektivního vnímání míry spasticity v důsledku desetiminutové aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí?

5.3 Hypotézy

H1 Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality vyšší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin.

H2 Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílů úhlů R1 a R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin.

H3 Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou vyšší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

H4 Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílů úhlů R1 a R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou nižší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

H5 Věcná významnost bude prokázána u všech svalových skupin u všech hodnocených parametrů v rámci změny hodnot bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality. Cohenovo $D \geq 0,2$

H6 Hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech probandů.

H7 Průměrné hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší bezprostředně po aplikaci, oproti stavu před ní.

5.4 Úkoly práce

1. Nastudování odborné literatury a zpracování ucelených poznatků týkajících se tématu diplomové práce
2. Definování charakteristik vhodných probandů pro účely studie, jejich zajištění a získání informovaných souhlasů
3. Vytvoření vhodného terapeutického programu pro účely práce a zajištění technických parametrů pro uskutečnění studie
4. Zajištění a shromáždění dat
5. Analýza a statistické zpracování shromážděných dat
6. Zhodnocení výsledků, diskuze nad danými výsledky a vyvození závěrů práce

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Charakteristika probandů

Pro zařazení do studie bylo stanoveno, že proband musí být osoba plnoletá, na vozíku, ve věku 18-60 let, s diagnózou nekompletní léze míšní, trpící spasticitou nejméně po dobu 2 let, psychicky kompenzovaná. Zároveň byly stanoveny kontraindikace pro zařazení a těmi jsou epilepsie, závažná onemocnění vestibulárního aparátu, migrenózní vertigo a tranzitorní ischemické ataky. Výběr osob probíhal s pomocí Mgr. Petry Dáňové z Centra Paraple a po konzultaci s vedoucí práce. S žádostí o účast byly osloveny všechny osoby splňující výše uvedená kritéria z řad aktuálních klientů Centra paraple. Osoby souhlasící s účastí na studii byly poučeny a řádně informovány o průběhu i cíli práce prostřednictvím ústního rozhovoru vedeném hlavním řešitelem, tedy mnou. Pro konečné zařazení do studie bylo zároveň nutné podepsat informovaný souhlas schválený etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (viz příloha č. 2) a etickou komisí Centra Paraple (viz příloha č. 3).

Studie se nakonec celkově zúčastnilo 7 osob (5 mužů a 2 ženy) ve věku od 38 do 60 let (průměrný věk 49 ± 8 let) z řad klientů Centra Paraple s diagnózou spastická para, či kvadru paréza. Výška léze probandů je v rozmezí C4 až Th5. Dle ASIA Impairment Scale jsou probandi hodnoceni v rozmezí AIS B až AIS D a všichni probandi trpěli spasticitou hodnocenou v dokumentaci Centra Paraple dle Ashworthovy stupnice stupněm 1, či 2. Individuální parametry každého probanda udává tabulka číslo 1. Všech 7 osob podstupovalo běžný rehabilitační program Centra Paraple, ke kterému jim po dobu 5 po sobě jdoucích dní byla přidána intervence aktivní virtuální realitou s interaktivními prvky.

Tabulka 1 Parametry jednotlivých probandů

Proband	Věk	Pohlaví	Výška léze	AIS score
JO	41	muž	Th3	B
MS	55	muž	C4	D
TV	38	muž	C6	B
MK	49	žena	Th1	D
LK	59	muž	C5	D
LB	58	žena	Th5	C
MT	41	muž	C6	D

6.2 Zařízení pro virtuální realitu a terapeutický program

Zařízení pro virtuální realitu

Pro účely této práce byla využita virtuální realita aktivní s prvky interaktivními. Byl využit VR Headset Oculus Quest, který jako první lze využívat plně autonomně bez nutnosti připojení kabelů, či počítače. Součástí setu jsou brýle a dva ovladače pro pravou i levou ruku. Systém Oculus Quest zároveň disponuje ochranným systémem, který si uchovává v paměti uživatelem zadané ochranné pole, čímž se snaží bránit kolizi s okolními předměty. Zároveň jsou zde převáděny pohyby uživatele do virtuální reality bez ohledu na to, jakým směrem je osoba otočena, není tedy nutné využívat dalších senzorů pohybu, či polohy. Současně brýle disponují polohovým zvukem, který je integrován přímo v headsetu, nejsou tedy nutná sluchátka, avšak přesto u probanda díky zvukovému vjemu dochází k vyššímu ponoření do virtuálního světa. Součástí brýlí je i nastavitelný systém pro snadné uchycení na hlavu téměř jakéhokoliv člověka.

Nejdůležitějšími parametry, které určují kvalitu obrazu a tím pádem i jeho reálnost jsou samozřejmě rozlišení, dále frekvence a v neposlední řadě velikost paměti, neboť program je nahrán přímo v systému brýlí. Brýle Oculus Quest (viz. obr. 4), které byly využity během této studie, disponují rozsahem 360°, rozlišením obrazu 2880x1600, frekvencí 72 Hz a celkovou pamětí až 128 Gb. Dále zde lze nalézt dva reproduktory a mikrofon. Ovladače pro pravou ani levou ruku nebyly během této studie využívány samotnými probandy, avšak autor práce mohl pomocí nich ovládat jednotlivé parametry programu. Jedním z nich byla například výška a posun hlavy, pro co nejreálnější postavení v rámci virtuálního těla individuálně nastavené každému probandovi dle jeho

proporcí. Dalším důležitým parametrem byla rychlost chůze, kterou bylo takto možno uzpůsobit přáním a potřebám jednotlivých probandů a předejít tak možné nevolnosti nebo úleku.



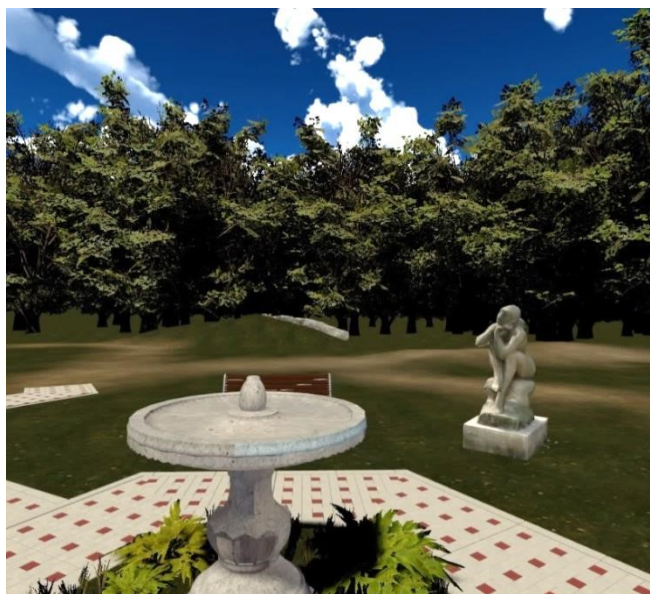
Obrázek 4 Brýle Oculus Quest (převzato ze Zboží.cz)

Terapeutický program

Celý terapeutický program byl vytvořen pro účely této práce v Unity engine Martinem Obertem z Virtual Real Life s.r.o. Jedná se o naprogramované prostředí virtuálního parku, po kterém má proband možnost se procházet dle svého přání a uvážení. V tomto prostředí se nachází avatar, který má simulovat tělo samotného probanda. Celý koncept byl inspirován prací Aloise Poláka (Polák & Pánek & Pavlů, 2017), který však ve svém výzkumu využívá virtuální realitu pasivní a pro další studie doporučuje využít současných neustále se vyvíjejících technologických možností s eventualitou vyššího vnoření uživatele do virtuálního prostředí.

Při vstupu do programu se uživatel objeví ve střední části parku, kde se na virtuální svět dívá z pozice daného avatara. Tělo avatara zde stojí na trávníku nedaleko domku a sochy (viz obr. č. 5). Při pohledu okolo sebe si lze prohlédnout hory v dálce, či blízký lesík (viz obr. č. 6), podstatný pro tuto práci je však pohled dolů. Při naklonění hlavy do

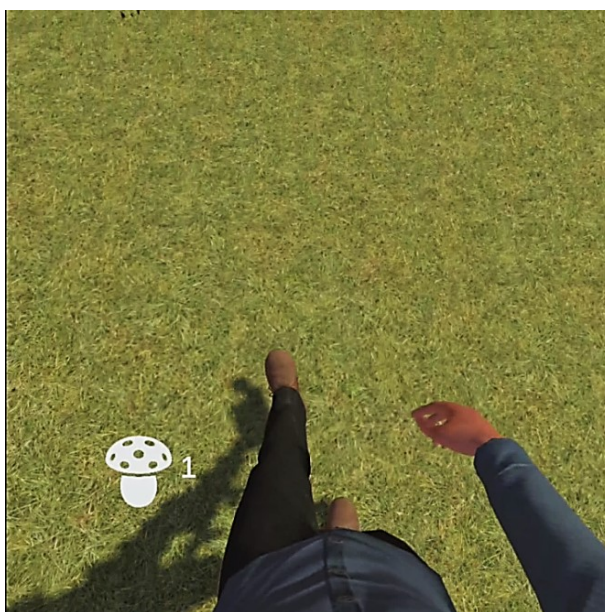
anteflexe, zaznamenají senzory v brýlích změnu polohy hlavy, přičemž uživatel vidí tělo pod sebou z pozice hlavy tedy jako by bylo jeho vlastní (viz obr. č. 7). Zároveň, díky této změně polohy hlavy a směru pohledu dochází k zahájení chůze. Avatar v daném programu se tedy rozejde pouze v případě, že proband na své tělo pohlédne. Proband si tedy může vybrat směr i cíl své cesty, pro samotné uskutečnění pohybu je však nutno daný pohyb sledovat, pro efektivní zapojení zrcadlových neuronů. Ve chvíli, kdy si chce proband opět prohlédnout okolí a zvedne hlavu, pohyb avatara ve virtuálním parku se zastaví. Pro podporu pocitu reálnosti má autor možnost po konzultaci s probandem ovládat „pozici hlavy“ do všech směrů a tím nastavit optimální polohu každému uživateli individuálně. Program také umožňuje zpětně dohledat a zanalyzovat vzdálenost, kterou proband během intervence ušel a také dobu, kterou reálně chůzi strávil.



Obrázek 5 Pohled na virtuální park 1 (autorské foto)



Obrázek 6 Pohled na virtuální park 2 (autorské foto)



Obrázek 7 Pohled na tělo při chůzi (autorské foto)

Pro optimální úhel pohledu na virtuální tělo a na chůzi samotnou, je zapotřebí vysoký rozsah pohybu v krční páteři. To se ukázalo u osob po traumatické míšní lézi se stabilizací krčních obratlů jako problémové. Z toho důvodu byl do programu přidán systém, který před samotným vstupem do parku nasnímá, pomocí senzorů zabudovaných v brýlích, maximální rozsah pohybu krční páteře každého jedince. Díky

tomu poté systém přizpůsobí terapeutický program na daný rozsah pohybu a eliminuje riziko nedostatečného sklonu hlavy pro pohled na vlastní tělo při chůzi.

Zároveň, pro racionalizaci úhlu pohledu a také jako motivační faktor byly do programu přidány houby, které proband může a nemusí sbírat. V celém programu bylo náhodně umístěných 25 hub, které uživatel sbíral pouhým projitím okolo nich a jejichž počet se zaznamenával v levém dolním okraji prostředí. Zároveň bylo autorem po konzultaci s probandem možno upravit rychlost pohybu v prostoru, čímž bylo možné předejít prvotnímu úleku, či případné kinetóze způsobené virtuálním prostředím.

6.3 Metody získávání dat

Pro získání dat byla jako nejvhodnější metoda měření spasticity zvolena Modifikovaná Tardieuho škála a pro doplnění subjektivních pocitů pacientů vlastní modifikovaná subjektivní škála spasticity, inspirovaná vizuální analogovou škálou bolesti.

Modifikovaná Tardieuho škála

Během testování byly zachovány všechny zásady uváděné Štětkařovou (2013):

- testování je nutné provádět vždy ve stejnou denní dobu
- vždy se zachovává stejná poloha těla při testování dané končetiny
- klouby (včetně šíje) jsou stále ve stejné poloze při vyšetření i při testování různých pohybových segmentů
- pro každou svalovou skupinu se kontrakce svalu hodnotí při specifických rychlostech protažení se dvěma parametry (X a Y).

Pro testování jsou definovány tři rychlostní úrovně protažení (Štětkařová, 2013)

- **V1** - co nejpomaleji, přesněji pomaleji než pokles končetin pomocí gravitace
- **V2** - rychlost segmentu při pádu končetiny silou gravitace
- **V3** - co nejrychleji, přesněji rychleji než pád končetiny pomocí gravitace

Dále je zde bodové ohodnocení (0-4) kvality svalové reakce, stupně spasticity X (Štětkářová, 2013)

- 0 je bez odporu v průběhu pasivního pohybu
- 1 značí mírný odpor v průběhu pasivního pohybu
- 2 se vyznačuje jasným záškubem (catch) v určitém úhlu, který přerušuje pasivní pohyb a je následován uvolněním (release)
- 3 vyprovokuje vyčerpateľný klonus méně než 10 sekund v určitém úhlu
- 4 znamená klonus více než 10 sekund v určitém úhlu

Parametrem Y je poté úhel reakce svalu na protažení, který se měří vzhledem k poloze svalu při minimálním protažení svalu, což odpovídá úhlu 0°. Toto vyšetření provádí vždy vyškolený lékař, či fyzioterapeut (viz příloha č. 4) (Ehler, 2015; Morris, 2018; Štětkářová, 2013).

Podstatnou částí MTS je rozlišení podílu elastické a dynamické složky pohybu. Je zde tedy nutno definovat dynamické komponenty R1 a R2. Během provádění pohybu rychlostí V1 měří testující úhel YV1 neboli dle MTS úhel R2, tedy úhel svalové odpovědi při pasivním pohybu prováděném pomalou rychlostí. R1 je poté hodnoceno během provádění pohybu rychlostí V3, kdy testující měří úhel YV3, tedy úhel svalové odpovědi (zárazu) při provádění pasivního pohybu protažení maximální rychlostí. Rozdíl R1-R2 následně udává podíl spasticity ku svalovým kontrakturám, čímž ukazuje velikost podílu dynamické složky. Čím vyšší rozdíl je, tím výraznější vliv dynamická složka má.

Pro účely této práce byla hodnocena spastická odpověď plantárních flexorů hlezenního kloubu a flexorů kolene na pravé i levé dolní končetině, a to za dodržení všech zásad testování. Autorka práce byla před samotnou studií zaučena v Ústřední Vojenské nemocnici v Praze.

Subjektivní hodnocení spasticity

Modifikovaná subjektivní škála spasticity

Na základě inspirace vizuální analogovou škálou bolesti byla k objektivizovaným měřicím metodám jako doplňková metoda přidána vlastní modifikovaná subjektivní škála spasticity. Cílem bylo zhodnocení probandova subjektivního vnímání pocitů a

omezení způsobených spasticitou. Během každého měření, kdy byla spastická odpověď vyvolána, byli probandi požádáni o vlastní ohodnocení daného jevu, a to na stupnici 0-10. Nula znamená absenci jakýchkoliv subjektivních vjemů způsobených spastickou odpovědí (nepříjemné pocity, bolest, strach, ztuhlost atd.) a 10 znamená až nesnesitelné pocity, či bolest vyvolané v důsledku spastické odpovědi na měření Tardieuho škálou.

6.4 Organizace sběru dat

Všichni probandi byli testováni v prostředí Centra Paraple uzpůsobeném pro potřeby studie. Byla vyhrazena klidná, prostorná a světlá místnost s dostatečným volným prostorem pro realizaci intervence virtuální realitou a zároveň s lůžkem pro vlastní měření spasticity Modifikovanou Tardieuho škálou v poloze vleže na zádech. Intervence virtuální realitou poté probíhala pětkrát a to pět po sobě následujících dní. Všechny pět dnů strávil každý jednotlivý proband ve virtuálním prostředí 10 minut, kdy se měl možnost procházet po virtuálním parku dle svého přání a uvážení. Klienti Centra Paraple byli osloveni první den po příjezdu a prokonzultování svého stavu s lékařem. Byl jim představen celý koncept studie a byla jim nabídnuta možnost zodpovězení případných dotazů s touto studií související.

Měření spasticity dle Modifikované Tardieuho Škály probíhalo vždy na lehátku vleže na zádech. Pro zajištění bezpečnosti měli probandi možnost využít na přesun výpomoc ošetrovatelského týmu Centra Paraple. Hodnocení spasticity poté probíhalo první den intervence a to bezprostředně před ní, dále ve třetím dni intervence virtuální realitou a to jednak těsně před intervencí tak okamžitě po ní a stejně tak, tedy bezprostředně před a po intervenci, byla míra spasticity vyhodnocena i poslední, pátý, den intervence.

V rámci samotné studie byly vždy po příchodu vyšetřujícího a případně po asistovaném přesunu na lůžko otestovány plantární flexory hlezenního kloubu obou dolních končetin a to v poloze vleže na zádech s extendovanými dolními končetinami. Ty byly testovány dle metodiky MTS rychlostmi pasivního pohybu V1 a V3. Pomocí goniometru byl změřen úhel v kloubu při pasivním protažení svalů rychlostí V1 (Y_{V1} neboli R2) a poté úhel v kloubu při maximální rychlosti protažení svalů V3 (Y_{V3} neboli R1). Zároveň byl dle spastické odpovědi zaznamenán i stupeň spasticity X. Stejný postup byl zopakován při hodnocení flexorů kolene (měření R2, R1 i hodnocení

X), avšak flexory kolene byly měřeny v poloze vleže na zádech s 90° flexí v kyčelních kloubech pro maximalizaci protažení celé svalové skupiny. Poté byl každý proband vyzván k subjektivnímu zhodnocení pocitů během vyvolané spastické odpovědi, a to na škále 0-10 dle modifikované subjektivní škály spasticity (viz kapitola 6.3 Metody získávání dat).

Probandi se poté přesunuli zpět do mechanického vozíku, ve kterém jim byly na hlavu aplikovány brýle, nastavena optimální rychlost chůze a poloha hlavy ve virtuálním prostředí (viz kapitola 6.2). Samotná intervence VR byla poté vyměřena na 10 minut, kdy probandi dle svého uvážení a přání mohl libovolně procházet parkem, či cíleně sbírat houby za co nejsoustavnějšího pohledu na avatarovy pohybující se dolní končetiny, imitující vlastní dolní končetiny dané osoby. Program zároveň ukládal vzdálenost, kterou daný uživatel ušel a čas, který chůzí strávil.

Po provedení první intervence virtuální realitou se u tří ze sedmi probandů objevily velmi intenzivní příznaky cybersickness, či obav, které vedly u 2 mužů a 1 ženy k rozhodnutí ve studii dále nepokračovat. Další hodnoty tedy byly naměřeny pouze na 4 probandech, kteří byli podrobeni virtuální realitě všech pět dní.

Během třetího a pátého dne intervence bylo provedeno hodnocení spasticity také bezprostředně po intervenci a to dle stejného metodického postupu uvedeného výše. Byly tedy hodnoceny plantární flexory hlezenního kloubu a flexorů kolene obou dolních končetin v rychlostech protažení V1 a V3 a zhodnocen stupeň spastické odpovědi X. Zároveň byli probandi dotázáni na zhodnocení vlastní spasticity dle modifikované subjektivní škály spasticity na škále 0-10.

Z důvodu rizika nevolnosti způsobené VR měla autorka připraveny přírodní přípravky proti nevolnosti otestované na vlastní osobě, o které měli probandi možnost po ukončení intervence kterýkoliv den požádat.

6.5 Analýza a zpracování dat

Pro analýzu a zpracování dat byl použit program Statistica 13. Zde byly vygenerovány základní popisné statistiky dat jako průměr hodnot, či směrodatná odchylka.

Pro vyhodnocení věcné významnosti byla využita webová stránka University of Colorado Colorado Springs. Zde byla vypočítána hodnota Cohenova d . (Becker, 2000)

Cohenovo d

Cohenovo d se jako jedna z nejčastějších možností využívá pro vyhodnocení efektu mezi dvěma proměnnými, nejčastěji pod vlivem nějakého zásahu či intervence. Jeho hodnota udává, jak velký zkoumaný efekt ve skutečnosti je. Vypočítává se z aritmetických průměrů hodnot jednotlivých skupin dat, přesněji z jejich rozdílu. Ten je poté vydělen směrodatnou odchylkou jedné ze skupiny. Získané hodnotě je poté přiřazeno slovní hodnocení, které udává míru věcné významnosti. Je-li d v rozmezí 0,2 – 0,49, hodnotí se významnost jako malá. V intervalu 0,5 – 0,79 poté mluvíme o významnosti střední a je-li hodnota d větší než 0,8 udává se věcná významnost jako vysoká. (Glen, 2016)

7 VÝSLEDKY

Údaje zjištěné, analyzované a zhodnocené dle výše uvedených metod, byly dále zpracovány v programu Microsoft Excel do podoby níže uvedených tabulek a grafů. Ty názorně předvádějí hodnoty naměřené během této studie.

V této práci vstupují do hodnocení výsledků údaje získané od celkově čtyř ze sedmi probandů, neboť 3 osoby ze studie odstoupily po první intervenci a zaregistrované hodnoty jsou od nich tedy pouze ve formě zmapování vstupního stavu. Během 5 dní bylo zaznamenáno první, třetí a pátý den celkem 6 parametrů levé dolní končetiny, 6 parametrů pravé dolní končetiny, subjektivní hodnocení probanda a rozdíl úhlů R1-R2, který je důležitou proměnnou studie, ačkoliv vychází z již naměřených hodnot. Každý parametr byl změřen první den před intervencí pro zmapování úvodního stavu probandů a poté třetí a pátý den před i po intervenci. Celkový počet proměnných vstupujících do celkových výsledků z jednoho setkání je tedy 17 před intervencí a 17 po intervenci, byl-li tento stav mapován.

- Úhel R1
- Úhel R2
- Stupeň X
- Rozdíl R1-R2



Každý jeden parametr změřen, či vypočítán na plantárních flexorech hlezenního kloubu a flexorech kolene pravé i levé dolní končetiny plus jedno subjektivní hodnocení probanda.

Tabulka 2 Naměřené hodnoty jednotlivých parametrů dle Tardieuho škály

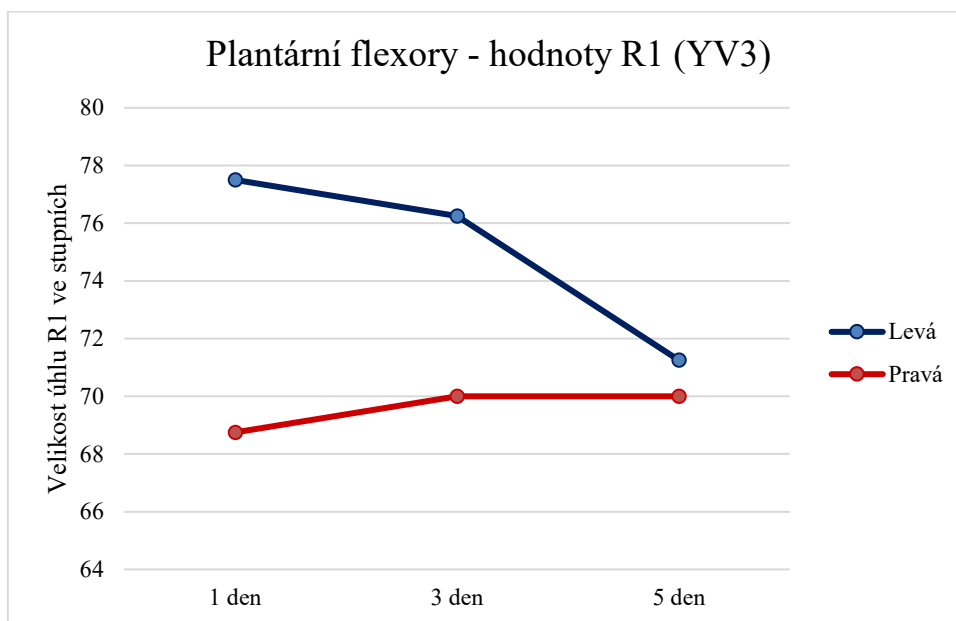
Svalová skupina	Parametr	Končetina	1. den Mean ± SD	3. den Mean ± SD	5. den Mean ± SD
Plantární flexory	R1 (YV3) [°]	Levá	77,5 ± 5,6	76,25 ± 6,5	71,25 ± 8,9
		Pravá	68,75 ± 8,9	70,0 ± 10,0	70,0 ± 15,4
	R2 (YV1) [°]	Levá	81,25 ± 7,4	76,25 ± 6,5	73,75 ± 6,5
		Pravá	70,0 ± 10,0	72,5 ± 10,3	76,25 ± 9,6
	R1-R2 [°]	Levá	3,75 ± 2,2	0,0 ± 0,0	2,5 ± 4,3
		Pravá	1,25 ± 2,2	2,5 ± 2,5	6,25 ± 8,2
	Stupeň X	Levá	1,5 ± 0,9	0,75 ± 0,4	0,5 ± 0,9
		Pravá	1,0 ± 0,7	1,25 ± 0,8	1,5 ± 1,1
Flexory kolene	R1 (YV3) [°]	Levá	125,0 ± 8,7	136,25 ± 9,6	133,75 ± 15,6
		Pravá	125,0 ± 3,5	137,0 ± 10,3	133,75 ± 10,8
	R2 (YV1) [°]	Levá	143,75 ± 7,4	147,5 ± 11,5	138,75 ± 12,4
		Pravá	140 ± 14,1	147,5 ± 9,0	140,0 ± 10,6
	R1-R2 [°]	Levá	18,75 ± 6,5	11,25 ± 9,6	5,0 ± 5,0
		Pravá	15,0 ± 10,6	10,0 ± 6,1	6,25 ± 6,5
	Stupeň X	Levá	2,0 ± 0,0	1,5 ± 0,9	1,25 ± 0,8
		Pravá	1,5 ± 0,9	1,75 ± 0,4	1,25 ± 0,8

Vysvětlivky: 1. den – vstupní hodnoty parametrů naměřené první den před jakoukoliv intervencí; 3.den – hodnoty parametrů naměřené třetí den probíhající intervence před samotnou intervencí; 5. den – hodnoty parametrů naměřené pátý den probíhající intervence před samotnou intervencí; Mean – průměr hodnot; SD – standard deviation (směrodatná odchylka)

Tabulka číslo 2 udává průměrné hodnoty úhlů R1 (YV3), R2 (YV1) a jejich rozdíl hodnotící dynamickou složku spasticity (R1-R2) ve stupních a stupeň spasticity X, vše na plantárních flexorech a flexorech kolene pravé a levé končetiny. Jedná se o vstupní data získaná první den před samotnými intervencemi, poté hodnoty ze třetího dne intervence získané před intervencí daný den a údaje z posledního, pátého, dne intervence, také naměřené před samotnou intervencí. Vzhledem k faktu, že tři ze sedmi probandů v průběhu studie odstoupili, jsou průměrné hodnoty parametrů uvedené v tabulce vypočítané pouze z dat probandů, kteří studii dokončili a pouze tyto data také vstupují do následujících grafů.

Hodnoty z tabulky 2 jsou přehledně a názorně zpracovány v grafech 1 až 6.

Graf 1 Hodnoty úhlu R1 v jednotlivých dnech intervence – plantární flexory

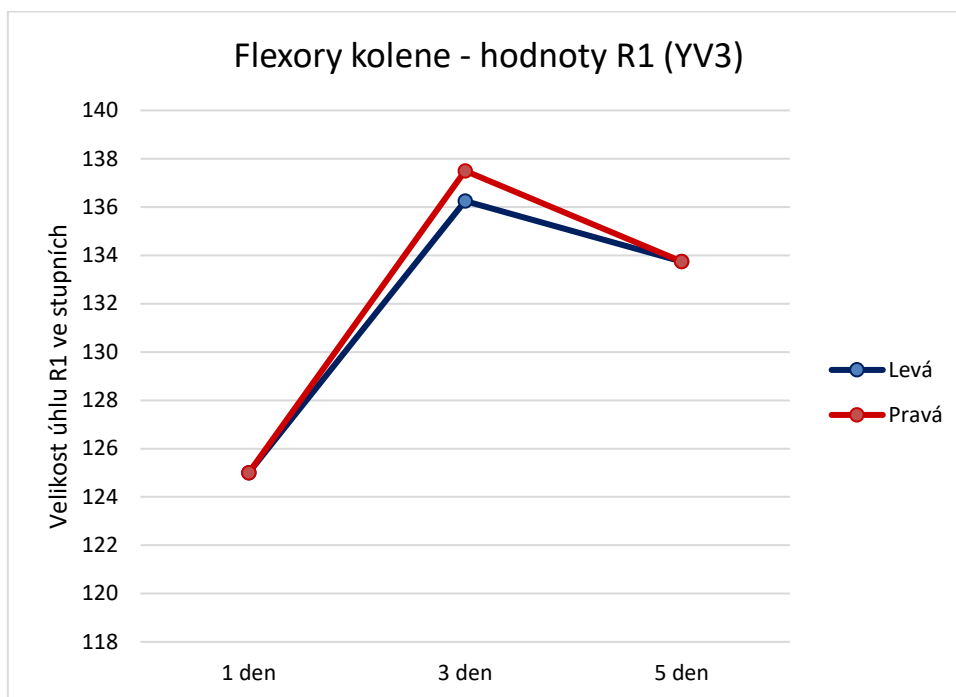


Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost úhlu R1 (YV3) ve stupních; Levá – hodnoty levé dolní končetiny; Pravá – hodnoty pravé dolní končetiny

Průměrné hodnoty, kterých nabýval úhel R1, prováděný rychlostí V3, na plantárních flexorech obou dolních končetin, během jednotlivých dní intervence ukazuje graf číslo 1. Jsou zde patrné odlišné tendence na levé a pravé končetině. Zatímco u levé končetiny se hodnoty snižují, na končetině pravé graf ukazuje mírnou rostoucí tendenci.

Graf číslo 2 poté ukazuje průměrné hodnoty úhlu R1 naměřených na flexorech kolene obou dolních končetin. Zde vykazují obě končetiny podobný vývoj. Větší změny jsou patrné u pravé dolní končetiny. Křivka grafu pravé i levé dolní končetiny vykresluje jasnou stoupající tendenci mezi měřeními první a třetí den, a přestože v porovnání třetího a pátého dne vidíme mírný pokles, je jasně patrný vzestup průměrných hodnot úhlu R1 mezi úvodním měřením první den a závěrečným v den pátý.

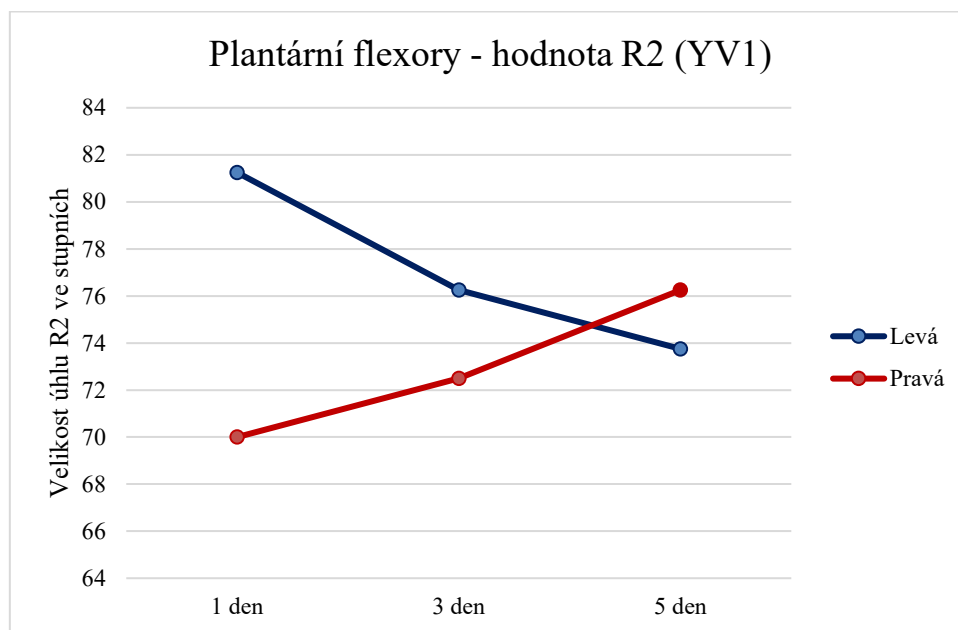
Graf 2 Hodnoty úhlu R1 v jednotlivých dnech intervence – flexory kolene



Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost úhlu R1 (YV3) ve stupních; Levá – hodnoty levé dolní končetiny; Pravá – hodnoty pravé dolní končetiny

Přestože hodnoty úhlu R1 u flexorů kolene obou dolních končetin i hodnoty úhlu R1 u plantárních flexorů pravé dolní končetiny vykazují nárůst v pátý den studie, oproti hodnotám z prvního dne, ukazuje křivka grafu hodnot R1 plantárních flexorů levé končetiny pokles. Už jen z tohoto faktu není možno potvrdit hypotézu H1. K té se dále vztahují i hodnoty úhlu R2 zobrazené v grafech číslo 3 a 4.

Graf 3 Hodnoty úhlu R2 v jednotlivých dnech intervence – plantární flexory

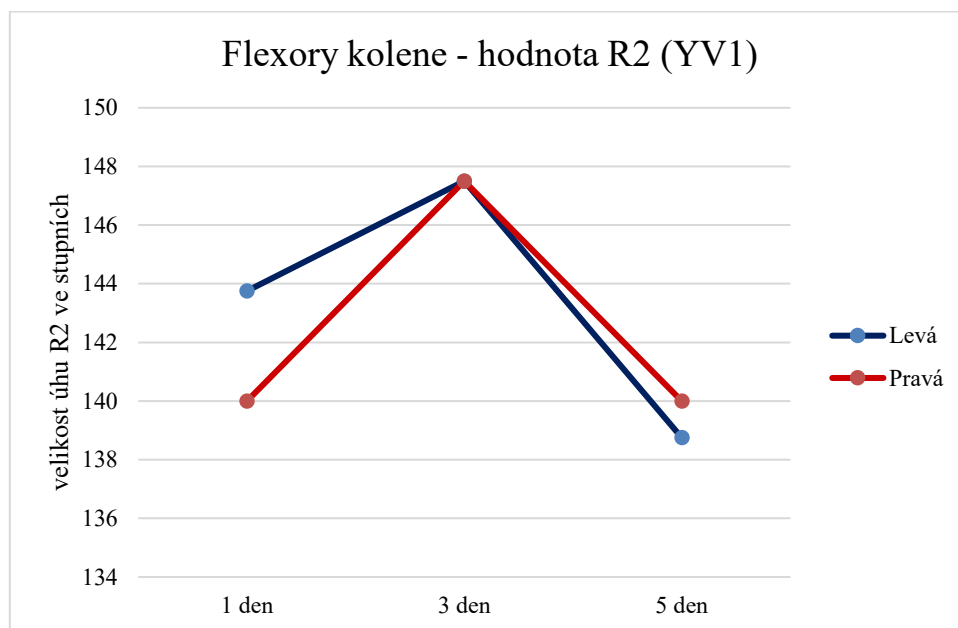


Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost úhlu R2 (YV1) ve stupních; Levá – hodnoty levé dolní končetiny; Pravá – hodnoty pravé dolní končetiny

V grafu 3 se nachází hodnoty úhlu R2, změřeného rychlostí V1 na plantárních flexorech dolních končetin. Opět je zde možno pozorovat rozdílný fenomén ve vývoji v jednotlivých dnech u pravé a levé dolní končetiny. Zatímco hodnoty u pravé dolní končetiny vykazují výrazný nárůst, křivka grafu levé dolní končetiny je klesající.

Graf 4 poté vykresluje hodnoty úhlu R2, změřeného rychlostí V1 na flexorech kolene. U obou končetin je jasný vzestup mezi měřením první a třetí den, avšak v den pátý hodnoty R2 u obou dolních končetin klesají. Závěrečná hodnota levé končetiny je dokonce nižší než hodnota úvodní. U pravé končetiny je úhel R2 z prvního a pátého dne totožný.

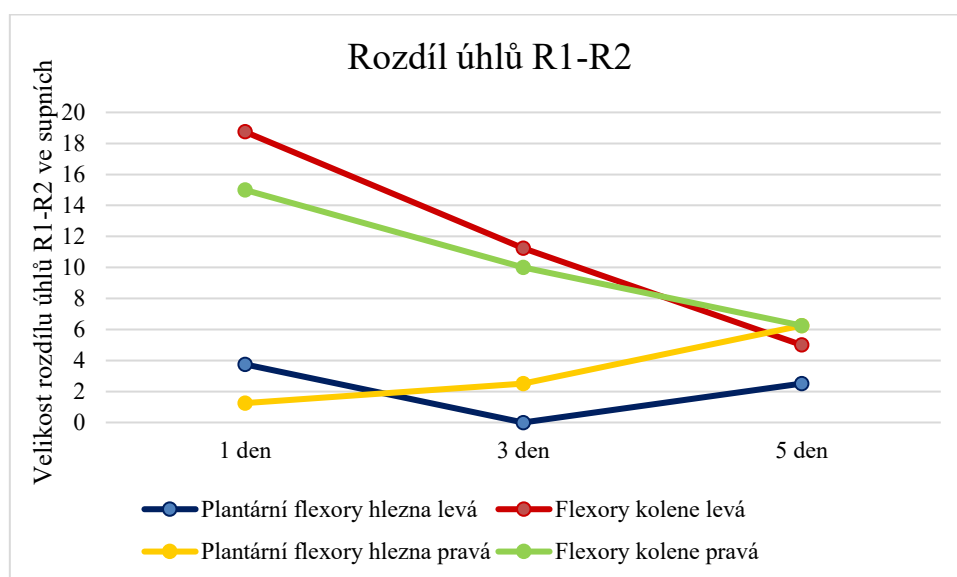
Graf 4 Hodnoty úhlu R2 v jednotlivých dnech intervence – flexory kolene



Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost úhlu R2 (YV1) ve stupních; Levá – hodnoty levé dolní končetiny; Pravá – hodnoty pravé dolní končetiny

Hypotéza H1 předpokládala nárůst průměrných hodnot R1 i R2 u všech svalových skupin. Hodnota R2 však vzrostla pouze u pravé dolní končetiny. Hypotézu H1 tedy nelze potvrdit.

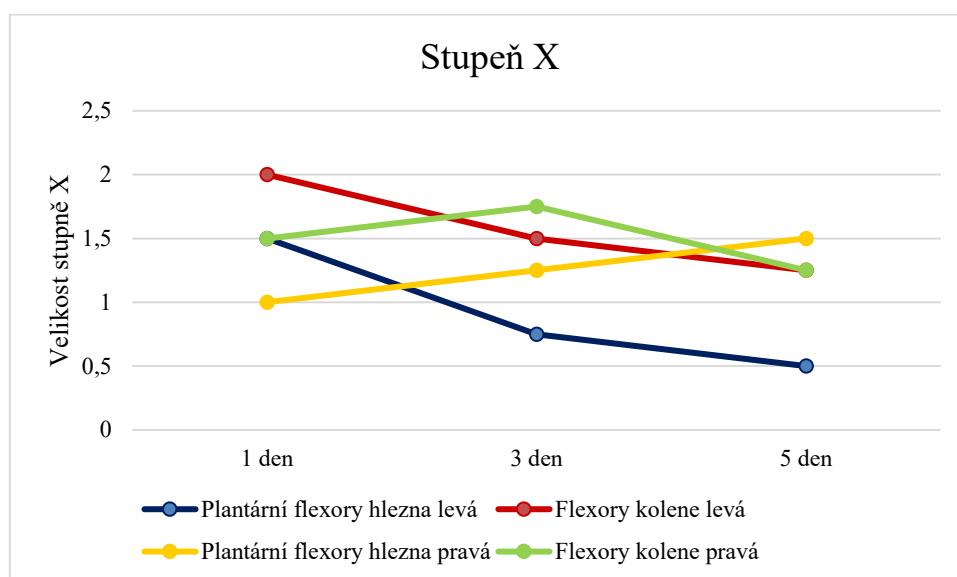
Graf 5 Hodnoty rozdílu úhlu R1-R2 v jednotlivých dnech intervence



Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost rozdílu úhlů R1-R2 ve stupních

V grafu číslo 5 lze nalézt rozdíl úhlů R1-R2 a to jak u plantárních flexorů, tak u flexorů kolene obou dolních končetin. U třech ze čtyř sledovaných svalových skupin došlo ke snížení hodnoty rozdílu úhlů R1-R2 a tedy k potenciálnímu snížení vlivu dynamické složky spasticity dle modifikované Tardieuého škály. Pouze u plantárních flexorů hlezna pravé dolní končetiny je pátý den údaj vyšší oproti dni prvnímu a u plantárních flexorů levé končetiny je pozorovatelný mírný nárůst měření pátého dne oproti měření ve dni třetím. Výsledná hodnota ze dne pátého je však nižší oproti dni prvnímu, jak předpokládá hypotéza H2.

Graf 6 Hodnoty stupně X v jednotlivých dnech intervence

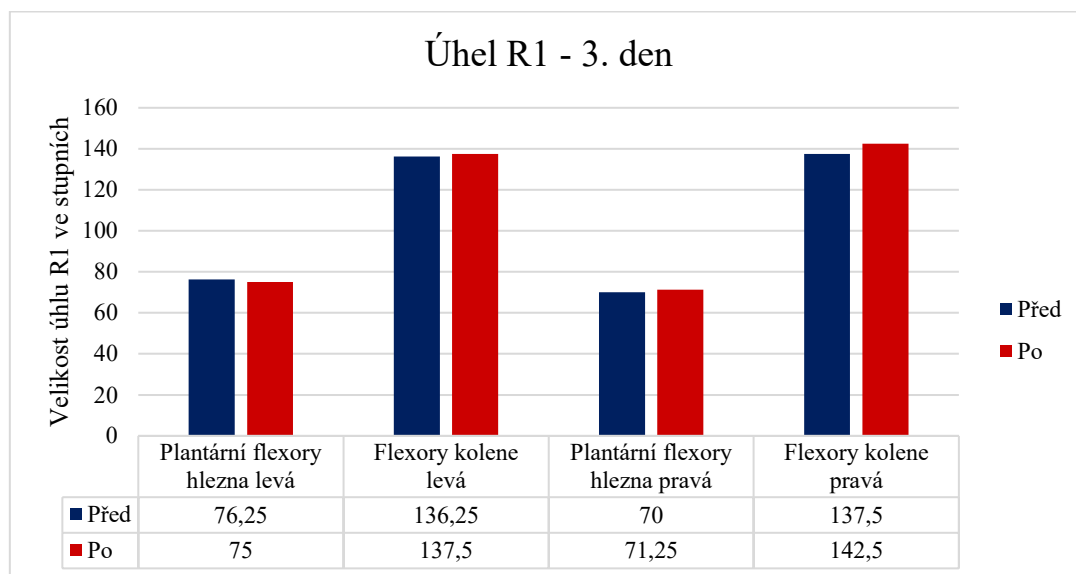


Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – průměrná velikost stupně X

Poslední graf vztahující se k datům z tabulky 2 je graf číslo 6. Ten udává míru stupně spasticity X v jednotlivých dnech intervence u všech čtyř svalových skupin. Je zde pozorovatelná obecně spíše sestupná tendence. Flexory kolene pravé končetiny sice vykazují mírné zvýšení mezi prvním a třetím dnem, avšak výsledně je hodnota získána pátý den intervence nižší než hodnota vstupní. To by mohlo nahrávat potvrzení hypotézy H2, avšak stejně jako u grafu číslo pět vykazují plantární flexory hlezna pravé dolní končetiny hodnotu závěrečnou vyšší než úvodní. Hypotézu H2 je tedy nutno zamítnout.

K hypotéze H3 a H4 se dále vztahují následující grafy číslo 7 až 14, které znázorňují okamžitý vliv intervence na dané parametry u jednotlivých svalových skupin.

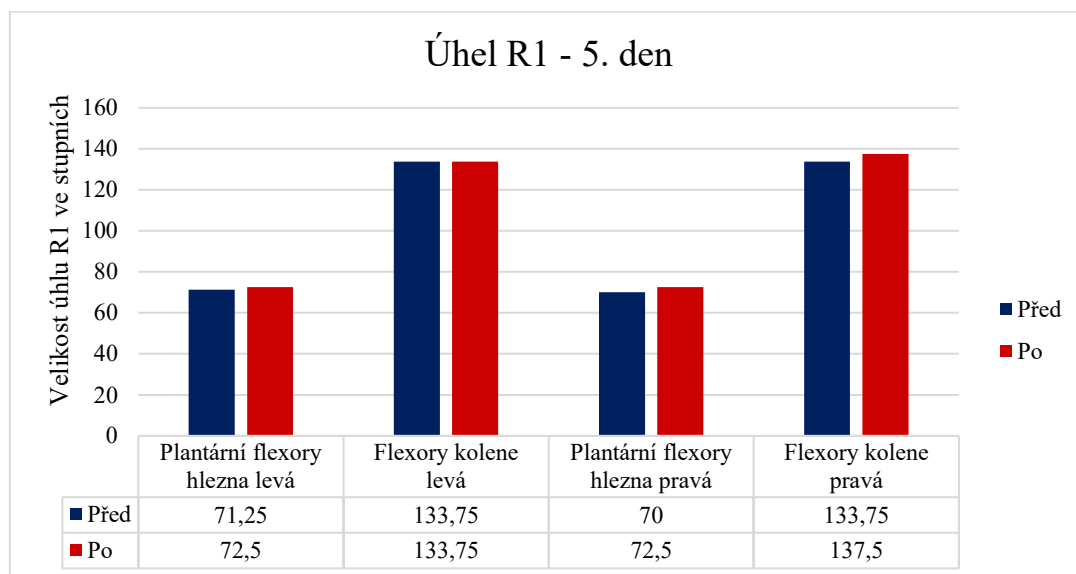
Graf 7 Velikost úhlu R1 před a po intervenci - 3. den



Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost úhlu R1 ve stupních; Před – průměrná hodnota úhlu R1 u dané svalové skupiny před intervencí 3. den; Po – průměrná hodnota úhlu R1 u dané svalové skupiny po intervenci 3. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu úhlu R1 ve stupních vstupující do grafu

Sloupcový graf číslo 7 udává průměrné hodnoty úhlu R1 pro jednotlivé svalové skupiny bezprostředně před a po intervenci získané 3. den intervence. Je zde patrné mírné navýšení u flexorů kolene obou končetin a stejně tak u plantárních flexorů hlezna pravé končetiny, avšak u plantárních flexorů hlezna levé nohy došlo ke zmenšení úhlu R1 a to z hodnoty 76,25° na 75°.

Graf 8 Velikost úhlu R1 před a po intervenci - 5. den

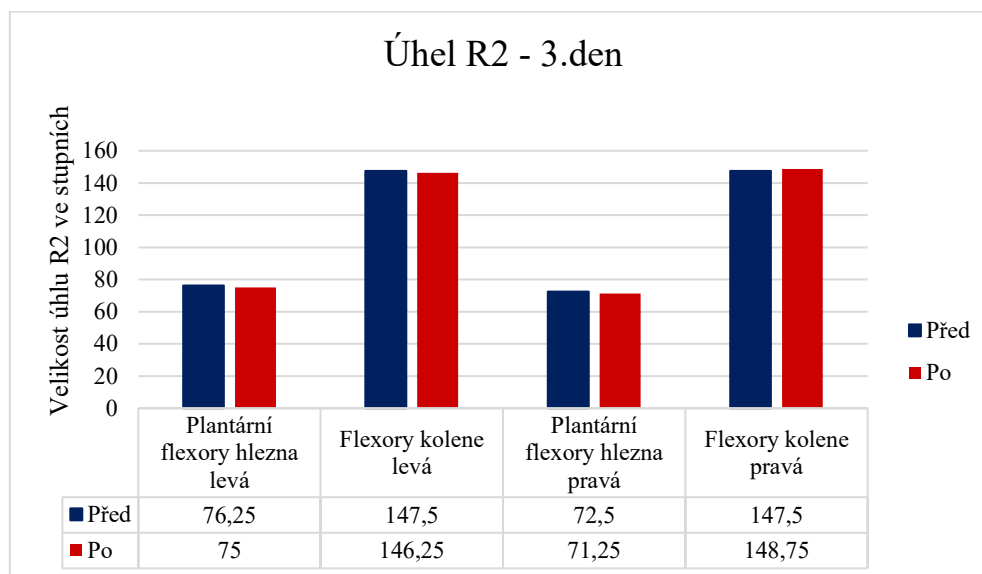


Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost úhlu R1 ve stupních; Před – průměrná hodnota úhlu R1 u dané svalové skupiny před intervencí 5. den; Po – průměrná hodnota úhlu R1 u dané svalové skupiny po intervenci 5. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu úhlu R1 ve stupních vstupující do grafu

V grafu 8 lze nalézt údaje z pátého dne měření, zhodnocené bezprostředně před a po intervenci daný den. Došlo zde k mírnému zvýšení úhlu R1 u plantárních flexorů hlezna obou končetin i flexorů kolene končetiny pravé. Hodnota u flexorů kolene levé končetiny však zůstala nezměněna.

Celkově tedy v rámci změny velikosti úhlu R1, měřeným rychlostí V3, pozorujeme pozitivní změny u třech ze čtyř sledovaných svalových skupin 3. i 5. den měření.

Graf 9 Velikost úhlu R2 před a po intervenci - 3. den

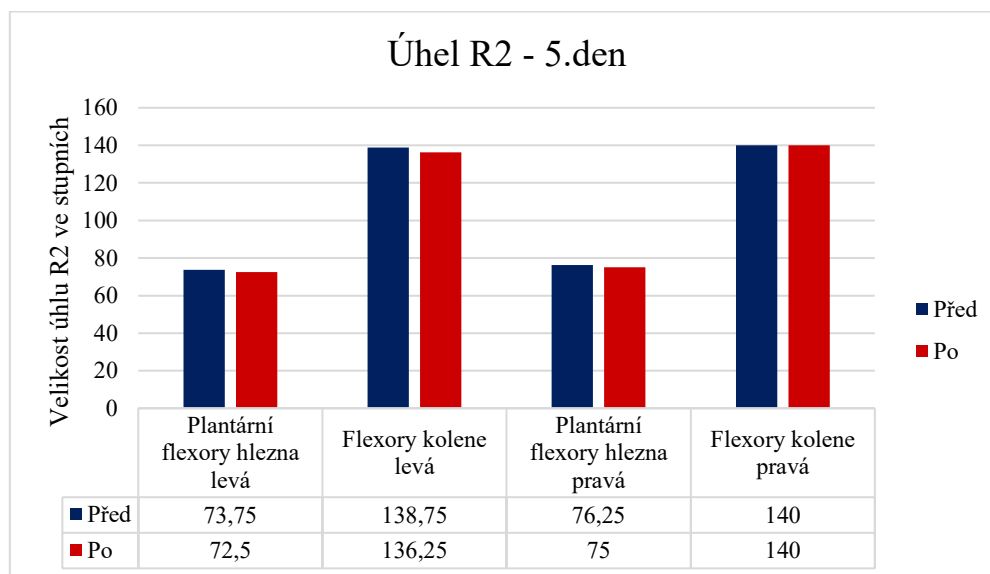


Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost úhlu R2 ve stupních; Před – průměrná hodnota úhlu R2 u dané svalové skupiny před intervencí 3. den; Po – průměrná hodnota úhlu R2 u dané svalové skupiny po intervenci 3. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu úhlu R1 ve stupních vstupující do grafu

Změnu úhlu R2, naměřeného rychlostí V1, před a po intervenci třetí den zaznamenává graf číslo 9. Dochází zde k mírnému poklesu hodnoty úhlu u třech ze čtyř sledovaných svalových skupin. Poslední ze sledovaných svalových skupin, přesněji flexory kolene pravé končetiny však ukazují mírný nárůst a to z průměrné hodnoty 147,5° na 148,75°.

Na grafu 10 jsou znázorněny tytéž parametry, avšak naměřené pátý den intervence. Zde také dochází ke snížení průměrných hodnot úhlu R2 u tří ze čtyř sledovaných svalových skupin. U poslední skupiny však nedochází ke zvýšení, ale hodnoty zůstávají beze změny na hodnotě 140°, jedná se o flexory kolene pravé končetiny.

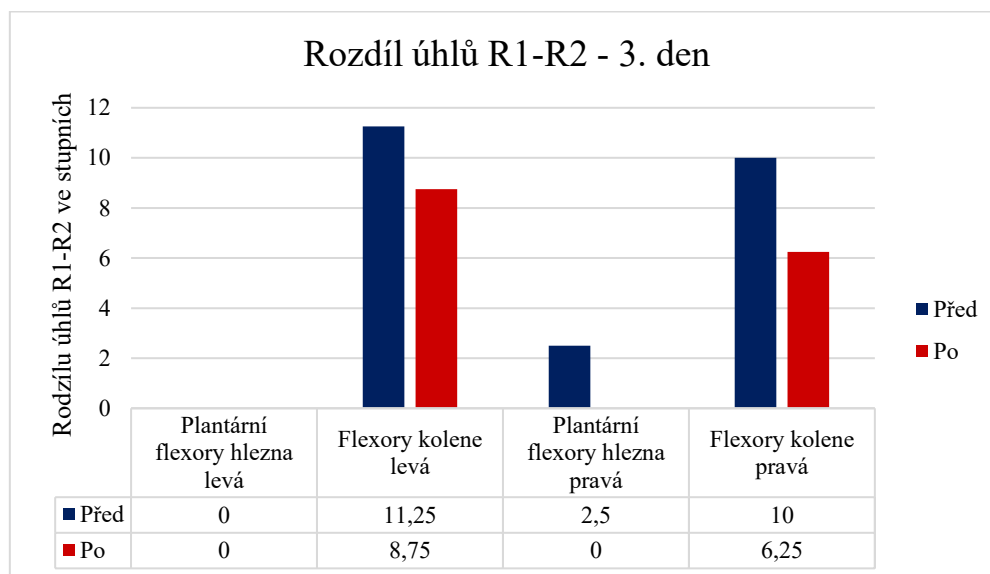
Graf 10 Velikost úhlu R2 před a po intervenci - 5. den



Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost úhlu R2 ve stupních; Před – průměrná hodnota úhlu R2 u dané svalové skupiny před intervencí 5. den; Po – průměrná hodnota úhlu R2 u dané svalové skupiny po intervenci 5. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu úhlu R2 ve stupních vstupující do grafu

V grafech 7 až 10 jsou znázorněny změny úhlů R1 a R2 po aplikaci terapeutického programu virtuální reality získané třetí a pátý den intervence. Při sumarizaci hodnot z jednotlivých dnů a jednotlivých svalových skupin zjistíme, že u parametrů došlo sedmkrát ke zvýšení průměrné hodnoty, sedmkrát ke snížení průměrné hodnoty a dvakrát zůstala průměrná hodnota stejná. Závěr, který z těchto grafů vychází je tedy zamítnutí hypotézy H3.

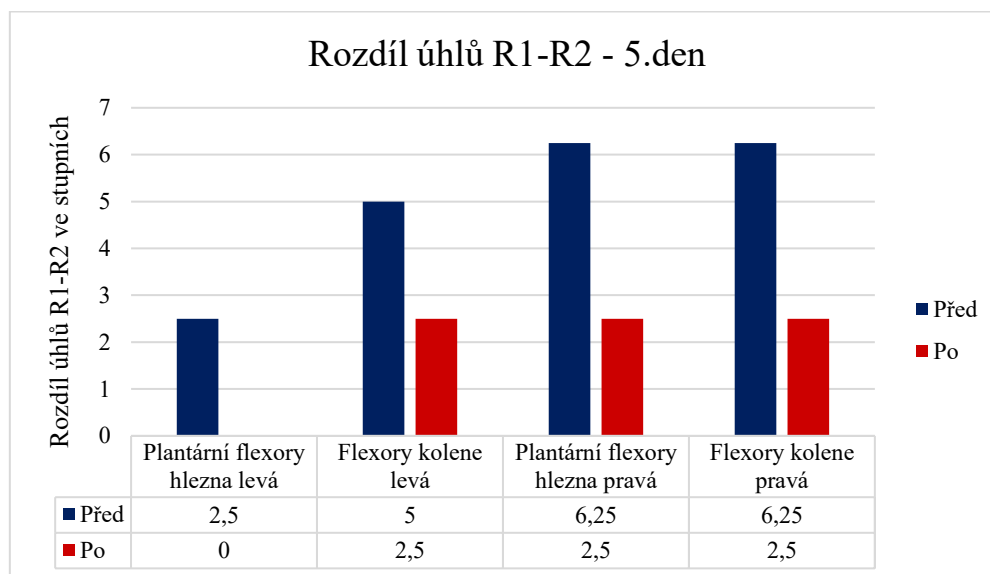
Graf 11 Velikost rozdílu úhlů R1-R2 před a po intervenci - 3. den



Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost rozdílu úhlů R1-R2 ve stupních; Před – průměrná hodnota rozdílu úhlů R1-R2 u dané svalové skupiny před intervencí 3. den; Po – průměrná hodnota rozdílu úhlů R1-R2 u dané svalové skupiny po intervenci 3. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu rozdílu úhlů R1-R2 ve stupních vstupující do grafu

Graf 11 ukazuje rozdíly úhlů R1-R2 před intervencí a po ní 3. den měření. Je zde patrné, že rozdíl byl po intervenci výrazně nižší než před ní. U flexorů kolene levé končetiny došlo ke snížení z průměrné hodnoty 11,25° na hodnotu 8,75°, plantární flexory hlezna vykazují dokonce snížení na 0 a to z hodnoty 2,5°. Ke snížení došlo také u flexorů kolene pravé končetiny a to z 10° na pouhých 6,25°. Plantární flexory hlezna levé dolní končetiny neudávají rozdíl úhlů žádný již před intervencí, ke snížení po intervenci tedy dojít ani z principu nemohlo.

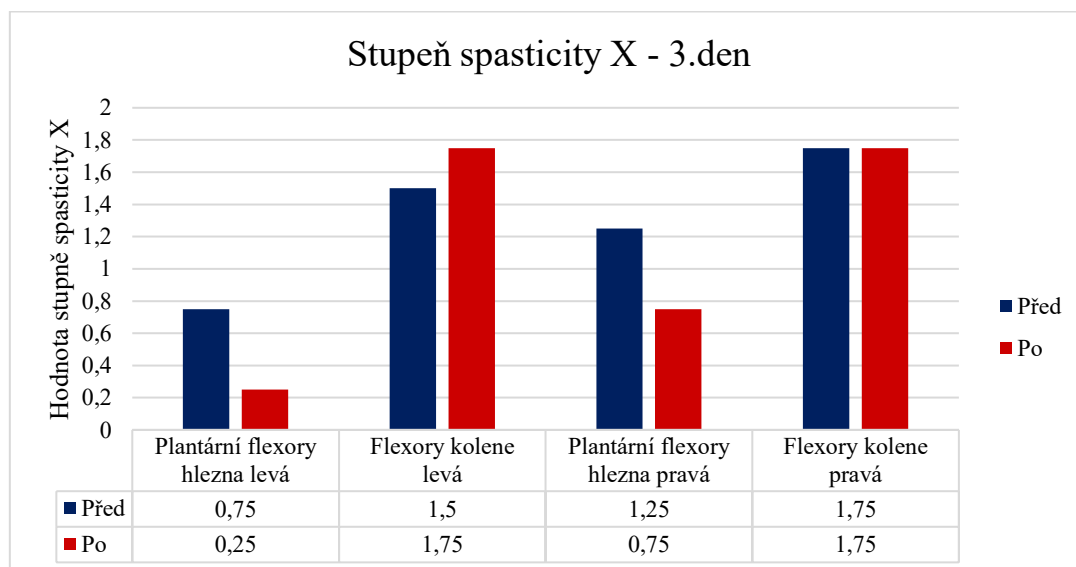
Graf 12 Velikost rozdílu úhlů R1-R2 před a po intervenci - 5. den



Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost rozdílu úhlů R1-R2 ve stupních; Před – průměrná hodnota rozdílu úhlů R1-R2 u dané svalové skupiny před intervencí 5. den; Po – průměrná hodnota rozdílu úhlů R1-R2 u dané svalové skupiny po intervenci 5. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu rozdílu úhlů R1-R2 ve stupních vstupující do grafu

Z grafu číslo 12 můžeme vyčíst velikost rozdílu úhlů R1-R2 před a po intervenci z pátého dne studie. Ke snížení rozdílu hodnot a tedy k potencionálnímu snížení spasticity dle modifikované Tardieuho škály zde došlo u všech sledovaných svalových skupin. Informace vycházející z tohoto grafu tedy nahrávají možnému potvrzení hypotézy H4. K té se však vztahují také grafy 11, 13 a 14, není proto možno dělat závěry pouze na základě tohoto grafu.

Graf 13 Velikost stupně spasticity X před a po intervenci - 3. den

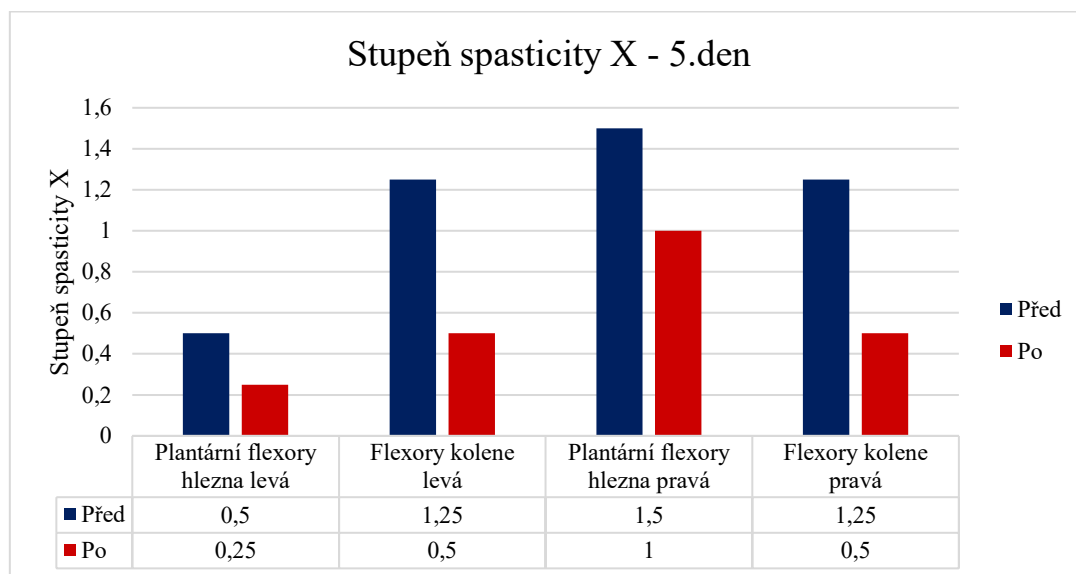


Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost stupně spasticity X; Před – průměrná hodnota stupně spasticity X u dané svalové skupiny před intervencí 3. den; Po – průměrná hodnota stupně spasticity X u dané svalové skupiny po intervenci 3. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu stupně spasticity X jednotlivých svalových skupin vstupující do grafu

Změnu stupně spasticity X před a po intervenci 3.den studie lze vypočítat z grafu číslo 13. Ten ukazuje jasné snížení průměrných hodnot na plantárních flexorech hlezna obou končetin a to z 0,75 na 0,25 na levé končetině a 1,25 na 0,75 na končetině pravé. Flexory kolene však přílišnou změnu nevykazují ani na jedné končetině. Na pravé končetině zůstala průměrná hodnota stupně spasticity X stejná jako před intervencí a na končetině levé lze pozorovat i mírný nárůst o 0,25.

V pořadí čtrnáctý graf vyhodnocuje změnu stupně spasticity X před a po intervenci během posledního, tedy pátého, dne probíhajících intervencí. Z grafu je na první pohled zřetelný posun na nižší hodnoty, a to u všech sledovaných svalových skupin. U plantárních flexorů došlo ke změně z 0,5 na 0,25 na levé končetině a z 1,5 na 1 na pravé dolní končetině. Na flexorech kolene je pak významné zlepšení z 1,25 na 0,5 na obou dolních končetinách.

Graf 14 Velikost stupně spasticity X před a po intervenci - 5. den



Popis: Osa X – jednotlivé svalové skupiny; Osa Y – velikost stupně spasticity X; Před – průměrná hodnota stupně spasticity X u dané svalové skupiny před intervencí 5. den; Po – průměrná hodnota stupně spasticity X u dané svalové skupiny po intervenci 5. den; Tabulka – zobrazuje přesnou průměrnou hodnotu stupně spasticity X jednotlivých svalových skupin vstupující do grafu

Grafy číslo 11 až 14 lze vztáhnout k hypotéze H4. Grafy číslo 12 a 14, které udávají hodnoty rozdílu úhlů R1-R2 a stupně spasticity X během pátého dne studie by samy o sobě byly znakem pro potvrzení dané hypotézy, neboť došlo ke snížení u všech svalových skupin, což naznačuje možné snížení spasticity. Celkově došlo u hodnot vztahujících se k hypotéze H4 ke snížení ve 13 případech, dvakrát ke změně nedošlo, ovšem z těchto dvou případů nebylo u jednoho z nich možné k nižší hodnotě dojít, neboť již počáteční hodnota byla 0. Ovšem v jednom případě došlo k nárůstu, a to přesně u stupně spasticity x měřeného na flexorech kolene levé dolní končetiny třetího dne probíhající studie. Z tohoto jednoho specifického důvodu však je nutné hypotézu H4 zamítnout.

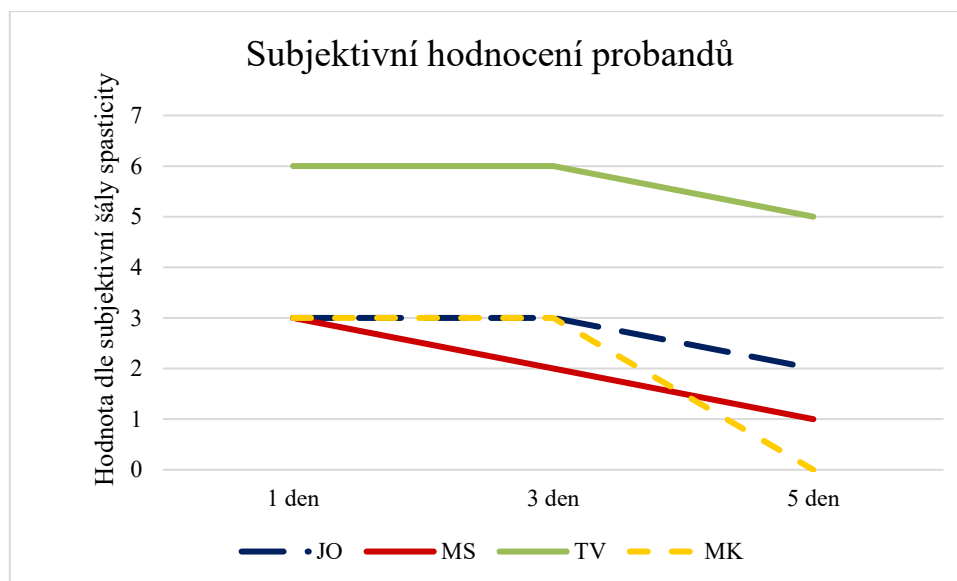
Tabulka 3 Hodnota věcné významnosti – Cohenovo d

Svalová skupina	Parametr	Končetina	Cohenovo d			
			3. den		5. den	
			Hodnota	Slovně	Hodnota	Slovně
Plantární flexory	R1 (YV3)	Levá	0,2	Small	-0,2	Small
		Pravá	-0,1	-	-0,2	Small
	R2 (YV1)	Levá	0,2	Small	0,2	Small
		Pravá	0,1	-	0,1	-
	R1-R2	Levá	0	-	0,8	Large
		Pravá	1,4	Large	0,6	Medium
	Stupeň X	Levá	1,2	Large	0,4	Small
		Pravá	0,8	Large	0,4	Small
Flexory kolene	R1 (YV3)	Levá	0,1	-	0	-
		Pravá	-0,5	Small	-0,3	Small
	R2 (YV1)	Levá	0,1	-	0,2	Small
		Pravá	-0,1	-	0	-
	R1-R2	Levá	0,3	Small	0,5	Medium
		Pravá	0,7	Medium	0,7	Medium
	Stupeň X	Levá	-0,4	Small	0,9	Large
		Pravá	0	-	0,9	Large

Vysvětlivky: 3.den – zhodnocení věcné významnosti změny daných parametrů u jednotlivých svalových skupin třetí den probíhající studie; 5.den – zhodnocení věcné významnosti změny daných parametrů u jednotlivých svalových skupin pátý den probíhající studie; Hodnota – udává číselnou hodnotu Cohenova d; Slovně – slovní ohodnocení hodnoty Cohenova d (viz kapitola 6.5)

Tabulka číslo 3 ukazuje hodnoty Cohenova d i jejich slovní ohodnocení dle metodiky uvedené v kapitole 6.5 Analýza a zpracování dat. Z tabulky lze vyčíst, že největší míra věcné významnosti je zaznamenána u hodnot stupně spasticity x třetí den probíhající studie na plantárních flexorech, kdy údaj dosahuje čísla 1,2 na levé a 0,8 na pravé končetině a zároveň u stupně spasticity x flexorů kolene poslední den studie, kde lze zaznamenat Cohenovo d 0,9 na obou dolních končetinách. Zajímavých fenoménem se ukazuje vyšší zastoupení věcné významnosti dle Cohenova d pátý den intervence, oproti dni třetímu.

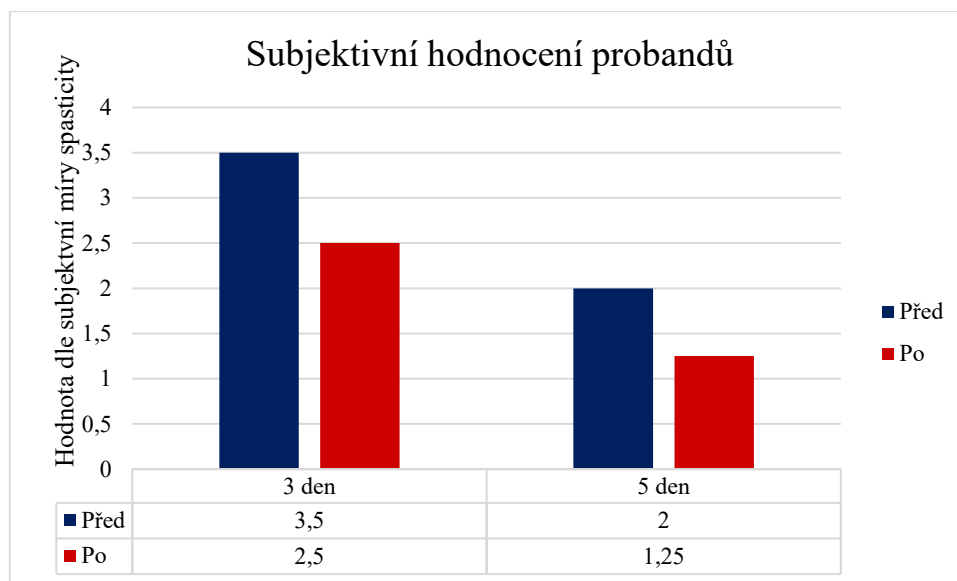
Graf 15 Hodnoty subjektivní škály spasticity jednotlivých probandů v jednotlivých dnech intervence



Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – Hodnota dle subjektivní škály spasticity; JO, MS, TV, MK – iniciály jednotlivých probandů

Graf číslo patnáct, vztahující se k hypotéze H6, ukazuje jednotlivé hodnoty subjektivní škály spasticity všech probandů, kteří dokončili studii, v jednotlivých dnech. Z křivek je znát pozorovatelný posun dané hodnoty na nižší čísla v porovnání prvního a pátého dne probíhající studie. U probanda JO došlo ke snížení z hodnoty 3 na hodnotu 2, u probanda MS je výsledná míra udávaná číslicí 1, což je oproti trojce udávané během prvního dne intervence také posun dolů. Proband TV udává snížení o jedna z hodnoty 6 na 5 a nejvyšší posun je znát u probanda MK, kde se z výchozí hodnoty 3 stala pátý den intervence hodnota 0. Ke snížení sice nedocházelo v rámci všech dní měření, kdy například u probanda TV zůstala subjektivní škála spasticity mezi prvním a třetím dnem měření na šestce, avšak u všech probandů je jednoznačně subjektivní hodnocení spasticity dle této škály nižší pátý den oproti dni prvnímu. Hypotézu H6 lze tedy považovat za potvrzenou.

Graf 16 Hodnoty subjektivní škály spasticity jednotlivých probandů před a po intervenci v jednotlivých dnech intervence



Popis: Osa X – jednotlivé dny intervence; Osa Y – hodnota subjektivní škály spasticity; Před – průměrná hodnota získaná před intervencí v jednotlivých dnech intervence; Po – průměrná hodnota získaná po intervenci v jednotlivých dnech intervence; Tabulka – zobrazuje přesnou hodnotu stupně subjektivní škály spasticity vstupující do grafu

Graf 16 ukazuje průměrné hodnoty škály subjektivního hodnocení spasticity probandy, a to před a po intervenci třetí a pátý den probíhajícího měření. Z grafu je zřejmé, že jak třetí, tak pátý den došlo ke snížení průměrných hodnot bezprostředně po intervenci virtuální realitou, a to třetí den z hodnoty 3,5 na 2,5 a pátý den z hodnoty 2 na hodnotu 1,25. Na základě těchto informací můžeme tedy potvrdit hypotézu H7 v jejím plném znění.

7.1 Zhodnocení výsledků ve vztahu k daným hypotézám

Hypotéza H1

Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality vyšší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin

Tato hypotéza pracovala s předpokladem změny průměrných hodnot úhlů R1 a R2 u všech sledovaných svalových skupin, a to na hodnoty vyšší po 5 dnech aplikace terapeutického programu. Tabulka 2 a grafy číslo 1 až 4 ukazují, že ač došlo ke změně u všech svalových skupin u obou parametrů, nejedná se vždy o posun na hodnoty vyšší a hypotézu H1 je tedy nutno zamítnout.

Hypotéza H2

Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílů úhlů R1 a R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin.

Hypotéza H2 předpokládala změnu stavu stupně spasticity X a změnu průměrných rozdílů úhlů R1 a R2 u každé sledované svalové skupiny v důsledku pětidenní intervence virtuální realitou, a to na hodnoty nižší. Průměr daných hodnot ukazuje tabulka 2 a grafy 5 a 6. K průměrné změně zde došlo u všech svalových skupin u obou parametrů, avšak pouze u tří ze čtyř svalových skupin se jedná o posun na nižší hodnoty. Vzhledem k přísnosti nastavení hypotézy H2 tedy hypotézu nelze potvrdit.

Hypotéza H3

Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuého škály u osob s nekompletní míšní lézí budou vyšší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

Tato hypotéza předpokládala okamžitou změnu úhlu R1 a R2 u každé sledované svalové skupiny v důsledku intervence virtuální realitou na vyšší hodnoty. Data vztahující se k dané hypotéze obsahují grafy 7 až 10. Z nich je patrné, že ač v sedmi

případech k okamžitému efektu zvýšení daného parametru došlo, objevují se i případy, kdy ke změně nedochází, či kdy se hodnoty snižují. Závěr, který z těchto grafů vychází je tedy zamítnutí hypotézy H3.

Hypotéza H4

Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílu úhlů R1 a R2 dle Tardieuho škály u osob s nekompletní míšní lézí budou nižší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

Hypotéza H4 předpokládala okamžitou změnu stupně spasticity X a rozdílu úhlů R1 a R2 u každé sledované svalové skupiny v důsledku intervence virtuální realitou, a to na nižší hodnoty. Grafy 11 až 14 obsahují data k této hypotéze. Rozdíl úhlů R1 a R2, nacházející se v grafu 11 a 12, vykazuje zřetelný posun k nižším číslům u všech svalových skupin, krom plantárních flexorů hlezna levé končetiny, třetí den probíhající studie, kde však již vstupní hodnoty byly nulové a ke snížení tedy dojít nemohlo. Stejně tak ukazuje snížení stupně spasticity X u všech svalových skupin, graf 14, zaznamenávající hodnoty z pátého dne studie. Hodnoty stupně spasticity X u flexorů kolene obou dolních končetin, třetího dne studie, nacházející se v grafu 13, však příznivou změnu nepředkládají. Z tohoto důvodu tedy hypotéza H4 v celém svém znění nemůže být potvrzena.

Hypotéza H5

Věcná významnost bude prokázána u všech svalových skupin u všech hodnocených parametrů v rámci změny hodnot bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality. Cohenovo $D \geq 0,2$

Hypotéza H5 předpokládala prokázání věcné významnosti změn parametrů u všech sledovaných svalových skupin v důsledku intervence virtuální realitou, tedy, že hodnota Cohenova D bude vyšší nebo rovna 0,2, což odpovídá věcné významnosti hodnocené jako malá. Cohenovo D je zpracováno v tabulce číslo 3. Je zde patrné, že ve třetím dni vykazuje nějakou formu věcné významnosti 9 sledovaných proměnných a ve dne pátém je tato významnost viditelná dokonce ve 13 případech. Hypotéza H5 však předpokládala

věcnou významnost u všech svalových skupin všech hodnocených parametrů, což naplněno nebylo. Je tedy nutné hypotézu H5 v jejím znění zamítnout.

Hypotéza H6

Průměrné hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech probandů.

Hypotéza H6 předpokládala změnu subjektivního vnímání spasticity dle výše uvedené škály (viz kapitola 6.3) u všech probandů v důsledku intervence virtuální realitou na nižší hodnoty. Z grafu 15 je jasně zřetelné, že ač se velikost změny mezi probandy liší, došlo ke snížení subjektivního vnímání spasticity u všech čtyř probandů. Hypotéza H6 byla tedy potvrzena.

Hypotéza H7

Průměrné hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší bezprostředně po aplikaci, oproti stavu před ní.

Poslední hypotéza předpokládala okamžité snížení průměrných hodnot subjektivního vnímání míry spasticity dle výše uvedené škály (viz kapitola 6.3) v důsledku intervence virtuální realitou. Údaje k hypotéze H7 předkládá graf číslo 16. Ten přehledně vyobrazuje stav před a po aplikaci virtuální reality třetí a pátý den probíhající studie. Na první pohled je zřejmé snížení průměrných hodnot subjektivního vnímání spasticity v obou hodnocených dnech. Hypotézu H7 tedy na základě těchto dat lze potvrdit.

8 DISKUZE

Syndrom centrálního motoneuronu je velice komplexní a složitá problematika, která se manifestuje u širokého množství diagnóz jako například u centrálních mozkových příhod, pacientů po dětské mozkové obrně, či jedinců po míšní lézi. Zároveň každý jedinec, i v rámci jedné diagnózy, je z klinického hlediska jedinečný a jeho objektivní i subjektivní projevy jsou silně individuální. Zřejmě i z tohoto důvodu nebyly nalezeny relevantní studie zabývající se spasticitou a jejím ovlivněním pomocí virtuální reality specificky u míšních lézí, kde má na míru spasticity vliv nepřeberné množství faktorů. To však zároveň podnítilo původní touhu autorky tuto studii provést, neboť virtuální realitu Black a Gaebler-Spira (2018) ve své publikaci *Nonsurgical Treatment options for upper limb spasticity* zmiňují jako jednu z nadějných moderních metod léčby.

Hlavním cílem této práce tedy bylo prozkoumat možnosti aktivní virtuální reality s interaktivními prvky, jako terapeutické metody pro ovlivnění spasticity u osob po míšní lézi. Výsledky získané v této studii byly nasbírány za pět po sobě následujících dní. Výsledky ukázaly patrné změny v jednotlivých sledovaných parametrech, ačkoliv ne vždy v takovém směru, či rozpětí, jaký byl předpokládán. Jediný předpoklad, který byl potvrzen, přesně tak jak byl formulován, se týká subjektivního vnímání míry spasticity probandy. Hypotézy týkající se těchto parametrů byly potvrzeny na základě škály vytvořené pro účely této práce, která byla inspirovaná vizuální analogovou škálou bolesti. U této vlastní subjektivní škály spasticity však ze zřejmých důvodů nelze určit její validitu, či reliabilitu, neboť není běžně používána. Existují však další možnosti subjektivního hodnocení spasticity, které prokazují, že osoby po poranění míchy jsou schopny vlastního kvalitního zhodnocení míry spasticity a jejího vlivu na jedincův život. Takovým příkladem může být dotazník pro hodnocení spasticity SCI-SET, jehož validita i reliabilita je, dle řešerše doktorky Vanessy Noonan (2017), hodnocena jako vysoká. Vanessa Noonan však poukazuje na možnou limitaci, která se nachází v nutnosti probanda vzpomenout si na spastické vjemy až 7 dní staré. Tato schopnost může být výrazně ovlivněna, mimo jiné, i současnou mírou spastických vjemů. Snahou vlastní subjektivní škály spasticity bylo, mimo jiné, tuto limitaci co nejlépe eliminovat, a proto se tato škála zabývá pouze aktuálními pocity týkající se spasticity probanda. Pro další výzkum by však bylo vhodné přidat i ověřenější metody sběru subjektivních dat.

Složitěji interpretovatelné jsou poté výsledky standardizovaného měření dle modifikované Tardieuovy škály. Zde nebyla potvrzena žádná hypotéza, která se k daným parametrům vztahovala, avšak některé výsledky samy o sobě ukazují zajímavé jevy, které budou diskutovány dále.

Nálezy této studie byly v souladu s nálezy uvedenými v randomizované studii Oh a kol. (2019). Ti zkoumali účinky terapie virtuální realitou u 31 pacientů na různé modalit, kdy jednou z nich byla právě spasticita. Po dobu 6 týdnů, 3 dny v týdnu, 30 minut denně byla experimentální skupina podrobena terapii virtuální realitou, zatímco kontrolní skupina podstupovala terapii konvenční. Experimentální skupina poté vykazovala významná zlepšení spasticity, oproti kontrolní skupině, u flexorů lokte a extenzorů zápěstí jak ihned po intervenci, tak také čtyři týdny po ukončení terapie. Ač byla spasticita hodnocena Ashworthovou škálou a spasticita probandů vznikla na podkladě CMP, jednotliví probandi, ale také jednotlivé svalové skupiny vykazovaly rozdílnou reakci na terapii VR, což je také v souladu s výsledky zjištěnými v této práci. Ke stejným závěrům v rámci terapie spasticity virtuální realitou u osob po cévní mozkové příhodě došli i Luque-moreno et al., (2019). Je tedy možné, že v rámci terapie spasticity virtuální realitou se příliš neprojevují rozdíly mezi cerebrální a spinální spasticitou.

Na cestě k prokázání jednoznačného vlivu virtuální reality jako terapeutického prostředku jsme ještě na začátku, avšak u osob po CMP je vidět značný posun. Studie zabývající se virtuální realitou v rámci míšních lézí také nejsou pozadu, leč výzkumy zabývající se specificky vlivem VR na spasticitu u míšních lézí chybí. Jejich vliv však prokazuje například studie Jordna a Rochardsona (2016), kteří se zaměřovali na léčbu neuropatické bolesti a využívali k ní virtuální chůzi. Zároveň zkoumali souvislost mezi hypersenzitivitou neuronů a mírou bolesti po virtuální chůzi. Jejich závěr poté ukazuje virtuální chůzi jako prospěšnou pro osoby po míšní lézi v rámci vlivu na neuropatickou bolest. Další studií prokazující vliv VR na pacienty po míšní lézi je například výzkum Kizonyho a kol. (2005), kteří se zaměřovali na rovnováhu, studie Prasada a kol. (2018) prokazující vliv virtuální reality na rehabilitaci horní končetiny nebo systematický přehled De Araúja a spol. (2019). Poslední jmenovaný zároveň naznačuje vliv virtuální reality na širokou škálu využití a vlivu VR jako zlepšení motorických funkcí, aerobních funkcí, rovnováhy, úrovně bolesti apod.

Jako v téměř každé problematice lze najít i výzkumy vliv VR neprokazující, jako například studie Dimwarda-Terrera a spol. (2016). Ti zkoumali vliv virtuální reality jako doplňkové léčby k terapii konvenční v rámci terapie horní končetiny. Jejich výzkumu se zúčastnilo 31 osob se subakutní kompletní tetraplegií. Probandi byli rozděleni na experimentální a kontrolní skupinu, kdy výzkumná skupina podstupovala po dobu 30 minut terapii virtuální realitou, tři dny v týdnu po dobu 5 týdnů. Zároveň podstupovala i konvenční terapii. Kontrolní skupina byla pod vlivem konvenční terapie také. Výsledky autorů nevykázaly žádné signifikantní rozdíly mezi danými skupinami, avšak Dimwarda-Terrera a spol. (2016) udávají v závěru, že skupina experimentální se zdála být více motivovaná a nadšená celkovou léčbou.

Virtuální realita tedy prokazatelně má jistý vliv na spasticitu u různých diagnóz. Zároveň je mnoho autorů, kteří našli její účinek na mnoho různých problematik u pacientů po míšní lézi, avšak nezkoumali specificky spasticitu. To bylo autory této práce považováno za důvod se do takové práce pustit.

Diskuze k hypotéze H1

Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuho škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality vyšší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin.

Tato hypotéza se v rámci této práce nepotvrdila. Možnou příčinou mohla být přísnost dané hypotézy, která předpokládala nejen změnu, ale přímo zvýšení obou parametrů, a to u všech svalových skupin. Podíváme-li se blíže na grafy vztahující se k této hypotéze je viditelné, že jisté změny průběhu jednotlivých dnů studie probíhaly. Průměrné hodnoty probandů se ve čtyřech případech skutečně zvýšili, avšak třikrát došlo k jejich snížení a jednou se hodnota mezi prvním a pátým dnem nezměnila. Zajímavým ukazatelem zde zůstává, že při bližším pohledu na tvar křivky stejné svalové skupiny je vidět podobnost ve tvaru mezi jednotlivými parametry. Zároveň lze pozorovat, že krom levých plantárních flexorů hlezna došlo ke zvýšení mezi jednotlivými dny alespoň jednou u všech ostatních svalových skupin. Je tedy možné, že na výsledky měly velký vliv také vnější faktory, jako například forma a čas rehabilitačního programu Centra Paraple daný den, či momentální psychické ladění pacienta.

Diskuze k hypotéze H2

Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílů úhlů R1 a R2 dle Tardieuho škály u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech svalových skupin.

Hypotéza H2 také nebyla v rámci této práce potvrzena. Hypotéza předpokládala snížení obou parametrů u všech svalových skupin, čehož dosaženo nebylo. Avšak na všech svalových skupinách lze pozorovat změnu jak u rozdílu úhlů R1 a R2, tak u stupně spasticity X, leč tato změna není vždy k nižším hodnotám. To může naznačovat značit možný vliv virtuální reality na spasticitu s jistou mírou vlivu vnějších i vnitřních faktorů, jako může být například rozsah pohybu v kloubu ovládaném danou svalovou skupinou, či míra zkrácení svalů. U tří ze čtyř svalových skupin však došlo ke změně pozitivní, tedy ke snížení rozdílu úhlů R1 a R2 a snížení stupně spasticity X, což by mohlo naznačovat úspěch v snížení spasticity na daných skupinách. Svalová skupiny, díky které bylo nutno tuto hypotézu zamítnout je u obou parametrů stejná, a to plantární flexory hlezna pravé dolní končtiny. Je tedy možné, že v průběhu terapie, či měření docházelo k ovlivnění právě této svalové skupiny například průvanem zprava a zezdola. Případně mohly být výsledky nepříznivě ovlivněny například pořadím během testování, kdy plantární flexory hlezenního kloubu byly testovány vždy jako první a proband tedy mohl být po přesunu stále nedokonale uklidněn, mohl být nervózní nebo mít vyšší tep oproti měření na následujících svalových skupinách.

Diskuze k hypotéze H3

Průměrné hodnoty úhlu R1 a průměrné hodnoty úhlu R2 dle Tardieuho škály u osob s nekompletní míšní lézí budou vyšší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

Hypotéza H3 byla zamítnuta, neboť bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality nedošlo u všech svalových skupin k nárůstu průměrné hodnoty úhlů R1 ani R2. Celkové změny těchto parametrů byly ve třetí i pátý den velmi malé, ať už se jednalo o nárůst, či o snížení daných hodnot. Roli zde tedy může hrát případná lidská chyba měření, neboť ač má MTS vysokou reliabilitu, jisté odchylky není možno plně eliminovat.

Zároveň je možné, že předpokládat změnu úhlu okamžitě po pouhých 10 minutách intervence je velmi optimistické a přísnost nastavení hypotézy může být také důvodem pro její výsledné zamítnutí.

Diskuze k hypotéze H4

Průměrné hodnoty stupně spasticity X a průměrné hodnoty rozdílu úhlů R1 a R2 dle Tardieuho škály u osob s nekompletní míšní lézí budou nižší bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality oproti stavu před danou aplikací u všech svalových skupin.

Hypotéza H4 byla také zamítnuta, neboť předpoklad snížení hodnot daných parametrů nebyl naplněn během třetího dne měření u parametru stupně spasticity X na flexorech kolene obou dolních končetin. Opět je zde nutno zamyslet se nad možnou příčinou tohoto jevu, který mohl být způsobem vnějšími vlivy jako například průběhem programu rehabilitací daný den. Dalším možným faktorem mohla být náplň střev probandů a tím zvýšení spasticity a snížením možností, jak tuto spasticitu ovlivnit nebo třeba únava z již třetího dne rehabilitací na kterou u probandů prozatím nevznikla adaptace.

Velmi zajímavým jevem při bližším zkoumání výsledných hodnot však je, že u rozdílu úhlů R1 a R2 skutečně došlo k poklesu u všech sledovaných svalových skupin v oba měřené dny. Tento parametr je dle modifikované Tardieuho škály považován za nejdůležitější, co se týče vlivu dynamické složky spasticity. Pokud bychom se tedy zaměřili pouze na tento parametr, došli bychom k závěru, že bezprostředně po intervenci virtuální realitou došlo pravděpodobně ke snížení vlivu dynamické složky spasticity, což nastiňuje zajímavý podklad pro další zkoumání přímého vlivu virtuální reality.

Diskuze k hypotéze H5

Věcná významnost bude prokázána u všech svalových skupin u všech hodnocených parametrů v rámci změny hodnot bezprostředně po aplikaci terapeutického programu virtuální reality. Cohenovo $D \geq 0,2$

Hypotéza H5 také nebyla prokázána, neboť věcná významnost nedosahovala dostatečné hodnoty u 7 údajů během dne třetího a u 3 během měření pátý den. Celkově

však Cohenovo D vykazovalo vysokou významnost ve třech případech třetí i pátý den, střední významnost jednou během měření třetí den a třikrát během pátého dne a malou významnost pětkrát během třetí dne a sedmkrát během dne pátého. Mezi jednotlivými parametry a svalovými skupinami je tedy vidět větší věcná významnost vlivu virtuální reality poslední den měření. To je zajímavý fenomén, který může napovídat, že v případě delší studie, či výzkumu by mohly hladiny věcné významnosti dosáhnout teoreticky všechny sledované parametry u všech svalových skupin. Pro tyto závěry však nejsou momentálně k dispozici dostatečná data a je zde tedy prostor pro další budoucí práce. Pátý den intervence byl zároveň jediným dnem intervence, kdy probandí nepodstupovali běžný rehabilitační program Centra Paraple, tedy došlo ke snížení vlivu vnějších faktorů, což také může hrát podstatnou roli.

Diskuze k hypotéze H6

Hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší po 5 dnech aplikace, oproti vstupním hodnotám u všech probandů.

V rámci subjektivního hodnocení spasticity probandy dle vlastní subjektivní škály spasticity došlo u všech probandů k poklesu hodnot pátý den intervence v porovnání s dnem prvním. Hypotéza H6 tedy byla potvrzena. Přestože došlo u všech probandů k pozitivnímu snížení subjektivní míry spasticity, lze v grafu 15 pozorovat rozdílnou velikost změny i její rychlosti. To naznačuje jistou míru individuality v reakci na aplikaci virtuální reality, což je v souladu se zjištěními také jiných studií.

Krom subjektivního snížení míry spasticity probandi udávali i další subjektivní vjemy jako pocity brnění nohou v okamžiku nášlapu ve virtuální realitě, či šimrání nebo tlak na dolních končetinách, někteří i na trupu. Na tyto pocity však měla velký vliv schopnost probanda se na končetiny postavit, či jeho míra sebeobsluhy. Čím soběstačnější pacient, tím méně subjektivních vjemů udával. Zároveň byla vypořizována jistá míra adaptability, zejména v popisu brnění nohou a pocitu nášlapu, u subjektivní míry spasticity nebyla adaptabilita viditelná.

Subjektivní hodnocení osoby velmi závisí na její vlastní schopnosti vnímat vlastní tělo a popisovat co se s ním děje. Současně má velký vliv mnoho dalších faktorů jako

například momentální psychické ladění probanda. Spasticita je poté u osob po míšní lézi ovlivňována širokou škálou faktorů včetně náplně střev, či močového měchýře nebo i počasím. Ač byli probandi poučeni, určité faktory nelze spolehlivě ovlivnit a pohlídat. Ty poté také mohly do subjektivního hodnocení osob vstupovat.

Diskuze k hypotéze H7

Průměrné hodnoty subjektivního vnímání míry spasticity probandy dle subjektivní škály spasticity u osob s nekompletní míšní lézí budou v důsledku aplikace terapeutickým programem virtuální reality nižší bezprostředně po aplikaci, oproti stavu před ní.

Hypotéza H7 byla taktéž prokázána, neboť ke snížení subjektivního hodnocení spasticity došlo bezprostředně po intervenci virtuální realitou jak třetí, tak pátý den. Velikost změny byla třetí den o celý 1 bod z průměrné hodnoty $3,5 \pm 1,5$ na $2,5 \pm 0,9$ během dne třetího a z $2 \pm 1,9$ na $1,25 \pm 1,1$. Je zde tedy opět patrná jistá individualita mezi jednotlivými probandy a rozdílnost velikosti jejich reakce, která mohla být pátého dne ovlivněna i faktem absence rehabilitace, či začátkem víkendu a tedy změny psychického ladění.

Limity práce

Samotná práce podléhala také jistým limitům a omezením, které se mohly, avšak nutně nemusely, promítnout do získaných výsledků. Za jeden z hlavních limitů je považován vysoký počet faktorů ovlivňující spasticitu, jako např. okolní teplota, denní doba, psychické rozpoložení nebo momentální zdravotní stav. Díky tomuto faktu je u míšních lézí téměř nereálné vytvořit jak u jednotlivých probandů, tak ale i mezi jednotlivými intervencemi kompletně identické podmínky. Každé jednotlivé měření může být tedy ovlivněno vnějšími faktory, se kterými je nutno počítat.

Dalším faktorem je z jednoho pohledu nízký počet probandů a z druhého nízký počet měření u jednotlivých osob. Vzhledem k úzkým kritériím výběru probandů spolu s časovou náročností a nutností pobytu v Centru Paraple se podařilo pro provedení studie najít pouhých 7 osob, z nichž tři v průběhu odstoupili. Celkově tedy do studie vstupují data pouze od 4 probandů. Zároveň by bylo vhodné pro další výzkumy mapovat vývoj spasticity dlouhodoběji a ideálně během každé intervence, což však

značně zvyšuje časovou i organizační náročnost práce až na hranici reálnosti. Je zde tedy náročné vyvozovat závazné závěry. Práce tedy spíše nastiňuje jistý potenciál a vyzývá k provedení dalších, hlubších a delších studií pro definitivní potvrzení vlivu virtuální reality

Posledním limitem práce mohla být také grafická kvalita programu. Ač byla velmi vysoká, stále se nemůže rovnat s rozlišením reálného oka a skutečným světem. Vzhledem k faktu, že se jednalo o program a nikoliv video, je zde jistá míra nereálnosti, která mohla bránit úplnému vnoření účastníka do situace. Byla zde však snaha tento fakt vykompenzovat možností avatara aktivně ovládat a v jisté míře spolu s okolím i participovat (sbírání hub).

9 ZÁVĚR

Tato práce si kladla za cíl prozkoumat, zda se mění míra spasticity u osob na invalidním vozíku v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality. Byly sledovány úhly R1, R2, jejich rozdíl, stupeň spasticity X dle modifikované Tardieuho škály na plantárních flexorech hlezenních kloubů a flexorech kolenních kloubů obou dolních končetin. Dále byla hodnocena subjektivní míra spasticity probandů dle modifikované subjektivní škály spasticity. Byly definovány tři výzkumné otázky, ze kterých vycházelo sedm hypotéz.

Výzkumná otázka číslo jedna se ptala, jak se mění míra spasticity v důsledku desetiminutové pětidenní aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí. To bylo zkoumáno pomocí průměrů hodnot parametrů získaných dle modifikované Tardieuho škály poslední den studie, které byly porovnány s průměrnými hodnotami parametrů vstupních. Obě hypotézy vycházející z této výzkumné otázky však bylo nutno zamítnout, neboť podmínky nebyly splněny u všech sledovaných svalových skupin.

Druhá výzkumná otázka se poté zajímala, jak se mění okamžitá míra spasticity v důsledku desetiminutové aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí. Pro odpověď na tuto otázku bylo spočítáno i Cohenovo D a byly k ní definovány tři hypotézy. Ani jedna z těchto hypotéz však z různých příčin nemohla být potvrzena.

Poslední výzkumná otázka zkoumala, jakým způsobem dochází ke změně subjektivního vnímání míry spasticity v důsledku desetiminutové aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšní lézí. Zde byl hodnocen jak okamžitý efekt bezprostředně po aplikaci, tak i změna po pěti dnech intervence. Byly definovány dvě hypotézy vztahující se k dané otázce a obě hypotézy byly na základě získaných dat potvrzeny.

Virtuální realita jako taková má tedy prokazatelný motivační efekt na terapii, a i jejímu vlastnímu působení lze přičíst pozitivní výsledky. Tato práce přináší možný nástin případného využití aktivní virtuální reality s prvky interaktivní virtuální reality, jako potenciálního inovativního způsobu na ovlivnění spasticity nebo jejího

subjektivního vnímání u osob po míšní lézi. Výsledky je nutno podstoupit dalšímu, podrobnějšímu a rozsáhlejšímu výzkumu na větší skupině obyvatel, avšak i tato pilotní studie může naznačit obrovský potenciál, který v sobě terapie virtuální realitou skrývá.

Seznam použité literatury

- 1) 3D TECHNOLOGICKÁ KNIHOVNA - principy 3D stereoskopických zobrazení. *Gali-3D* [online]. 2011 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-3d/index.php>
- 2) ADAMOVICH, Sergei V., Gerard G. FLUET, Eugene TUNIK, Alma S. MERIANS, T. SINKJÆR a D.B. POPOVIĆ. Sensorimotor training in virtual reality: A review. *NeuroRehabilitation* [online]. 2009, **25**(1), 29-44 [cit. 2020-05-21]. DOI: 10.3233/NRE-2009-0497. ISSN 10538135.
- 3) ADAMS, M M a A L HICKS. Spasticity after spinal cord injury. *Spinal Cord* [online]. 2005, **43**(10), 577-586 [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1038/sj.sc.3101757. ISSN 1362-4393. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/3101757>
- 4) ADAMS, Melanie M., Kathleen A. Martin GINIS a Audrey L. HICKS. The Spinal Cord Injury Spasticity Evaluation Tool: Development and Evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2007, **88**(9), 1185-1192 [cit. 2020-05-10]. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.06.012. ISSN 00039993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999307004261>
- 5) AGIĆ, Ana, Ella MURSELI, Lidija MANDIĆ a Lea SKORIN – KAPOV. The impact of different navigation speeds on cybersickness and stress level in VR. *Journal of graphic engineering and design* [online]. 2020, **11**(1), 5-11 [cit. 2020-11-16]. ISSN 2217379X. Dostupné z: doi:10.24867/JGED-2020-1-005
- 6) AKPINAR, P, A ATICI, F U OZKAN, I AKTAS, D G KULCU, A SARI a B DURMUS. Reliability of the Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in patients with spinal cord injuries. *Spinal Cord* [online]. 2017, **55**(10), 944-949 [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.1038/sc.2017.48. ISSN 1362-4393. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/sc201748>
- 7) ALHUSAINI, Adel A. A., Catherine M. DEAN, Jack CROSBIE, Roberta B. SHEPHERD a Jenny LEWIS. *Journal of Child Neurology* [online]. 2010, **25**(10), 1242-1247 [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.1177/0883073810362266. ISSN 0883-0738. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0883073810362266>
- 8) AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2433-4.

- 9) AUKSTAKALNIS, Steve a David BLATNER. *Reálně o virtuální realitě: umění a věda virtuální reality*. Brno: Jota, 1994. Nové obzory (Jota). ISBN 80-856-1741-2.
- 10) BECKER, Lee A. Effect Size Calculators. University of Colorado Colorado Springs [online]. Colorado Springs, 2000 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <https://lbecker.uccs.edu/#means%20and%20standard%20deviations>
- 11) BARAM, Yoram. Virtual Sensory Feedback for Gait Improvement in Neurological Patients. *Frontiers in Neurology* [online]. 2013, 4 [cit. 2020-06-02]. DOI: 10.3389/fneur.2013.00138. ISSN 1664-2295. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2013.00138/abstract>
- 12) BARNES, M. P. a G. R. JOHNSON. *Upper motor neurone syndrome and spasticity: clinical management and neurophysiology*. 2. vyd. New York: Cambridge University Press, 2008, 253 s. ISBN 978-052-1689-786.
- 13) BERTOLINI, Giovanni a Dominik STRAUMANN. Moving in a Moving World: A Review on Vestibular Motion Sickness. *Frontiers in Neurology* [online]. 2016, 7 [cit. 2020-11-16]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: [doi:10.3389/fneur.2016.00014](https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00014)
- 14) BLACK, Laura a Deborah GAEBLER-SPIRA. Nonsurgical Treatment Options for Upper Limb Spasticity. *Hand Clinics* [online]. 2018, 34(4), 455-464 [cit. 2020-06-06]. DOI: 10.1016/j.hcl.2018.06.003. ISSN 07490712. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749071218300593>
- 15) BRDLIČKA, B. *Učení s počítačem: hypertextová učebnice - Virtuální realita* [online]. 1995 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <http://it.pedf.cuni.cz/~bobr/ucspoc/virtreal.htm>
- 16) BURDEA, G. C. Virtual Rehabilitation – Benefits and Challenges. *Methods of Information in Medicine* [online]. 2003, 42(05), 519-523 [cit. 2020-06-02]. DOI: 10.1055/s-0038-1634378. ISSN 0026-1270. Dostupné z: https://pdfs.semanticscholar.org/7ad6/4686b8a2f8a19cff4cb99307f5a3f566dda3.pdf?_ga=2.10559165.887456169.1591103867-1676305637.1591103867
- 17) BUSHOV, Yu.V., M.V. SVETLIK, E.A. ESIPENKO, S.I. KARTASHOV, V.A. ORLOV a V.L. USHAKOV. The Activity of Human Mirror Neurons during Observation and Time Perception. *Sovremennye tehnologii v medicine* [online]. 2019, 11(1) [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.17691/stm2019.11.1.08. ISSN 20764243. Dostupné z: <http://www.stm-journal.ru/en/numbers/2019/1/1508>

- 18) CASTRO, Antonio, Fernando DÍAZ a Alex SUMICH. Long-term neuroplasticity in spinal cord injury patients: A study on movement-related brain potentials. *International Journal of Psychophysiology* [online]. 2013, **87**(2), 205-214 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2013.01.012. ISSN 01678760. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167876013000275>
- 19) CRAMER, Steven C., Elizabeth L. R. ORR, Michael J. COHEN a Michael G. LACOURSE. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Experimental Brain Research* [online]. 2007, **177**(2), 233-242 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1007/s00221-006-0662-9. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-006-0662-9>
- 20) CROSBIE, J. H., S. LENNON, J. R. BASFORD a S. M. MCDONOUGH. Virtual reality in stroke rehabilitation: Still more virtual than real. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2007, **29**(14), 1139-1146 [cit. 2020-06-02]. DOI: 10.1080/09638280600960909. ISSN 0963-8288. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638280600960909>
- DIETZ, V. a K. FOUAD. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain* [online]. 2014, **137**(3), 654-667 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1093/brain/awt262. ISSN 0006-8950. Dostupné z: <https://academic.oup.com/brain/article-lookup/doi/10.1093/brain/awt262>
- 21) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8.
- 22) DE ARAÚJO, Amanda Vitória Lacerda, Jaqueline Freitas de Oliveira NEIVA, Carlos Bandeira de Mello MONTEIRO a Fernando Henrique MAGALHÃES. Efficacy of Virtual Reality Rehabilitation after Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *BioMed Research International* [online]. 2019, **2019**, 1-15 [cit. 2020-07-05]. DOI: 10.1155/2019/7106951. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2019/7106951/>
- 23) DING, Yuemin, Abba KASTIN a Weihong PAN. Neural Plasticity After Spinal Cord Injury. *Current Pharmaceutical Design* [online]. 2005, **11**(11), 1441-1450 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.2174/1381612053507855. ISSN 13816128.
- 24) DOLEŽEL, Jan. Traumatická léze míšní. *Urologie pro praxi* [online]. 2004, 31. 12. 2004, (4), 146-155 [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.urologiepropraxi.cz/pdfs/uro/2004/04/02.pdf>

- 25) EHLER, Edvard. Spasticita – klinické škály. *Neurologie pro praxi* [online]. 2015, **16**(1), 20-23 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/01/05.pdf>
- 26) FALISSE, Antoine, Lynn BAR-ON, Kaat DESLOOVERE, Ilse JONKERS, Friedl DE GROOTE a Riccardo DI GIMINIANI. A spasticity model based on feedback from muscle force explains muscle activity during passive stretches and gait in children with cerebral palsy. *PLOS ONE* [online]. 2018, **13**(12) [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1371/journal.pone.0208811. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0208811>
- 27) FLEUREN, J F M, G E VOERMAN, C V ERREN-WOLTERS, G J SNOEK, J S RIETMAN, H J HERMENS a A V NENE. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [online]. 2009, **81**(1), 46-52 [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.1136/jnnp.2009.177071. ISSN 0022-3050. Dostupné z: <http://jnnp.bmj.com/cgi/doi/10.1136/jnnp.2009.177071>
- 28) FUNG, Joyce, Carol L. RICHARDS, Francine MALOUIN, Bradford J. MCFADYEN a Anouk LAMONTAGNE. A Treadmill and Motion Coupled Virtual Reality System for Gait Training Post-Stroke. *Cyberpsychol Behav.* [online]. 2006, **9**(2), 157-162 [cit. 2020-05-12]. DOI: 10.1089/cpb.2006.9.157. ISSN 1094-9313. Dostupné z: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cpb.2006.9.157>
- 29) GAVGANI, Alireza Mazloumi, Deborah M. HODGSON, Eugene NALIVAICO a Manabu SAKAKIBARA. Effects of visual flow direction on signs and symptoms of cybersickness. *PLOS ONE* [online]. 2017, **12**(8) [cit. 2020-11-17]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0182790
- 30) GAVGANI, Alireza Mazloumi, Frederick R. WALKER, Deborah M. HODGSON a Eugene NALIVAICO. A comparative study of cybersickness during exposure to virtual reality and “classic” motion sickness: are they different? *Journal of Applied Physiology* [online]. 2018, **125**(6), 1670-1680 [cit. 2020-11-15]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/japplphysiol.00338.2018
- 31) GLEN, Stephanie. Cohen’s D: Definition, Examples, Formulas. *Statistics How To* [online]. 2016 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <https://www.statisticshowto.com/cohens-d/>
- 32) HAUGH, A. B., A. D. PANDYAN a G. R. JOHNSON. A systematic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2006, **28**(15), 899-907 [cit. 2020-05-08]. DOI:

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638280500404305>

- 33) HÁKOVÁ, Renata a Jiří KŘÍŽ. Spinal Shock – from Pathophysiology to Clinical Manifestation. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2015, **78/111**(3), 263-267 [cit. 2019-12-17]. DOI: 10.14735/amcsnn2015263. ISSN 12107859. Dostupné z: <http://www.csnn.eu/en/czech-slovak-neurology-article/spinal-shock-from-pathophysiology-to-clinical-manifestation-52139>
- 34) HANAKAWA, Takashi. Organizing motor imageries. *Neuroscience Research* [online]. 2016, **104**, 56-63 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1016/j.neures.2015.11.003. ISSN 01680102. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168010215002837>
- 35) HOLUBÁŘOVÁ, Jiřina a Dagmar PAVLŮ. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1294-2.
- 36) HRABÁLEK, Lumír. *Poranění páteře a míchy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2842-0.
- 37) HOTZ-BOENDERMAKER, Sabina, Marion FUNK, Paul SUMMERS, Peter BRUGGER, Marie-Claude HEPP-REYMOND, Armin CURT a Spyros S. KOLLIAS. Preservation of motor programs in paraplegics as demonstrated by attempted and imagined foot movements. *NeuroImage* [online]. 2008, **39**(1), 383-394 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.07.065. ISSN 10538119. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S10538119070006945>
- 38) CHI, B., B. CHAU, E. YEO a P. TA. Virtual reality for spinal cord injury-associated neuropathic pain: Systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2019, **62**(1), 49-57 [cit. 2020-05-25]. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.09.006. ISSN 18770657. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065718314532>
- 39) JANKOWSKA, E a I HAMMAR. Spinal interneurons; how can studies in animals contribute to the understanding of spinal interneuronal systems in man? *Brain Research Reviews* [online]. 2002, **40**(1-3), 19-28 [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1016/S0165-0173(02)00185-6. ISSN 01650173. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165017302001856>
- 40) JECH, Robert. Klinické aspekty spasticity. *Neurologie pro praxi* [online]. 2015, **16**(1), 14-19 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/01/04.pdf>

- 41) JORDAN, Melissa a Elizabeth J. RICHARDSON. *Effects of Virtual Walking Treatment on Spinal Cord Injury–Related Neuropathic Pain: Pilot Results and Trends Related to Location of Pain and At-Level Neuronal Hypersensitivity* [online]. 2016 [cit. 2020-07-05]. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000417. ISSN 0894-9115. Dostupné z: <http://journals.lww.com/00002060-9000000000-98990>
- 42) KAŇOVSKÝ, Petr. Patofyziologie spasticity. *Neurologie pro praxi* [online]. 2015, **16**(1), 10-13 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/01/03.pdf>
- 43) KAŇOVSKÝ, Petr, Martin BAREŠ a Jaroslav DUFEK. *Spasticita: mechanismy, diagnostika, léčba*. Praha: MAXDORF, 2004. Jessenius. ISBN 80-734-5042-9.
- 44) KHEDER, Ammar a Krishnan Padmakumari Sivaraman NAIR. Spasticity: pathophysiology, evaluation and management. *Practical Neurology* [online]. 2012, **12**(5), 289-298 [cit. 2020-05-11]. DOI: 10.1136/practneurol-2011-000155. ISSN 1474-7758. Dostupné z: <http://pn.bmj.com/lookup/doi/10.1136/practneurol-2011-000155>
- 45) KIZONY, Rachel, Liat RAZ, Noomi KATZ, Harold WEINGARDEN a Patrice L. Tamar WEISS. Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury. *The Journal of Rehabilitation Research and Development* [online]. 2005, **42**(5) [cit. 2020-06-05]. DOI: 10.1682/JRRD.2005.01.0023. ISSN 0748-7711. Dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/05/42/5/kizony.html>
- 46) KOCH, Andreas, Ingolf CASCORBI, Martin WESTHOFEN, Manuel DAFOTAKIS, Sebastian KLAPA a Johann Peter KUHTZ-BUSCHBECK. The Neurophysiology and Treatment of Motion Sickness. *Deutsches Arzteblatt Online* [online]. 2018 [cit. 2020-11-17]. ISSN 1866-0452. Dostupné z: [doi:10.3238/arztebl.2018.0687](https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0687)
- 47) KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 48) KOLÁŘ, P. Spasticita u dětské mozkové obrny (DMO). *Rehabilitace a Fyzikální Lékarství* [online]. 2015, **22**(3), 148-153 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=b85ae685-5e87-497b-93a5-291a1da9fa80%40pdc-v-sessmgr01>

- 49) KRÍŽ, Jiří. *Poranění míchy: příčiny, důsledky, organizace péče*. Praha: Galén, [2019]. Rehabilitační a fyzikální terapie. ISBN 978-80-7492-424-8.
- 50) KRÍŽ, Jiří a Zdeňka FALTÝNKOVÁ. *Léčba a rehabilitace pacientů s míšní lézí : příručka pro praktické lékaře*. Česká asociace paraplegiků - CZEPA. Praha, 2012.
- 51) KRÍŽ, Jiří a Šárka CHVOSTOVÁ. Vyšetřovací a rehabilitační postupy u pacientů po míšní lézi. *Neurologie pro praxi* [online]. 2009, **10**(3), 143-147 [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2009/03/05.pdf>
- 52) KRÍŽ, Jiří a Zdeňka HLINKOVÁ. Neurorehabilitation of Sensorimotor Function after Spinal Cord Injury. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2016, **79/112**(4), 378-394 [cit. 2020-05-12]. DOI: 10.14735/amcsnn2016378. ISSN 12107859. Dostupné z: <http://www.csnn.eu/en/czech-slovak-neurology-article/neurorehabilitation-of-sensorimotor-function-after-spinal-cord-injury-58731>
- 53) KRÍŽ, Jiří a Veronika HYŠPERSKÁ. Rizikové stavy u pacientů v chronické fázi po poškození míchy. *Neurologie pro praxi* [online]. 2009, **10**(3), 137-142 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2009/03/03.pdf>
- 54) LANCE J. W. Spasticity: disordered motor control. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP, editors. Symposium synopsis. Chicago: Yearbook Medical; 1980: 485–494.
- 55) LAVALLE, Steven. Virtual reality [online]. Cambridge University Press, 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://lavalle.pl/vr/vrbooka4.pdf>
- 56) LEUNG, Alexander KC a Kam Lun HON. Motion sickness: an overview. *Drugs in Context* [online]. 2019, 8, 1-11 [cit. 2020-11-16]. ISSN 17404398. Dostupné z: doi:10.7573/dic.2019-9-4
- 57) LUQUE-MORENO, Carlos, Alejandro FERRAGUT-GARCÍAS, Cleofás RODRÍGUEZ-BLANCO, Alberto Marcos HEREDIA-RIZO, Jesús OLIVA-PASCUAL-VACA, Pawel KIPER a Ángel OLIVA-PASCUAL-VACA. A Decade of Progress Using Virtual Reality for Poststroke Lower Extremity Rehabilitation: Systematic Review of the Intervention Methods. *BioMed Research International* [online]. 2015, **2015**, 1-7 [cit. 2020-06-05]. DOI: 10.1155/2015/342529. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/342529/>
- 58) LUQUE-MORENO, Carlos, Fátima CANO-BRAVO, Pawel KIPER, Ignacio SOLÍS-MARCOS, Jose A. MORAL-MUNOZ, Michela AGOSTINI, Ángel

- OLIVA-PASCUAL-VACA a Andrea TUROLLA. Reinforced Feedback in Virtual Environment for Plantar Flexor Poststroke Spasticity Reduction and Gait Function Improvement. *BioMed Research International* [online]. 2019, **2019**, 1-9 [cit. 2020-07-05]. DOI: 10.1155/2019/6295263. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2019/6295263/>
- 59) LYNKEY, James V. Activity-dependent plasticity in spinal cord injury. *The Journal of Rehabilitation Research and Development* [online]. 2008, **45**(2), 229-240 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1682/JRRD.2007.03.0047. ISSN 07487711. Dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/08/45/2/pdf/Lynskey.pdf>
- 60) MAEDA, Fumiko, Galit KLEINER-FISMAN a Alvaro PASCUAL-LEONE. Motor Facilitation While Observing Hand Actions: Specificity of the Effect and Role of Observer's Orientation. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2002, **87**(3), 1329-1335 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1152/jn.00773.2000. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.00773.2000>
- 61) MCCLOY, R. a R. STONE. Science, medicine, and the future: Virtual reality in surgery. *BMJ* [online]. 2001, **323**(7318), 912-915 [cit. 2020-05-21]. DOI: 10.1136/bmj.323.7318.912. ISSN 0959-8138. Dostupné z: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.323.7318.912>
- 62) MELLET-D'HUART, Daniel. Virtual Reality for Training and Lifelong Learning. *Themes in science and technology education*. 2009, Special Issue, 185-224.
- 63) MLÍKA, R., M. JANURA a M. Mayer. Virtuální realita a rehabilitace. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2005, (3), 112-118 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2005-3/virtualni-realita-a-rehabilitace-5366>
- 64) MORRIS, Susan Louisa a Gavin WILLIAMS. A historical review of the evolution of the Tardieu Scale. *Brain Injury* [online]. 2018, **32**(5), 665-669 [cit. 2020-03-26]. DOI: 10.1080/02699052.2018.1432890. ISSN 0269-9052. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02699052.2018.1432890>
- 65) MULDER, Th. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* [online]. 2007, **114**(10), 1265-1278 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1007/s00702-007-0763-z. ISSN 0300-9564. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00702-007-0763-z>
- 66) NÁHLOVSKÝ, Jiří. *Neurochirurgie*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2319-2.

- 67) NOONAN, Vanessa, Mathew QUERÉE a John ZHU. Spinal Cord Injury Spasticity Evaluation Tool (SCI-SET). *Spinal cord injury research evidence* [online]. 2017 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/spinal-cord-injury-spasticity-evaluation-tool-sci-set/#1467983894080-2c29ca8d-88af>
- 68) Oculus Quest. In: *Zboží.cz* [online]. [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/oculus-quest/>
- 69) OH, Young-Bin, Gi-Wook KIM, Kap-Soo HAN, Yu Hui WON, Sung-Hee PARK, Jeong-Hwan SEO a Myoung-Hwan KO. Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2019, **100**(8), 1400-1408 [cit. 2020-06-06]. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.03.013. ISSN 00039993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999319302436>
- 70) OZTOP, Erhan, Mitsuo KAWATO a Michael A. ARBIB. Mirror neurons: Functions, mechanisms and models. *Neuroscience Letters* [online]. 2013, **540**, 43-55 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1016/j.neulet.2012.10.005. ISSN 03043940. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304394012013183>
- 71) PATRICK, Emily a Louise ADA. The Tardieu Scale differentiates contracture from spasticity whereas the Ashworth Scale is confounded by it. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2006, **20**(2), 173-182 [cit. 2020-05-08]. DOI: 10.1191/0269215506cr922oa. ISSN 0269-2155. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1191/0269215506cr922oa>
- 72) Practical resources. *Academy of neurologic physical therapy* [online]. 2018 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.neuropt.org/practice-resources/neurology-section-outcome-measures-recommendations/spinal-cord-injury>
- 73) POLÁK, A., D. PÁNEK a D. PAVLŮ. První zkušenosti s virtuální realitou v terapii míšních lézí. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2017, **24**(2), 116-122 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2017-2/prvni-zkusenosti-s-virtualni-realitou-v-terapii-misnich-lezi-61308>
- 74) PRASAD, Somya, Ruby AIKAT, Satyanarayana LABANI a Neha KHANNA. Efficacy of Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation in Patients with Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Asian Spine Journal* [online]. 2018, **12**(5), 927-934 [cit. 2020-07-05]. DOI: 10.31616/asj.2018.12.5.927. ISSN

- 1976-1902. Dostupné z:
<http://asianspinejournal.org/journal/view.php?doi=10.31616/asj.2018.12.5.927>
- 75) RIZZOLATTI, Giacomo a Laila CRAIGHERO. THE MIRROR-NEURON SYSTEM. *Annual Review of Neuroscience* [online]. 2004, **27**(1), 169-192 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230. ISSN 0147-006X. Dostupné z:
<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- 76) ŘASOVÁ, Kamila. *Fyzioterapie u neurologicky nemocných (se zaměřením na roztroušenou sklerózu mozkomíšní)*. Praha: Ceros, 2007. ISBN 978–80–239–9300–4.
- 77) SILVA, Nuno A., Nuno SOUSA, Rui L. REIS a António J. SALGADO. From basics to clinical: A comprehensive review on spinal cord injury. *Progress in Neurobiology* [online]. 2014, **114**, 25-57 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2013.11.002. ISSN 03010082. Dostupné z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301008213001196>
- 78) STINEAR, Cathy M., Winston D. BYBLOW, Maarten STEYVERS, Oron LEVIN a Stephan P. SWINNEN. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental Brain Research* [online]. 2006, **168**(1-2), 157-164 [cit. 2020-05-16]. DOI: 10.1007/s00221-005-0078-y. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-005-0078-y>
- 79) ŠÁMAL, Filip, Martin OUZSKÝ a Pavel HANINEC. Míšní léze z pohledu neurochirurga. *Neurologie pro praxi* [online]. 2017, **18**(6), 386-388 [cit. 2019-12-04]. ISSN 1803-5280. Dostupné z:
<https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2017/06/06.pdf>
- 80) ŠMAHAJ, Jan a Roman PROCHÁZKA. Virtuální realita jako možnost léčby úzkostných poruch. *Československá psychologie* [online]. 2014, **58**(6), 571-579 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/270507452_Virtualni_realita_jako_moznost_lecby_uzkostnych_poruch_Virtual_reality_as_alternative_for_anxiety_disorder_s_treatment
- 81) ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana. Léčba spasticity u chronického míšního poranění. *Neurologie pro praxi* [online]. 2009, **10**(3), 148-152 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2009/03/04.pdf>

- 82) ŠTĚTKÁŘOVÁ, I. Mechanizmy spasticity a její hodnocení. *Neurologie a neurochirurgie* [online]. 2013, (3), 267-280 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: http://www.csmn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/mechanizmy-spasticity-a-jeji-hodnoceni-40575?confirm_rules=1
- 83) ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana, Edvard EHLER a Robert JECH. *Spasticita a její léčba*. Praha: Maxdorf, c2012. Jessenius. ISBN 978-807-3453-022.
- 84) TURELLA, L, A PIERNO, F TUBALDI a U CASTIELLO. Mirror neurons in humans: Consisting or confounding evidence? *Brain and Language* [online]. 2009, **108**(1), 10-21 [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1016/j.bandl.2007.11.002. ISSN 0093934X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093934X0700291X>
- 85) VACEK, Jan, Ivana WURSTOVÁ, Jiří KŘÍŽ, Martina HOSKOVCOVÁ, Yvona ANGEROVÁ a Alena KOBESOVÁ. *Léčebná rehabilitace u neurologických diagnóz*. Praha: Raabe, [2017]. Rehabilitační a fyzikální terapie. ISBN 978-80-7496-309-4.
- 86) VOJTA, Václav a Annegret PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-
- 87) WEECH, Séamas, Jessy Parokaran VARGHESE a Michael BARNETT-COWAN. Estimating the sensorimotor components of cybersickness. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2018, 120(5), 2201-2217 [cit. 2020-11-16]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00477.2018
- 88) WENDSCHE, Peter. *Poranění míchy: ucelená ošetrovatelsko-rehabilitační péče*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2009. ISBN 978-80-7013-504-4.
- 89) WRIGHT, W. Geoffrey. Using virtual reality to augment perception, enhance sensorimotor adaptation, and change our minds. *Frontiers in Systems Neuroscience* [online]. 2014, **8** [cit. 2020-05-21]. DOI: 10.3389/fnsys.2014.00056. ISSN 1662-5137. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnsys.2014.00056/abstract>
- 90) XIAO, Chengwei, Jiaqi YE, Rui Máximo ESTEVES a Chunming RONG. Using Spearman's correlation coefficients for exploratory data analysis on big dataset. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* [online]. 2016, **28**(14), 3866-3878 [cit. 2020-07-03]. DOI: 10.1002/cpe.3745. ISSN 15320626. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/cpe.3745>

- 91) ŽÁRA, Jiří. *Moderní počítačová grafika*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0454-0.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Syndrom centrálního motoneuronu - začarovaný trojúhelník (Jech, 2015) ..	42
Obrázek 2 Přehled preventivních a terapeutických rehabilitačních postupů u nemocných se syndromem centrálního motoneuronu (Štětkářová, 2013)	55
Obrázek 3 Laterální pohled na mozek opic s oblastmi zapojení zrcadlových neuronů (Rizzolatti & Craighero, 2004)	61
Obrázek 4 Brýle Oculus Quest (převzato ze Zboží.cz)	78
Obrázek 5 Pohled na virtuální park 1 (autorské foto).....	79
Obrázek 6 Pohled na virtuální park 2 (autorské foto).....	80
Obrázek 7 Pohled na tělo při chůzi (autorské foto)	80

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry jednotlivých probandů.....	77
Tabulka 2 Naměřené hodnoty jednotlivých parametrů dle Tardieuého škály.....	87
Tabulka 3 Hodnota věcné významnosti – Cohenovo d	102

Seznam grafů

Graf 1 Hodnoty úhlu R1 v jednotlivých dnech intervence – plantární flexory	88
Graf 2 Hodnoty úhlu R1 v jednotlivých dnech intervence – flexory kolene.....	89
Graf 3 Hodnoty úhlu R2 v jednotlivých dnech intervence – plantární flexory	90
Graf 4 Hodnoty úhlu R2 v jednotlivých dnech intervence – flexory kolene.....	91
Graf 5 Hodnoty rozdílu úhlu R1-R2 v jednotlivých dnech intervence.....	92
Graf 6 Hodnoty stupně X v jednotlivých dnech intervence.....	93
Graf 7 Velikost úhlu R1 před a po intervenci - 3. den.....	94
Graf 8 Velikost úhlu R1 před a po intervenci - 5. den.....	95
Graf 9 Velikost úhlu R2 před a po intervenci - 3. den.....	96
Graf 10 Velikost úhlu R2 před a po intervenci - 5. den.....	97
Graf 11 Velikost rozdílu úhlů R1-R2 před a po intervenci - 3. den	98
Graf 12 Velikost rozdílu úhlů R1-R2 před a po intervenci - 5. den	99
Graf 13 Velikost stupně spasticity X před a po intervenci - 3. den	100
Graf 14 Velikost stupně spasticity X před a po intervenci - 5. den	101
Graf 15 Hodnoty subjektivní škály spasticity jednotlivých probandů v jednotlivých dnech intervence	103
Graf 16 Hodnoty subjektivní škály spasticity jednotlivých probandů před a po intervenci v jednotlivých dnech intervence	104

Přílohy

Seznam příloh

Příloha č. 1 Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

Příloha č. 3 Vyjádření etické komise Centra Paraple

Příloha č. 4 Tardiého škála (Štětkářová, 2013)

Příloha č. 5 Tabulky celkových naměřených vstupních hodnot všech sedmi probandů

Příloha č. 6 Tabulky celkových naměřených hodnot probandů, účastníků se celé studie

Příloha č. 1 Vyjádření etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Zhodnocení míry spasticity u jedinců na invalidním vozíku sledujících pohyb ve virtuální realitě

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: červenec 2019 – březen 2020

Předkladatel: Bc. Zuzana Chalupová

Hlavní řešitel: Bc. Zuzana Chalupová

Místo výzkumu (pracoviště): v domácím prostředí respondenta

Vedoucí práce: PhDr. Klára Daďová, Ph.D

Popis projektu: Cílem diplomové je prozkoumat, zda se u osob sledujících pohyb ve virtuální realitě mění míra spasticity. Budou hodnoceny osoby, které budou sledovat pohyb ve virtuální realitě. Jako metoda pro dosažení daného cíle bylo vybráno hodnocení spasticity dle Tardiého škály.

Charakteristika účastníků výzkumu: Respondenti budou plnoleté osoby na vozíčku, ve věku 18-60 let, trpící spasticitou minimálně po dobu 2 let, psychicky kompenzovaní. Bude se jednat o případovou studii, kdy počet respondentů bude 2. Respondenti budou vybíráni řešitelem diplomové práce po konzultaci s vedoucím práce a konzultantem dané práce. Kontraindikacemi pro zařazení do výzkumu jsou epilepsie, závažná onemocnění vestibulárního systému, migrenózní vertigo a tranzitorní ischemické ataky.

Zajištění bezpečnosti: Hodnocení spasticity Tardiého škálou je neinvazivní metoda nenáročná na vybavení. Měření bude probíhat v klidné místnosti, kde respondentům nehrozí žádné nebezpečí. Taktéž virtuální realita je neinvazivní metoda, spočívající ve sledování předem nahraného programu.

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Neanonymizované údaje bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru. Anonymizace osobních dat bude provedena do jednoho dne po testování. Po anonymizaci budou bezprostředně osobní data smazána.

V případě pořízení fotografií bude anonymizace osob na fotografiích provedena začerněním/rozmažáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou bezpečně uchovány a po ukončení výzkumu smazány.

Během výzkumu nebude pořizován žádný videozáznam.

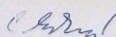
V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu: příložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 13. 6. 2019

Podpis předkladatele: 

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

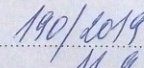
Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

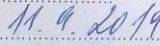
doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

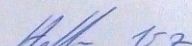
Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 

dne: 

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Resoluce komise: **Etická komise UK FTVS rozhodla, že tento projekt splňuje podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.**

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6


podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce na UK FTVS s názvem Zhodnocení míry spasticity u jedinců na invalidním vozíku sledujících pohyb ve virtuální realitě, prováděném v domácím prostředí respondenta.

Cílem diplomové práce je prozkoumat, zda se u osob sledujících pohyb ve virtuální realitě mění míra spasticity. Budou hodnoceny osoby na vozíčku, sledující pohyb ve virtuální realitě. Jako metoda pro dosažení daného cíle bylo vybráno hodnocení spasticity dle Tardiého škály. Jedná se o neinvazivní metodu, kdy zaučený fyzioterapeut provede měření před každou jednou intervencí virtuální realitou a také těsně po ní. Každá intervence bude trvat 10 minut a spolu s měřením Vám zabere přibližně půl hodiny ze dne. Testování hodnotí rychlost pohybu a úhel v kloubu, při kterém se spasticita projeví, v rámci testování tedy spastická odpověď bude vyvolána, což může být spojeno s nepříjemnými pocity, které spasticitu provázejí.

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Kontraindikacemi pro zařazení do výzkumu jsou epilepsie, závažná onemocnění vestibulárního systému, migrenózní vertigo a tranzitorní ischemické ataky a akutní onemocnění.

Přínosem této diplomové práce bude možné zjištění, zda lze virtuální realitou ovlivnit spasticitu a případně jaká změna ve spastické odpovědi nastane po dané intervenci.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit ve studentském informačním systému (SIS), v nebo na e-mail adrese: chalupova.zuz@gmail.com

Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Neanonymizované údaje budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru. Anonymizace osobních dat bude provedena do jednoho dne po testování. Po anonymizaci budou bezprostředně osobní data smazána.

V případě pořízení fotografií bude anonymizace osob na fotografiích provedena začerněním/rozmažáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou bezpečně uchovány a po ukončení výzkumu smazány.

Během výzkumu nebude pořizován žádný videozáznam.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Zuzana Chalupová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Zuzana Chalupová Podpis:

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 3 Vyjádření etické komise Centra Paraple



Stanovisko Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

- datum jednání komise:

29. 8. 2019

- účast členů komise na jednání:

Mgr. Lenka Honzátková, Mgr. Tomáš Drábek, Bc. Ivana Kučerová, Bc. Barbora Rusínová, Mgr. Petra Dáňová

- identifikační údaje:

Porovnání míry spasticity u sportujících a nesportujících jedinců na invalidním vozíku pomocí Modifikované Tardiého škály – Bc. Zuzana Chalupová

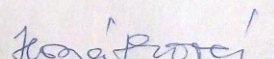
- vyjádření komise a stanovisko:

jednomyslný souhlas

Etická komise Centra Paraple, o.p.s., zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodní směrnice pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky. Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

Předkládaný projekt byl schválen Etickou komisí Centra Paraple, o.p.s.

V Praze dne 29. 8. 2019


podpis předsedkyně EK CP

Příloha č. 4 Tardiého škála (Štětkařová, 2013)

Zásady

- testování je vždy ve stejnou denní dobu
- vždy se zachovává stejná poloha těla při testování dané končetiny
- klouby (včetně šije) jsou stále ve stejné poloze při vyšetření i při testování různých pohybových segmentů.
- pro každou svalovou skupinu se kontrakce svalu hodnotí při specifických rychlostech protažení se dvěma parametry (X a Y)

Rychlosti protažení

V1: co nejpomalejší (pomalejší než pokles končetin ve směru gravitace)

V2: rychlost segmentu končetin při pádu končetiny na podkladě gravitace

V3: co nejrychlejší (rychlejší než pád končetiny ve směru gravitace). Pokud se jednou tato rychlost použije, má se použít vždy při následujícím měření

Kvalita kontrakce svalu (X)

0: bez odporu v průběhu pasivního pohybu

1: mírný odpor v průběhu pasivního pohybu bez jasného záškubu v určitém úhlu

2: jasný záškube („catch“) v určitém úhlu, který přerušuje pasivní pohyb a je následován uvolněním („release“)

3: vyčerpávající se klonus (méně než 10 sekund při zachování síly protažení) v určitém úhlu

4: nevyčerpávající se klonus (více než 10 sekund při trvajícím protažení svalu) v určitém úhlu

Úhel reakce (kontrakce) svalu (Y)

- měří se vzhledem k poloze svalu při minimálním protažení svalu (odpovídá úhlu 0) pro všechny klouby s výjimkou kyčle, kde závisí od jeho klidové polohy
- dolní končetiny se mají testovat v poloze na zádech v doporučených polohách kloubů a v doporučených rychlostech.

Příloha č. 5 Tabulky celkových naměřených vstupních hodnot všech sedmi probandů

Proband	Úvodní							
	LEVÁ							
	Plantární flexory				Flexory kolene			
	YV1 (R2)	YV3 (R1)	R1-R2	Stupeň X	YV1 (R2)	YV3 (R1)	R1-R2	Stupeň X
JO	80	75	5	2	145	130	15	2
MS	90	85	5	2	135	110	25	2
TV	85	80	5	2	140	130	10	2
MK	70	70	0	0	155	130	25	2
LK	80	80	0	1	135	110	25	2
LB	90	80	10	2	140	85	55	2
MT	80	80	0	1	90	80	10	2
Průměr	82,14	78,57	3,57	1,43	134,29	110,71	23,57	2,00
SD	6,47	4,40	3,50	0,73	19,17	19,72	14,32	0,00

Proband	Úvodní							
	PRAVÁ							
	Plantární flexory				Flexory kolene			
	YV1 (R2)	YV3 (R1)	R1-R2	Stupeň X	YV1 (R2)	YV3 (R1)	R1-R2	Stupeň X
JO	60	60	0	1	140	125	15	2
MS	80	75	5	2	140	125	15	2
TV	80	80	0	1	120	120	0	0
MK	60	60	0	0	160	130	30	2
LK	80	70	10	2	130	110	20	2
LB	80	60	20	2	130	90	40	2
MT	70	70	0	1	110	100	10	2
Průměr	72,86	67,86	5,00	1,29	132,86	114,29	18,57	1,71
SD	8,81	7,49	7,07	0,70	14,85	13,74	12,16	0,70

Proband	Subj
JO	3
MS	3
TV	6
MK	3
LK	4
LB	5
MT	3
Průměr	3,86
SD	1,12

Příloha č. 6 Tabulky celkových naměřených hodnot probandů, účastníků se celé studie

Proband	LEVÁ									
	Plantární flexory hlezna									
	YV1 (R2)					YV3 (R1)				
	Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
		Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
JO	80	70	80	70	70	75	70	80	60	70
MS	90	80	80	80	75	85	80	80	80	75
TV	85	85	75	80	80	80	85	75	80	80
MK	70	70	65	65	65	70	70	65	65	65
Průměr	81,25	76,25	75	73,75	72,5	77,5	76,25	75	71,25	72,5
SD	7,4	6,5	6,1	6,5	5,6	5,6	6,5	6,1	8,9	5,6

LEVÁ									
Plantární flexory hlezna									
R1-R2					Stupeň X				
Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
	Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
5	0	0	10	0	2	1	1	2	1
5	0	0	0	0	2	1	0	0	0
5	0	0	0	0	2	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,75	0	0	2,5	0	1,5	0,75	0,25	0,5	0,25
2,2	0,0	0,0	4,3	0,0	0,9	0,4	0,4	0,9	0,4

Proband	LEVÁ									
	Flexory kolene									
	YV1 (R2)					YV3 (R1)				
	Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
		Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
JO	145	140	150	135	135	130	140	145	125	135
MS	135	150	145	130	130	110	125	125	120	120
TV	140	135	130	130	130	130	130	130	130	130
MK	155	165	160	160	150	130	150	150	160	150
Průměr	143,75	147,5	146,25	138,75	136,25	125	136,25	137,5	133,75	133,75
SD	7,4	11,5	10,8	12,4	8,2	8,7	9,6	10,3	15,6	10,8

LEVÁ									
Flexory kolene									
R1-R2					Stupeň X				
Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
	Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
15	0	5	10	0	2	0	2	2	0
25	25	20	10	10	2	2	2	2	2
10	5	0	0	0	2	2	1	1	0
25	15	10	0	0	2	2	2	0	0
18,75	11,25	8,75	5	2,5	2	1,5	1,75	1,25	0,5
6,5	9,6	7,4	5,0	4,3	0,0	0,9	0,4	0,8	0,9

Proband	PRAVÁ									
	Plantární flexory hlezna									
	YV1 (R2)					YV3 (R1)				
	Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
		Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
JO	60	60	65	70	75	60	60	65	70	75
MS	80	80	80	80	80	75	80	80	80	80
TV	80	85	80	90	90	80	80	80	85	80
MK	60	65	60	65	55	60	60	60	45	55
Průměr	70	72,5	71,25	76,25	75	68,75	70	71,25	70	72,5
SD	10,0	10,3	8,9	9,6	12,7	8,9	10,0	8,9	15,4	10,3

PRAVÁ									
Plantární flexory hlezna									
R1-R2					Stupeň X				
Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
	Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
5	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	5	0	5	10	1	2	1	3	3
0	5	0	20	0	0	2	1	2	1
1,25	2,5	0	6,25	2,5	1	1,25	0,75	1,5	1
2,2	2,5	0,0	8,2	4,3	0,7	0,8	0,4	1,1	1,2

Proband	PRAVÁ									
	Flexory kolene									
	YV1 (R2)					YV3 (R1)				
	Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
		Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
JO	140	145	160	150	145	125	145	150	135	145
MS	140	150	145	130	130	125	140	140	120	120
TV	120	135	135	130	130	120	120	125	130	130
MK	160	160	155	150	155	130	145	155	150	155
Průměr	140	147,5	148,75	140	140	125	137,5	142,5	133,75	137,5
SD	14,1	9,0	9,6	10,0	10,6	3,5	10,3	11,5	10,8	13,5

PRAVÁ									
Flexory kolene									
R1-R2					Stupeň X				
Úvod	Střední		Závěrečné		Úvod	Střední		Závěrečné	
	Před	Po	Před	Po		Před	Po	Před	Po
15	0	10	15	0	2	1	2	2	0
15	10	5	10	10	2	2	2	2	2
0	15	10	0	0	0	2	2	1	0
30	15	0	0	0	2	2	1	0	0
15	10	6,25	6,25	2,5	1,5	1,75	1,75	1,25	0,5
10,6	6,1	4,1	6,5	4,3	0,9	0,4	0,4	0,8	0,9

Proband	Subjektivně				
	Úvod	Střední		Závěrečné	
		Před	Po	Před	Po
JO	3	3	2	2	1
MS	3	2	2	1	1
TV	6	6	4	5	3
MK	3	3	2	0	0
Průměr	3,75	3,5	2,5	2	1,25
SD	1,3	1,5	0,9	1,9	1,1