

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, červenec 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 dvě případové studie probandů s diagnózou spastické paraplegie v důsledku nekompletní léze míšni. Oba probandi byli podrobeni terapeutickému programu virtuální reality, kdy každá intervence zahrnovala 30 minut v daném terapeutickém programu. Intervence probíhaly 10 po sobě jdoucích dnů u prvního probanda a 5 po sobě jdoucích dnů u probanda druhého. Byla hodnocena míra spasticity před a po každé jednotlivé intervenci, a to 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 vždy před a po intervenci terapeutickým videem.

**Výsledky:** V rámci práce bylo definováno sedm hypotéz, z nichž tři byly potvrzeny. Nejvýrazněji se projevilo subjektivní hodnocení probandů, kdy došlo v rámci průměrného hodnocení probanda 1 ke změně z  $3,2 \pm 0,25$  na  $2,5 \pm 0,24$  a signifikantní změnu potvrdil i Wilcoxonův test a u probanda 2 ze  $1,1 \pm 0,25$  na  $0,7 \pm 0,12$ . V rámci modifikované Tardieuho škály je nejpodstatnějším údajem rozdíl úhlů R1-R2. Zde došlo ke změně stavu u obou probandů u každé ze sledovaných svalových skupin. Korelace subjektivních vjemů se standardizovanými hodnotami, dle Spearmanova korelačního koeficientu prokázána nebyla.

**Klíčová slova:** míšni 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:** Two case studies were orchestrated, both of probands diagnosed with spastic paraplegia due to an incomplete spinal cord lesion. Both probands did undergo a therapeutic programme in virtual reality, where each intervention consisted of 30 minutes in said programme. Interventions were organised in 10 consecutive days in the case of the first proband and 5 consecutive days in the case of the second. The levels of spasticity before and after each intervention were taken into account and evaluated by a modified Tardieu scale on plantar flexors of both ankle 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). This evaluation took place before and after each individual intervention.

**Results:** Seven hypotheses were defined in the thesis, three of which were confirmed. The findings were most profound in the case of subjective evaluation, where we found an average change from  $3,2 \pm 0,25$  to  $2,5 \pm 0,24$  in the case of the first proband and a significant change was also confirmed by the Wilcoxon test in the case of the second proband, moving from  $1,1 \pm 0,25$  to  $0,7 \pm 0,12$ . In the case of the modified Tardieu scale, the most significant finding is the R1 – R2 angle difference. Here a change was found in the cases of both probands in each of the observed muscle groups. Correlation of subjective inputs with standardized data, according to the Spearman correlation coefficient was not established.

**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
4.5	Využití virtuální reality v rehabilitaci .....	68
5	METODOLOGIE PRÁCE .....	71
5.1	Cíl práce .....	71
5.2	Výzkumné otázky.....	71
5.3	Hypotézy .....	72
5.4	Úkoly práce .....	73
6	METODIKA PRÁCE.....	74
6.1	Pilotní studie.....	74
6.2	Charakteristika probandů .....	75



6.3	Zařízení pro virtuální realitu a terapeutický program .....	76
6.4	Metody získávání dat .....	80
6.5	Organizace sběru dat .....	82
6.6	Analýza a zpracování dat .....	84
7	VÝSLEDKY .....	86
7.1	Případová studie 1 .....	86
7.2	Případová studie 2 .....	92
7.3	Zhodnocení výsledků ve vztahu k daným hypotézám .....	98
8	DISKUZE .....	102
9	ZÁVĚR .....	109
	Seznam použité literatury .....	110
	Seznam obrázků .....	120
	Seznam tabulek .....	121
	Seznam grafů .....	122
	Přílohy .....	123

## Seznam použitých zkratk

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 nezdá týkat 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 (krváčení – 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; Náhlovský, 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 šlachookostických 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 descendentní 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 vyvolat 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 dozrání 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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; Náhlovský, 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 modality (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 najít, 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 jasně 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, ujit 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 závisí 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 Kladruby 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 (nácvik 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 šikvých 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 bronchodilatacií 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 trenažerů 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 neurogení 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 splachnický 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 medikováni 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 hypotalamem 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 H<sub>2</sub> 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 opotřebením 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).



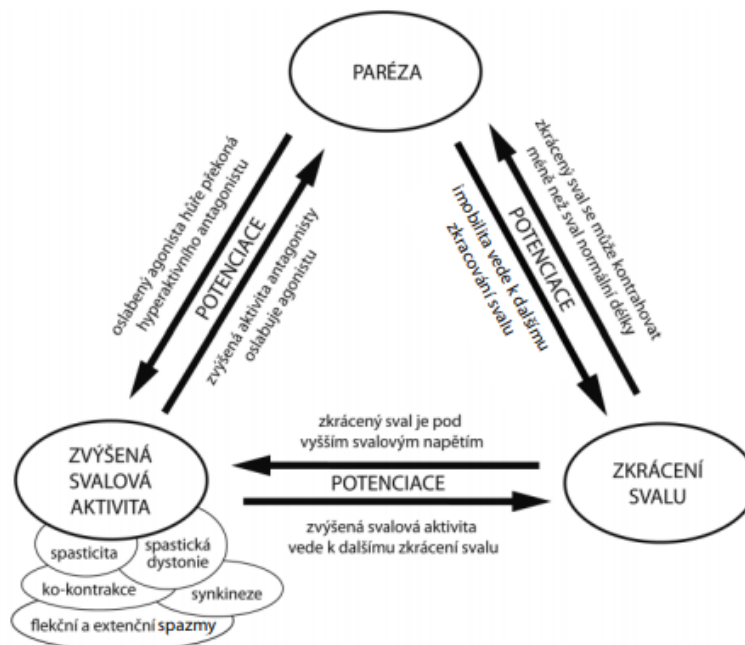
## 2 SPASTICITA

### 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 napívacího 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 napívacího 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 napívacího 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 sensorická 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; Štětkařová & 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; Štětkařová & Ehler & Jech, 2012; Štětkařová, 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 hodnotící právě míru spasticity. Mezi takové škály patří například Komandova škála, index Barthelové, škála frekvence spasmů, hodnocení svalového tonu v adduktorech kyčlí a nejnámější 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 kolenu, 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 Tardiého 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 nejnepřítivější 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).

Akpinar 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; Štětkářová & Ehler, 2012; Štětkářová, 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 míšňí 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 nejjvhodnější 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 štěrbině. Efekt nastupuje téměř okamžitě v řádu hodin a přetrvává 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 případech, 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 neoptimálnější 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 neurofyziologickém 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 (Štětkářová, 2013)**

<p><b>Prevence</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• denní strečinkový program</li><li>• edukace pacienta</li><li>• vyvarování se nociceptivních podnětů (bolest, infekce, heterotopické osifikace, dekubity aj.)</li><li>• zásady správného polohování a ergonomie (lůžko, vozík aj.)</li><li>• inspekce kůže a pravidelná hygiena</li><li>• adekvátní vyprazdňování močového měchýře a střev</li></ul> <p><b>Terapie</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• techniky udržení svalové flexibility a kloubní integrity (polohování, mobilizace, cvičení na ROM, strečink, aplikace ortéz, sériová aplikace imobilizačních dlah aj.)</li><li>• facilitační a relaxační techniky</li><li>• komplexní postupy (Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, propioceptivní neuromuskulární facilitace aj.)</li><li>• motorická reedukace (posilovací trénink, kombinovaný aerobní a posilovací trénink aj.)</li><li>• trénink zaměřený na konkrétní činnost („task-oriented training“) a instruktáž domů</li><li>• techniky založené na principu zpětné vazby („biofeedback“)</li><li>• přístup stupňování aktivit („graded activities approach“)</li><li>• přístup běžných denních aktivit („ADL approach“)</li><li>• kompenzační přístup („compensatory approach“)</li><li>• terapie vynuceného používání („constraint induced movement therapy“)</li><li>• proaktivní terapeutická neurorehabilitační metoda s nafukovacími dlahami Urias a dalšími terapeutickými pomůckami dle Margaret Johnstone (PANat)</li><li>• fyzikální terapie (elektrostimulace, funkční elektrická stimulace, termoterapie, elektroanalgezie)</li></ul>
---

## **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 přetrvat i několik hodin, avšak doba je velmi individuální (Kheder & Nair, 2012; Kříž, 2019; Štětkářová & 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 Štětkářové 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 neurofyziologickém podkladě (Kříž, 2019; Štětkářová & Ehler, 2012).

### **Metody na neurofyziologickém podkladě**

Využití neurofyziologických principů ve snaze ovlivnit spasticitu v sobě ukrývá mnohý, dosud nepříliš prozkoumaný, či experimentálně ověřený potenciál. Metody na neurofyziologickém 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 neurofyziologických 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 vykazují 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 zaslouhuje své místo v terapii (Hanakawa, 2016; Mulder, 2007; Li et al., 2004).

### **3.2 Vizualizace pohybu u míšních lézí**

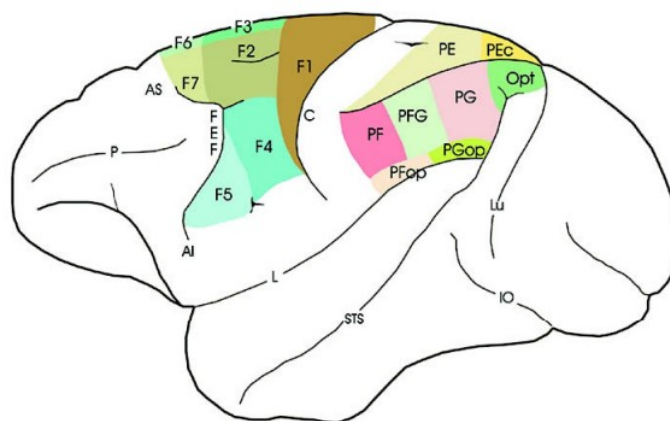
Na řízení pohybu se podílí mnoho vzájemně se doplňujících, a v případě potřeby se nahrazujících systémů na několika úrovních CNS. Autoři Hotz-Boendermaker a spol. (2008), proto zkoumali, k čemu dochází při jejích poškození. Pomocí magnetické rezonance sledovali zapojení jednotlivých mozkových center 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).

Nálezy 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), část lobus parietalis inferior a spodní část gyrus praecentralis (Bushov et al., 2019; Oztop 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, zprostředkávající 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 sensorických 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 vtáhnout 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 sensorický 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).

## *Speciální brýle pro virtuální realitu*

Nejsložitějším, ale také nejméně pravděpodobným 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 nejdokonalějším 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 kinetózy, podobné jako například v jedoucím vozidle. Takové potíže se však po opakovaném užívání snižují a mohou i úplně vymizet, případně je s nimi možnost bojovat podobně, jako s výše zmíněnou nevolností způsobenou jízdou v autě (Mlíka et al., 2005).

#### **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 studii, 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 studii. 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. Kládli 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 a s jeho pomocí se poté pokusit zjistit, zda se skrze toto facilitační působení na centrální nervový systém mění míra spasticity u osob s nekompletní míšňí lézí, a to z vyhodnocení možných odlišností v klinickém stavu osob před a po intervenci virtuální realitou v rámci dvou případových studií. Bylo si kladeno za cíl zhodnotit možnosti využití imerzivní virtuální reality jako podpůrné terapie v rehabilitačním procesu u osob s nekompletní míšňí lézí.

### 5.2 Výzkumné otázky

Pro dosažení prvotního cíle byly zformulovány následující výzkumné otázky:

1. Mění se míra spasticity v důsledku aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšňí lézí?
2. Dochází dle Tardieuého škály ke změně stupně spasticity  $X$  v důsledku aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšňí lézí?
3. Dochází dle Tardieuého škály ke změně úhlu  $R1$  v důsledku aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšňí lézí?
4. Dochází dle Tardieuého škály ke změně úhlu  $R2$  v důsledku aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě u osob s nekompletní míšňí lézí?
5. Bude rozdíl úhlů  $R1-R2$  dle Tardieuého škály v důsledku aplikace terapeutického programu ve virtuální realitě odlišný?

6. Ovlivňuje aplikace daného programu ve virtuální realitě subjektivní vnímání míry spasticity u osob s nekompletní míšní lézí?
7. Koreluje změna subjektivního vnímání míry spasticity u osob s nekompletní míšní lézí s objektivní změnou stupně spasticity X dle Tardieuého škály?

### **5.3 Hypotézy**

H1 Míra spasticity u osob s nekompletní míšní lézí bude po intervenci terapeutickým programem virtuální reality odlišná oproti stavu před intervencí.

H2 Stupeň spasticity X u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

H3 Úhel R1 u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

H4 Úhel R2 bude u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

H5 Rozdíl úhlů R1-R2 bude odlišný u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

H6 Subjektivní vnímání míry spasticity u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněno v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

H7 Změna subjektivního vnímání míry spasticity osoby s nekompletní míšní lézí koreluje s objektivní změnou stupně spasticity X dle Tardieuého škály.



## 5.4 Úkoly práce

1. Nastudování odborné literatury a zpracování ucelených poznatků týkajících se tématu diplomové práce
2. Definování charakteristik vhodných probandů pro účely výzkumu, jejich zajištění a získání informovaných souhlasů
3. Vytvoření vhodného terapeutického programu pro účely práce a zajištění technických parametrů pro uskutečnění výzkumu
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

Tato práce je koncipována jako kvalitativní výzkum formou dvou případových studií. Avšak vzhledem k inovativní metodě aktivní virtuální reality s prvky interaktivní virtuální reality využité během intervence, byla před samotným výzkumem provedena nejprve pilotní studie. Cílem této studie bylo otestování, vyzkoušení a doladění realizace testování pomocí Tardieuého škály a intervence aktivní virtuální realitou.

### 6.1 Pilotní studie

Pilotní studie se zúčastnilo 7 osob (5 mužů a 2 ženy) ve skupině experimentální a 3 osoby (muži) ve skupině kontrolní, všichni z řad klientů Centra Paraple. Vzhledem k cíli studie nebyla kontrolní skupina nutná, avšak byla zde zařazena z důvodu nácviku a zefektivnění měření spasticity dle Tardieuého škály. Jednalo se tedy o klienty Centra Paraple pod vlivem rehabilitace. Skupina experimentální byla poté vystavena intervenci virtuální realitou spolu s vlivem rehabilitace. Zařazovací i vylučovací kritéria byla shodná s kritérii následného výzkumu případových studií (viz. charakteristika probandů). Všichni probandi byli řádně poučeni a pro zařazení do studie bylo nutné podepsat informovaný souhlas schválený etickou komisí Centra Paraple.

Všech 10 osob podstupovalo běžný program Centra Paraple a experimentální skupina byla navíc podrobena terapeutickému programu. Intervence byla zahájena druhý den pobytu a probíhala následujících 5 po sobě jdoucích dní, kdy každá interakce s terapeutickým programem trvala 10 minut. Probandi byli změřeni při příjezdu, bezprostředně před a po intervenci virtuální realitou a po 5 dnech pod vlivem jak intervence VR, tak rehabilitace. Po prvním zhlédnutí terapeutického programu ze studie odstoupili dva muži pro výraznou kinetózu a jedna ženu z důvodu obav z pádu. Zbývající 4 účastníci experimentální skupiny dokončili studii bez obtíží. Z vypočítaných a naměřených výsledků bylo vyhodnocena nutnost delšího času intervence, která byla ve vlastním výzkumu prodloužena na 30 minut. Probandi zároveň udávali velice pozitivní subjektivní pocity, jako brnění nohou, pocit nášlapu do trávy, či noření se do vody. Zároveň se zde projevil zajímavý fenomén v rozdílném subjektivním vnímání terapie na základě stupně neurologického rozsahu míšňní léze dle ASIA Impairment Scale (AIS). Účastníci s nižším stupněm AIS (B, C), udávali pocity vyvolané VR jako intenzivnější a častější než účastníci se stupněm AIS D, obzvláště

pokud byly dané osoby (AIS D) schopny v domácím prostředí využít pomůcek, například francouzských berlí, k přesunům.

Probandi z kontrolní skupiny, byli měřeni také celkem čtyřikrát a to při příjezdu, bezprostředně před a po rehabilitaci a po 5 dnech rehabilitace. V rámci pilotní studie tedy došlo k zefektivnění a procvičení měření spasticity dle Tardieuho škály a zároveň byly přehodnoceny některé aspekty práce, jako například doba intervence. Cíl plotní studie byl tedy označen za splněný.

## **6.2 Charakteristika probandů**

Pro zařazení do výzkumu 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. Bylo osloveno 8 osob s žádostí o účast ve výzkumu, na žádost odpověděli 2 muži. Oba byli poučeni a řádně informováni o průběhu i cíli výzkumu prostřednictvím ústního rozhovoru vedeném hlavním řešitelem, tedy mnou. Pro konečné zařazení do výzkumu bylo zároveň nutné podepsat informovaný souhlas schválený etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (viz příloha č. 2)

### **Případová studie 1**

První proband nese iniciály AA a jedná se o muže ve věku 41 let (ročník 1979) s klinickou diagnózou spastická kvadruparéza. Diagnóza je manifestována na základě fraktury C5 po skoku do vody v roce 2016, kdy následoval klinický rozvoj spastické kvadruparézy středně těžké na horních končetinách a těžké na dolních končetinách, dále stp. somatektomií C5 a fúzi C4/6, s neurogenním močovým měchýřem. Dle ASIA Impairment Scale (AIS) je proband hodnocen jako AIS C, tedy jako motoricky nekompletní míšní léze. Dle dokumentace je přítomna výrazná spasticita DKK (2-3 dle Ashworthovy stupnice) a mírná spasticita m. triceps brachii na obou horních končetinách, která však nebrání plné protažitelnosti svalu. Spasticita však AA limituje v oblasti ADL, zejména při oblékání dolní části těla. Rovněž se projevují výrazné svalové klony při snaze o změnu polohy. Z toho důvodu je probandovi indikována

terapie Baclofenem 3-4 krát denně, proband by však preferoval možnost farmakologickou léčbu vysadit.

## **Případová studie 2**

Druhý proband je jednačtyřicetiletý muž (ročník 1979) s iniciály JO. Diagnóza zní spastická kvadraparéza, vzniklá na podkladě polytraumatu z motonehody v roce 2006. Došlo zde k subluxaci C1/C2, epidurálnímu hematomu za dentem C2, k fraktuře Th3, myelopatii a kontuzi míchy v tomto segmentu a dále k fraktuře klavikuly s lézí brachiálního plexu vpravo. Byla zde provedena stabilizace C1-C5 a fixace Th2-Th6. Dle ASIA Impairment Scale je proband hodnocen jako AIS B, tedy senzitivně nekompletní míšní léze. Zároveň je přítomná spasticita, která probanda limituje zejména během přesunů. Dle Ashworthovy škály je v dokumentaci kvantifikovaná stupněm 2 s dominancí na DKK, s občasnými projevy i v trupovém svalstvu a s výraznými svalovými klony při změně polohy. Proband nemá indikovánu žádnou farmakologickou léčbu a hlavní limitaci spatřuje ve vlastních subjektivních pocitech, vyvolaných spasticitou, která účastníkovi způsobuje pocity nepohodlí až bolesti.

## **6.3 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 tohoto výzkumu, 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 kinetóze 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.

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 tento výzkum 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. 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.



**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)**

Během pilotní studie vyplynulo, že 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.

Během pilotní studie někteří probandi také poukazovali na fakt, že při běžné chůzi osoba obvykle nesleduje svoje tělo a nohy, ale spíše okolí, proto jim tento úhel pohledu během chůze přišel nesmyslný. Pro racionalizaci úhlu pohledu a zároveň 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.

## 6.4 Metody získávání dat

Pro získání dat byla jako nejvhodnější metoda měření spasticity zvolena Modifikovaná Tardieuého škála a pro doplnění subjektivních pocitů pacientů standardizovaný dotazník pro hodnocení spasticity SCI-SET a vlastní modifikovaná subjektivní škála spasticity, inspirovaná vizuální analogovou škálou bolesti.

### Modifikovaná Tardieuého 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 (Štětkařová, 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 vyčerpatelný 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; Štětkařová, 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 samotným výzkumem i před pilotní studií zaučena odborným personálem v Ústřední Vojenské nemocnici v Praze.

## **Subjektivní hodnocení spasticity**

### *SCI-SET*

Dotazník pro hodnocení spasticity u jedinců po poranění míchy (SCI-SET) byl vytvořen 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 7 bodové 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).

### *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 Tardieuého škálou.

## **6.5 Organizace sběru dat**

Oba probandi byli testováni v domácím prostředí uzpůsobeném pro potřeby výzkumu. Byla vyhrazena klidná, prostorná a světlá místnost s dostatečným volným prostorem pro realizaci terapie virtuální realitou a zároveň s lůžkem pro vlastní měření spasticity Tardieuého škálou v poloze vleže na zádech. Každé setkání s probandem zahrnovalo otestování spasticity plantárních flexorů hlezna a flexorů kolene dle Modifikované Tardieuého škály na pravé i levé dolní končetině bezprostředně před a bezprostředně po intervenci virtuální realitou. Pro samotný čas strávený ve virtuálním prostředí bylo vyměřeno 30 minut během každé jednotlivé intervence.

### **Metodický postup u případové studie 1**

Intervence virtuální realitou a hodnocení spasticity Modifikovanou Tardieuého škálou u probanda 1 proběhlo celkem desetkrát a to deset po sobě následujících dní. Den před samotným začátkem byl proband autorkou navštíven v jeho domácím prostředí za účelem vyplnění dotazníku SCI-SET a zodpovězení případných dotazů souvisejících s následujícím výzkumem. V rámci samotné studie se již proband po příchodu vyšetřujícího vždy sám přesunul do polohy vleže na zádech s extendovanými dolními končetinami, kde byly otestovány plantární flexory hlezenního kloubu obou dolních končetin. 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 proband vyzván k subjektivnímu zhodnocení pocitů během vyvolané spastické

odpovědi, a to na škále 0-10 dle modifikované subjektivní škály spasticity (viz kapitola 6.4 Metody získávání dat). Proband 1 se následně s mírnou dopomocí autorky přesunul zpět do mechanického vozíku, ve kterém mu byly na hlavu aplikovány brýle, nastavena optimální rychlost chůze a poloha hlavy ve virtuálním prostředí (viz kapitola 6.3). Samotná intervence VR byla poté vyměřena na 30 minut, kdy proband dle svého uvážení a přání mohl libovolně procházet parkem, či cíleně sbírat houby. Bezprostředně po intervenci bylo zopakováno celé měření spasticity ve stejných polohách, včetně subjektivního výkladu dle modifikované subjektivní škály spasticity. Dotazník SCI-SET byl poté účastníkovi předán k opětovnému vyplnění po ukončení poslední intervence a posledního testování. Vzhledem k nutnosti probanda užívat baclofen probíhala celá intervence i měření vždy ve stejný čas v dopoledních hodinách těsně před polednem, kdy farmakologickou léčbu užíval.

## **Metodický postup u případové studie 2**

Intervence virtuální realitou a hodnocení spasticity Modifikovanou Tardieuho škálou u probanda 2 proběhlo celkem pětkrát a to pět po sobě následujících dní. Původně měla studie probíhat 10 po sobě následujících dní, stejně jako u probanda 1, avšak proband 2 vykazoval po 5 dnech známky nachlazení a subjektivně se necítil dobře. Studie byla tedy ukončena celkově pouze po 5 intervencích. Proband byl také navštíven den před začátkem studie za účelem vyplnění dotazníku SCI-SET, či zodpovězení případných dotazů osoby. Celé měření i intervence během 5 dní probíhaly stejně jako u probanda 1. Po příchodu se proband 2 za mírné dopomoci autorky přesunul do polohy vleže na zádech, kde byla zhodnocena spasticita plantárních flexorů hlezenního kloubu s extendovanými kyčelními klouby a poté za 90° flexe kyčelních kloubů byla změřena i spasticita flexorů kolene na obou dolních končetinách. Následovala 30minutová intervence ve virtuálním parku a dále opětovné zhodnocení spasticity. Během pátého setkání si proband začal stěžovat na mírné projevy nachlazení a v den šestý bylo autorce telefonicky sděleno zhoršení stavu a po dohodě také ukončení celé studie. Současně bylo nutno vyplnit dotazník SCI-SET, který byl také vyplněn skrze telefonní spojení. Proband neužíval žádnou farmakologickou ani jinou léčbu spasticity. Intervence a měření probíhaly vždy ve stejných odpoledních hodinách (15-16 hodin).

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.

## **6.6 Analýza a zpracování dat**

Pro analýzu a zpracování dat byl použit program Statistica 13. Zde byly vygenerovány základní popisné statistiky dat a byl využit Shapirův-Wilkův test pro zhodnocení normality dat. Většina získaných údajů normální rozdělení dat nevykazovala. Jednak z tohoto důvodu a jednak z důvodu malého množství dat byl dále použit neparametrický Wilcoxonův test. Tím autorka zkoumala, zda hodnoty dat naměřených po intervenci dosahující statisticky významného rozdílu oproti hodnotám naměřených před intervencí. Pro výpočet případné závislosti dvou proměnných byl použit Spearmanův korelační koeficient

### **Wilcoxonův test**

Tento test se využívá pro hodnocení párových pokusů, kdy sledované veličiny neodpovídají Gaussovu normálnímu rozdělení. Porovnává dvě měření jednoho výběrového souboru a hypotéza, kterou testuje, se týká rovnosti distribučních funkcí na základě ověření symetrického rozložení sledované veličiny. Nulová hypotéza tedy říká, že rozdíly jsou rozloženy symetricky okolo 0. Obvykle se tedy používá na měření před a po jisté intervenci, či při hodnocení stejného vzorku ošetřeného rozdílným pokusným zásahem, pro zjištění účinnosti daného zásahu.

Wilcoxonův test pracuje na principu rozdílů mezi párovými hodnotami a nulové rozdíly z dalšího hodnocení vyřazuje. Proto může být matoucí, že počet proměnných vstupujících do Wilcoxonova testu může být rozdílný (nižší) oproti počtu proměnných původně naměřených.

### **Spearmanův korelační koeficient**

Jedná se o neparametrický korelační koeficient, který je využíván v případě odlehklých hodnot, či odchylek od normality. Podobně jako většina neparametrických metod nepracuje s hodnotami samými, ale s jejich pořadím. Parametrickou obdobou Spearmanova korelačního koeficientu je Pearsonův korelační koeficient, který však

popisuje pouze lineární vztah veličin  $X$  a  $Y$  (obecné označení proměnných vstupující spolu do korelace). Spearmanův korelační koeficient oproti tomu popisuje jak kvalitně vztah veličin  $X$  a  $Y$  odpovídá monotónní funkci, která však může být nelineární. Koeficient může nabývat hodnot od  $-1$  do  $1$ . Hodnoty blíží se  $0$  udávají náhodné rozdělení a lze z nich vyvodit, že mezi veličinami žádný vztah není. Blíží-li se koeficient  $1$  nebo  $-1$ , značí to vysokou korelaci mezi oběma proměnnými.

## 7 VÝSLEDKY

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

### 7.1 Případová studie 1

V této případové studii vstupují do hodnocení údaje zaregistrované v 10 po sobě jdoucích měřeních. Během každé jedné intervence bylo zaznamenáno 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 před i po intervenci. Celkový počet proměnných vstupujících do celkových výsledků z jednoho setkání je tedy 17 před intervencí a 17 po ní, přičemž setkání bylo absolvováno 10.

- 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 1 Stupeň spasticity X probanda 1

Svalová skupina		Před (Mean ± SEM)	Po (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	2,6 ± 0,16	2,4 ± 0,16	2	< 0,180
	Levá	2,3 ± 0,15	2,3 ± 0,15	2	< 1,000
Flexory kolene	Pravá	2,1 ± 0,10	2,0 ± 0,00	1	-
	Levá	2,1 ± 0,10	2,0 ± 0,00	1	-

*Vysvětlivky: Před – Stupeň spasticity X před intervencí; Po – Stupeň spasticity X po intervencí; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Tabulka číslo 1 udává zpracovaná data stupně spasticity X. Lze zde vypořadovat zlepšení na zejména na plantárních flexorech pravé nohy, kdy průměr hodnot před intervencí je 2,6, zatímco po intervenci dochází ke snížení na 2,4. Plantární flexory levé

dolní končetiny změny nevykazují, avšak pokrok lze najít na flexorech kolene obou dolních končetin. Ačkoliv dle Wilcoxonova testu nedosahují změny dostatečné statistické významnosti, a u flexorů kolene nebylo možno test provést z důvodu nedostatečné distribuce dat, z klinického hlediska jde o významné změny, které nastávají po pouhé jedné terapii.

**Tabulka 2 Úhel R1 (YV3) probanda 1**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	68,2 ± 1,67	68,6 ± 1,71	7	< 0,673
	Levá	65,0 ± 1,49	63,8 ± 2,62	9	< 0,636
Flexory kolene	Pravá	131,0 ± 1,80	133,5 ± 1,30	4	< 0,273
	Levá	130,0 ± 2,24	131,5 ± 1,98	4	< 0,273

*Vysvětlivky: Před – Velikost úhlu R1 před intervencí ve stupních; Po – Velikost úhlu R1 po intervenci ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Hodnoty, kterých nabýval úhel R1, prováděný rychlostí V3, ukazuje tabulka číslo 2. Ačkoliv u plantárních flexorů levé končetiny se úhel snížil, je zde patrný posun na plantárních flexorech pravé končetiny a zejména u flexorů kolene. Ty vykazují vyšší úhel, ve kterém došlo k zachycení (catch dle Tariuého škály) po intervenci virtuální realitou, a tedy ukazují na možné snížení vlivu dynamické složky pohybu.

**Tabulka 3 Úhel R2 (YV1) probanda 1**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	86,5 ± 1,50	87,8 ± 1,65	5	< 0,345
	Levá	83,0 ± 1,53	85,3 ± 1,97	7	< 0,237
Flexory kolene	Pravá	170,0 ± 1,83	173,0 ± 1,70	4	< 0,068
	Levá	172,0 ± 1,70	174,0 ± 1,94	4	< 0,680

*Vysvětlivky: Před – Velikost úhlu R2 před intervencí ve stupních; Po – Velikost úhlu R2 po intervencí ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota*

V tabulce 3 se nachází hodnoty úhlu R2, změřeného rychlostí V1 u probanda 1. Úhly na všech sledovaných svalových skupinách obou končetin vykazují evidentní pozitivní posun. Zejména pak flexory kolene pravé dolní končetiny, kdy se úhel R2 zvětšil průměrně o tři stupně po 30minutové intervenci VR. P hodnota u Wilcoxonova testu sice nedosahuje dostatečných hodnot pro potvrzení hypotézy H4, avšak z klinického hlediska se jedná pro pacienta po míšní lézi o významný ukazatel.

**Tabulka 4 Rozdíl úhlů R1-R2 probanda 1**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	18,3 ± 2,16	19,2 ± 1,95	6	< 0,600
	Levá	18,0 ± 2,45	21,5 ± 2,24	6	< 0,173
Flexory kolene	Pravá	39,0 ± 3,14	39,5 ± 2,73	7	< 0,499
	Levá	42,0 ± 3,00	42,5 ± 3,18	5	< 0,686

*Vysvětlivky: Před – Rozdíl úhlů R1-R2 před intervencí ve stupních; Po – Rozdíl úhlů R1-R2 po intervencí ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Tabulka 4 ukazuje rozdíly úhlů R1-R2 před intervencí a po ní. Je zde patrné, že rozdíl byl po intervenci průměrně vyšší v každé ze sledovaných svalových skupin. U



flexorů kolene se průměrný rozdíl úhlů změnil o 0,5°, avšak u plantárních flexorů pravé končetiny byl nárůst z 18,3° na 19,2°, u plantárních flexorů levé dolní končetiny dokonce z 18° na 21,5°. Ačkoliv statisticky Wilcoxonův test změny neprokázal, z klinického hlediska, které má pro probanda i větší význam, můžeme hypotézu H5 brát u probanda 1 jako potvrzenou.

**Tabulka 5 Subjektivní hodnocení probanda 1**

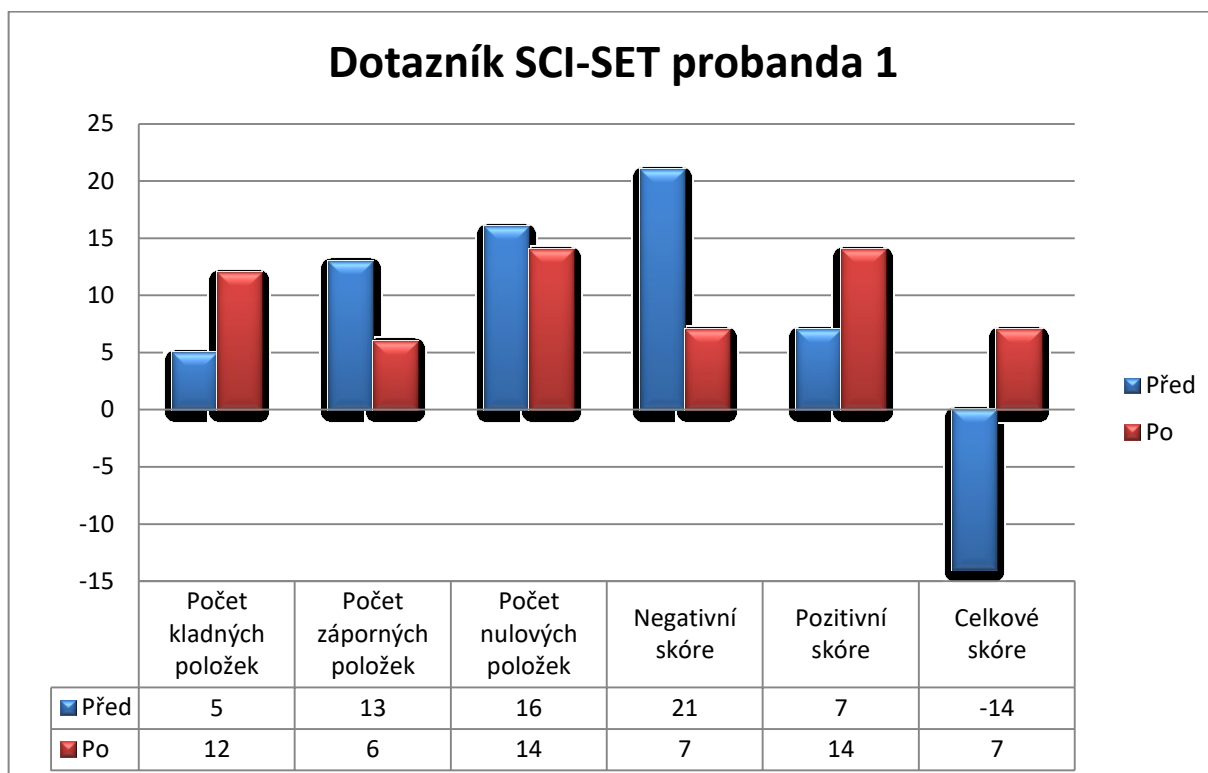
Před (Mean ± SEM)	Po (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
		Valid N	p-value
3,2 ± 0,25	2,5 ± 0,24	8	< 0,01

*Vysvětlivky: Před – Hodnocení probanda dle subjektivní škály spasticity před intervencí; Po – Hodnocení probanda dle subjektivní škály spasticity po intervencí; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Tabulka číslo 5 uvádí statisticky zpracované hodnoty subjektivního hodnocení spasticity probanda 1, dle modifikované subjektivní škály spasticity. Již z průměru hodnot a jejich střední chyby průměru lze vyčíst pozitivní efekt na dané hodnocení subjektivních pocitů. Čísla znázorňují, že před intervencí byl průměr daných hodnot škály 3,2, zatímco po vlivu terapeutického programu podstatně klesl na 2,5. Wilcoxonův test, pro hodnocení párových pokusů, poté potvrdil významné zlepšení i ze statistického hlediska s p hodnotou menší než 0,01. Všechny naměřené hodnoty lze nalézt v příloze č. 5 této práce. Tyto údaje jednoznačně potvrzují hypotézu H6 u probanda 1, jak ze statistického, tak z klinického hlediska.

K hypotéze H6 se vztahuje také graf č. 1, který znázorňuje vyhodnocené údaje z dotazníku pro hodnocení spasticity po poranění míchy, neboli SCI-SETu u probanda 1. Je zde vidět, že po intervenci došlo ke snížení počtu záporných položek, počtu nulových položek, a také k redukci souhrnného negativního skóre. Počet kladných položek a souhrnné pozitivní skóre se sice zvýšilo, avšak z celkového skóre lze vyčíst, že ač spasticita nevytizela, je probandem vnímána po intervenci výrazně pozitivněji

než před ní. V případě, že bychom tuto změnu vnímání měli kvantifikovat, jednalo by se o posun z -14 na 7, tedy o 21 celkových bodů, což je velice významný výsledek.



**Graf 1 Údaje z dotazníku SCI-SET u probanda 1**

Následující tabulky (6, 7 a 8) znázorňují výsledky Spearmanova korelačního koeficientu, který byl prováděn za účelem ověření hypotézy H7. Jedná se o korelaci proměnných naměřených před samotnou intervencí (tabulka 6), po intervenci (tabulka 7) a jejich rozdílu, tedy velikosti změny před a po intervenci (tabulka 8). První proměnná vstupující do korelace je vždy subjektivní hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity. Druhou proměnnou je poté stupeň spasticity X vyhodnocený autorkou, dle modifikované Tardieuho škály, u jednotlivých svalových skupin.

**Tabulka 1 Spearmanův korelační koeficient před intervencí probanda 1**

<b>Parametry vstupující do korelace</b>	<b>Valid N</b>	<b>Spearman R</b>	<b>p-value</b>
<b>Subj &amp; X PF L</b>	10	0,16	<0,653
<b>Subj &amp; X PF P</b>	10	0,53	<0,113
<b>Subj &amp; X FK L</b>	10	0,37	<0,289
<b>Subj &amp; X FK P</b>	10	0,37	<0,289

*Vysvětlivky: Subj – Subjektivní hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity před intervencí; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Spearmanův korelační koeficient zpracovaný v tabulce 6 udává jeho hodnotu u proměnných naměřených před samotnou intervencí. R zde nabývá nejvyšších hodnot v korelaci subjektivního pocitu probanda se stupněm X u plantárních flexorů pravé DK a to 0,53 tedy středně silnou pozitivní závislost. Nejnižší hodnota R je poté zaznamenána u korelace subjektivního pocitu probanda se stupněm X u plantárních flexorů levé DK a to 0,16, tedy velmi slabá pozitivní závislost. Korelace subjektivního pocitu probanda se stupněm X u flexorů kolen ukazuje u obou dolních končetin shodně číslo 0,37, tedy slabou pozitivní závislost. Hodnota p se poté u jednotlivých korelací liší, avšak žádná nevykazuje ze statistického hlediska dostatečnou hladinu významnosti.

**Tabulka 2 Spearmanův korelační koeficient po intervenci probanda 1**

<b>Parametry vstupující do korelace</b>	<b>Valid N</b>	<b>Spearman R</b>	<b>p-value</b>
<b>Subj &amp; X PF L</b>	10	0,29	<0,420
<b>Subj &amp; X PF P</b>	10	0,46	<0,180
<b>Subj &amp; X FK L</b>	10	-	-
<b>Subj &amp; X FK P</b>	10	-	-

*Vysvětlivky: Subj – Subjektivní hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity po intervenci; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Hodnotu R Spearmanova korelačního koeficientu u proměnných naměřených po intervenci udává tabulka č. 7. Korelační koeficient se zde objevuje pouze u plantárních flexorů, neboť údaje flexorů kolen obou končetin nabývaly ve všech měřeních prováděných po intervenci stejných hodnot, zatímco subjektivní hodnocení probanda se lišilo (viz příloha č. 6). Korelaci tedy nebylo možno spočítat. U plantárních flexorů levé končetiny se poté R vyjevilo jako hodnota slabé pozitivní závislosti a u plantárních flexorů pravé jako středně silná pozitivní závislost. "

**Tabulka 3 Spearmanův korelační koeficient rozdílu před a po intervenci probanda 1**

Parametry vstupující do korelace	Valid N	Spearman R	p-value
Subj & X PF L	10	0,00	<1,000
Subj & X PF P	10	-0,27	<0,452
Subj & X FK L	10	0,22	<0,551
Subj & X FK P	10	0,22	<0,551

*Vysvětlivky: Subj – Rozdíl subjektivních hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity před a po intervenci; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

V tabulce 8 se objevuje hodnota koeficientu R po korelaci rozdílu údajů ze subjektivního hodnocení probanda před a po intervenci a rozdílů stupně spasticity X naměřeného před a po intervenci. U flexorů kolene vykazuje Spearmanův korelační koeficient míru závislosti jako slabou pozitivní. U plantárních flexorů pravé dolní končetiny je vidět slabá negativní závislost a korelace mezi plantárními flexory levé dolní končetiny a subjektivním hodnocením zde není patrná žádná. Hypotézu H7 lze tedy považovat u probanda 1 za zamítnutou.

## 7.2 Případová studie 2

Údaje vystupující v této studii byly nasbírány v pěti po sobě následujících měřeních. Zaznamenané parametry byly stejné jako v předchozí studii, tedy 6 parametrů z levé dolní končetiny, 6 parametrů z pravé dolní končetiny, subjektivní hodnocení probanda a

rozdíl úhlů R1-R2. Všechny parametry byly zaznamenány před i po intervenci a celkový počet proměnných z jedné intervence je tedy, stejně jako v první případové studii, 34 (17 před VR a 17 po VR). Celkově bylo setkání 5.

**Tabulka 9 Stupeň spasticity X probanda 2**

Svalová skupina		Před (Mean ± SEM)	Po (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	2,0 ± 0,45	1,6 ± 0,25	4	< 0,361
	Levá	2,0 ± 0,45	1,6 ± 0,25	2	< 0,180
Flexory kolene	Pravá	2,2 ± 0,20	2,2 ± 0,20	2	< 1,000
	Levá	2,4 ± 0,24	2,0 ± 0,00	2	< 0,180

*Vysvětlivky: Před – Stupeň spasticity X před intervencí; Po – Stupeň spasticity X po intervenci; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Tabulka 9 znázorňuje zpracovaná data stupně spasticity X u probanda 2. Je zde patrné zejména významné zlepšení u plantárních flexorů z 2,0 na 1,6. U flexorů kolene pravé dolní končetiny sice není změna patrná žádná, avšak flexory kolene na levé DK již vykazují stejně výraznou změnu jako plantární flexory. Wilcoxonův test sice neprokázal dostatečnou statistickou významnost dat, avšak z klinického hlediska lze považovat dané průměrné změny za význačné.

**Tabulka 10 Úhel R1 (YV3) probanda 2**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	65,6 ± 3,59	71,8 ± 2,54	3	< 0,109
	Levá	68,0 ± 2,21	68,6 ± 1,86	1	-
Flexory kolene	Pravá	128,0 ± 5,15	120,0 ± 4,18	3	< 0,109
	Levá	125,0 ± 5,48	122,6 ± 4,82	3	< 0,285

*Vysvětlivky: Před – Velikost úhlu R1 před intervencí ve stupních; Po – Velikost úhlu R1 po intervenci ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

V tabulce 10, zahrnující hodnoty úhlu R1 je možno vypořadovat rozdílný fenomén u jednotlivých svalových skupin. Stupně úhlů flexorů kolene nabývají nižších hodnot po intervenci než před ní, zatímco stupně úhlů plantárních flexorů zastupují po intervenci hodnoty vyšší. Wilcoxonův test statisticky významnou změnu neukázal u žádné svalové skupiny a u plantárních flexorů levé DK jej nebylo možno provést, vzhledem k počtu proměnných vstupujících do testu. Ač jsou klinicky viditelné posuny rozdílného směru, změny zde bezpochyby po intervenci nastaly, což svědčí pro potvrzení hypotézy H2 u probanda 2.

**Tabulka 11 Úhel R2 (YV1) probanda 2**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	69,0 ± 3,67	74,6 ± 2,48	4	< 0,068
	Levá	73,6 ± 1,57	74,0 ± 1,87	2	< 0,655
Flexory kolene	Pravá	146,0 ± 4,00	146,0 ± 4,30	2	< 1,000
	Levá	146,0 ± 2,45	143,0 ± 3,00	2	< 0,180

*Vysvětlivky: Před – Velikost úhlu R2 před intervencí ve stupních; Po – Velikost úhlu R2 po intervenci ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Úhel R2, zachycený v tabulce 11 udává zlepšení u plantárních flexorů na obou dolních končetinách a to na pravé z 69,0 na 74,6 a na levé ze 73,6 na 74. U flexorů pravé končetiny je situace beze změny, a ač je u flexorů levé dolní končetiny fenomén opačný, než u plantárních flexorů změna je přesto zřejmá.

**Tabulka 12 Rozdíl úhlů R1-R2 probanda 2**

Svalová skupina		Před [°] (Mean ± SEM)	Po [°] (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
				Valid N	p-value
Plantární flexory	Pravá	3,4 ± 1,44	2,8 ± 1,16	3	< 0,593
	Levá	5,6 ± 2,94	5,4 ± 2,48	2	< 0,655
Flexory kolene	Pravá	22,0 ± 5,15	26,0 ± 6,60	4	< 0,273
	Levá	21,0 ± 3,32	20,4 ± 3,70	4	< 0,715

*Vysvětlivky: Před – Rozdíl úhlů R1-R2 před intervencí ve stupních; Po – Rozdíl úhlů R1-R2 po intervencí ve stupních; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Rozdíl úhlů R1-R2 u probanda 2, který lze nalézt v tabulce č. 12, nabývá značně nižších hodnot oproti probandovi 1, i zde je však změna patrná. Ve třech ze čtyř sledovaných oblastí došlo k zmenšení rozdílů úhlů a tedy k potenciálnímu snížení vlivu dynamické složky spasticity dle modifikované Tardieuho škály. Pouze u flexorů kolene pravé dolní končetiny je po intervencí rozdíl úhlů větší, avšak stále došlo ke změně, čili hypotéza H5 může být z klinického hlediska potvrzena.

**Tabulka 13 Subjektivní hodnocení probanda 2**

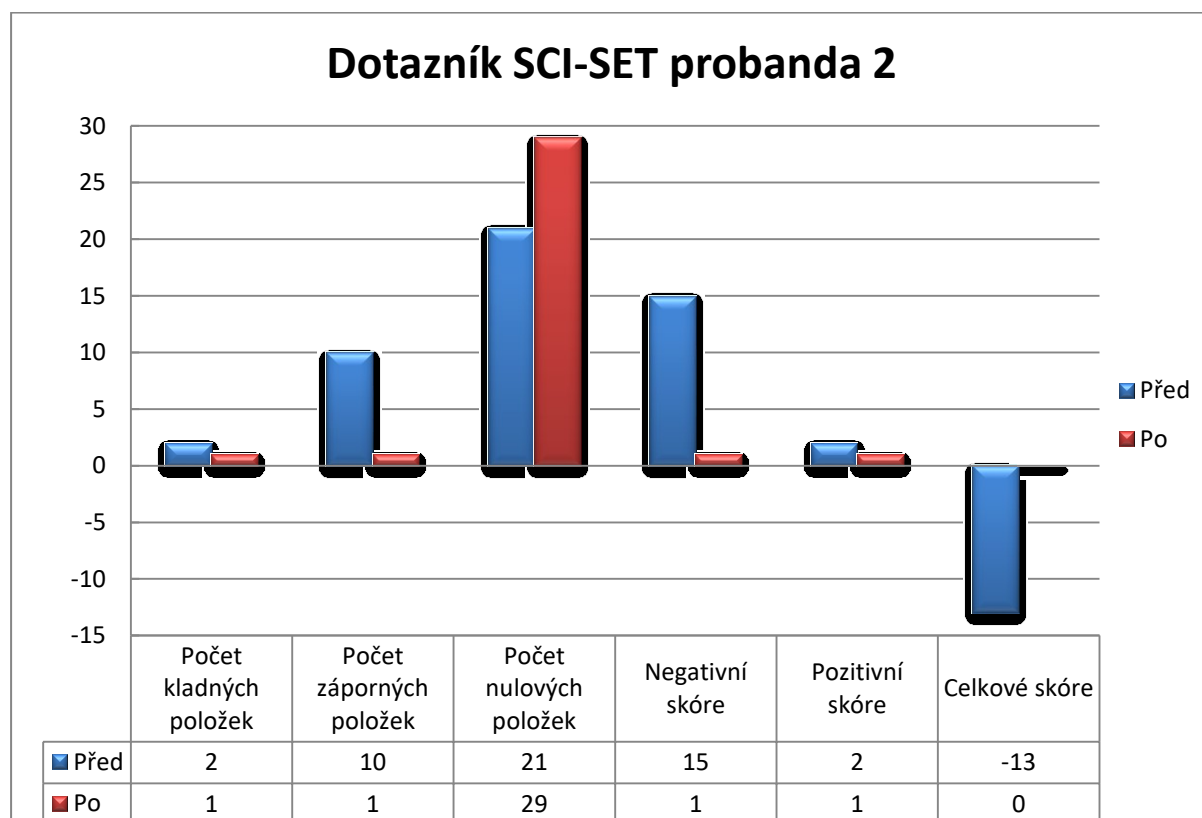
Před (Mean ± SEM)	Po (Mean ± SEM)	Wilcoxonův test	
		Valid N	p-value
1,1 ± 0,25	0,7 ± 0,12	4	< 0,273

*Vysvětlivky: Před – stav před intervencí; Po – Stav po intervencí; Mean – průměr hodnot; SEM – Standart error of the mean (střední chyba průměru); Valid N – počet proměnných figurujících ve Wilcoxonově testu; p-value – hodnota statistické významnosti*

V tabulce č. 13 lze nalézt zpracovaná data z modifikované subjektivní škály spasticity probanda. Ačkoliv Wilcoxonův test neprokázal přílišnou statistickou významnost, je možno vypořadovat zlepšení ve stavu před a po intervencí virtuální realitou. Průměr proměnných před vlivem terapeutického videa je 1,1 se střední odchylkou průměru 0,25, zatímco průměr proměnných po intervencí se ukazuje jako 0,7

se střední odchylkou průměru 0,12. Tedy nejenže je hodnota modifikované subjektivní škály spasticity nižší, ale je zároveň nižší i střední hodnota průměru, což může poukazovat na stabilnější vývoj oproti stavu před intervencí.

K subjektivnímu hodnocení spasticity probanda 2 se také vztahuje graf č. 2. Ten znázorňuje vyhodnocené údaje z dotazníku pro hodnocení spasticity po poranění míchy, neboli SCI-SETu. Zde je patrné zejména významné navýšení počtu nulových položek, tedy položek, které říkají, že spasticita danou činností, či pocit vůbec neovlivnila. U všech ostatních položek došlo ke snížení. Celkové skóre se poté zlepšilo z -13 na 0, což je velice významný výsledek a je tedy patrný velký vliv intervence na subjektivní hodnocení probanda 2.



Graf 2 Údaje z dotazníku SCI-SET u probanda 2



**Tabulka 4 Spearmanův korelační koeficient před intervencí probanda 2**

<b>Parametry vstupující do korelace</b>	<b>Valid N</b>	<b>Spearman R</b>	<b>p-value</b>
<b>Subj &amp; X PF L</b>	5	-0,71	<0,182
<b>Subj &amp; X PF P</b>	5	-0,71	<0,182
<b>Subj &amp; X FK L</b>	5	0,00	<1,000
<b>Subj &amp; X FK P</b>	5	0,00	<1,000

*Vysvětlivky: Subj – Subjektivní hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity před intervencí; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Korelace subjektivních vjemů se standardizovaným zhodnocením stupně spasticity X dle modifikované Tardieuho škály před intervencí ukázala opět rozdílnou reakci plantárních flexorů DKK oproti flexorům kolene. Zatímco flexory kolene obou DKK vykazují nulovou korelaci se subjektivními vjemy, závislost stupně spasticity X a subjektivních pocitů je jeví jako silná negativní.

**Tabulka 5 Spearmanův korelační koeficient po intervencí probanda 2**

<b>Parametry vstupující do korelace</b>	<b>Valid N</b>	<b>Spearman R</b>	<b>p-value</b>
<b>Subj &amp; X PF L</b>	5	-0,17	<0,789
<b>Subj &amp; X PF P</b>	5	-0,17	<0,789
<b>Subj &amp; X FK L</b>	5	-	-
<b>Subj &amp; X FK P</b>	5	-0,41	<0,495

*Vysvětlivky: Subj – Subjektivní hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity po intervencí; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Spearmanův korelační koeficient závislosti subjektivních vjemů a stupně spasticity X naměřených po intervencí lze nalézt v tabulce číslo 15. Ač p hodnota dosahuje poměrně vyšších hodnot a nepotvrzuje tedy statistickou významnost, dle R hodnoty lze pozorovat velmi slabou negativní závislost u plantárních flexorů obou DKK a středně silnou negativní závislost u flexorů pravé DKK. Korelaci Subj a X FK L nebylo možno

určit neboť hodnota X u flexorů kolene levé dolní končetiny nabývá stále stejných hodnot (viz příloha č. 7).

**Tabulka 6 Spearmanův korelační koeficient rozdílu před a po intervenci probanda 2**

Parametry vstupující do korelace	Valid N	Spearman R	p-value
Subj & X PF L	5	-0,44	<0,454
Subj & X PF P	5	-0,46	<0,437
Subj & X FK L	5	-0,15	<0,812
Subj & X FK P	5	-0,34	<0,571

*Vysvětlivky: Subj – Rozdíl subjektivních hodnocení probanda dle modifikované subjektivní škály spasticity před a po intervenci; X PF L – Stupeň X plantárních flexorů levé DK; X PF P – Stupeň X plantárních flexorů pravé DK; X FK L – Stupeň X flexorů kolene levé DK; X FK P – Stupeň X flexorů kolene pravé DK; Valid N – počet proměnných vstupujících do korelace; Spearman R – hodnota Spearmanova korelačního koeficientu; p-value – hodnota statistické významnosti*

Tabulka 16 ukazuje hodnoty R Spearmanova korelačního koeficientu u velikosti změny subjektivního vnímání a stupně spasticity X před a po intervenci. Z tabulky je patrné, že všechny hodnoty jsou záporné, tedy že se jedná o negativní závislost. U plantárních flexorů jde o závislost středně silnou na obou dolních končetinách, u flexorů kolene se zařazení liší na pravé a levé končetině. Nalevo se jedná o závislost velmi slabou, zatímco napravo je závislost silnější a to -0,34 tedy slabá negativní závislost. Hodnota p zde neprokazuje statistickou významnost.

### **7.3 Zhodnocení výsledků ve vztahu k daným hypotézám**

#### **Hypotéza H1**

Míra spasticity u osob s nekompletní míšní lézí bude po intervenci terapeutickým programem virtuální reality odlišná oproti stavu před intervencí.

Tato hypotéza pracovala s předpokladem změny všech sledovaných parametrů u všech svalových skupin obou probandů, tedy viditelné změny ve všech výše uvedených tabulkách. Vzhledem k přísnosti nastavení hypotézy je z předchozího zhodnocení

výsledku patrné, že hypotéza H1 jako celek potvrzena nebyla, avšak některé aspekty, či parametry vykazují vysoký potenciál pro možnost ovlivnění virtuální realitou.

## **Hypotéza H2**

Stupeň spasticity X u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

Tato hypotéza předpokládala změnu stavu stupně spasticity X u každé sledované svalové skupiny u obou probandův důsledku intervence virtuální realitou. Průměr hodnot před a po intervenci ukazují tabulky 1 a 9. K průměrné změně došlo u obou probandů ve třech ze čtyř případů. Ač je výsledek velmi nadějný, hypotézu je tímto nutno zamítnout.

## **Hypotéza H3**

Úhel R1 u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

Hypotéza H3 předpokládala změnu úhlu R1 u každé sledované svalové skupiny u obou probandův důsledku intervence virtuální realitou. Hodnoty vztahující se k dané hypotéze obsahuje tabulka 2 a 10. Z nich je patrné, že ač statisticky Wilcoxonův test výsledky jasně neprokázal, při pouhém pohledu na dané hodnoty je z klinického hlediska jasná změna v každé sledované svalové skupině na obou dolních končetinách u obou probandů. Hypotéza H3 je tedy považována za potvrzenou.

## **Hypotéza H4**

Úhel R2 bude u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

Hypotéza H4 předpokládala změnu úhlu R2 u každé sledované svalové skupiny u obou probandův důsledku intervence virtuální realitou. Tabulky 3 a 11 poté obsahují data k této hypotéze. Hodnoty úhlu R2 u probanda 1, nacházející se v tabulce 3 vykazují mírné zlepšení ve všech svalových skupinách. Hodnoty úhlu R2 u probanda 2, nacházející se v tabulce 11 však ukazují změnu pouze u tří ze čtyř svalových skupin. Hypotéza jako celek se tedy zamítá, ač by se dala označit v případě probanda 1 za potvrzenou, či částečně potvrzenou.

## **Hypotéza H5**

Rozdíl úhlů R1-R2 bude odlišný u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

Hypotéza H5 předpokládala změnu rozdílu úhlů R1-R2 u každé sledované svalové skupiny u obou probandův důsledku intervence virtuální realitou. Data vztahující se k hypotéze H5 obsahují tabulky 4 a 12. U probanda 1 (tabulka 4) jsou změny možné v tabulce vysledovat u každé svalové skupiny a taktéž u probanda 2 (tabulka 12). Změny jsou u některých svalových skupin výraznější než u jiných, avšak jsou patrné u obou probandů u každé sledované svalové skupiny. Hypotéza H5 je tedy označena za potvrzenou.

## **Hypotéza H6**

Subjektivní vnímání míry spasticity u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněno v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.

Hypotéza H6 předpokládala změnu subjektivního vnímání spasticity dle výše uvedené škály (viz kapitola 6.4) obou probandů v důsledku aplikace terapeutického programu virtuální reality. Z tabulek č. 5 a 13 je patrné, že změna nastala u obou probandů. Wilcoxonův test poté hypotézu u probanda 1 potvrdil také ze statistického hlediska. Hypotéza H6 byla tedy potvrzena.

Zároveň hypotézu H6 potvrzují i výsledky z dotazníku SCI-SET, kde je z grafu 1 a 2 jasně viditelný posun u obou probandů.

## **Hypotéza H7**

Změna subjektivního vnímání míry spasticity osoby s nekompletní míšní lézí koreluje s objektivní změnou stupně spasticity X dle Tardieuho škály.

Hypotéza H7 předpokládala korelaci subjektivních vjemů probandů se standardizovaným měřením stupně spasticity X ve všech hodnocených svalových skupinách u obou probandů. Údaje k hypotéze H7 předkládají tabulky 6, 7 a 8 u probanda 1 a 14, 15 a 16 u probanda 2. Tabulky ukazují široký rozptyl hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu R ať již v rámci pozitivní, či negativní závislosti.

Avšak v tabulce 8 a 14 se objevuje korelace nulová a hypotézu  $H_7$  je tedy nutno považovat za zamítnutou.

## 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 nepřehledné 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 první případové studii byly nasbírány za deset po sobě jdoucích sezení, výsledky z druhé případové studie poté zahrnují data sesbíraná ze sezení pouze pěti, z důvodu následné nemoci probanda 2. U obou probandů výsledky ukázaly patrné změny ve sledovaných parametrech, nejvýraznější posun vykazovala modifikovaná subjektivní škála spasticity, kdy ke zlepšení došlo v důsledku téměř každé jedné intervence. Složitěji interpretovatelné jsou poté výsledky standardizovaného měření dle modifikované Tardieuovy škály. Podstatnými parametry, které stojí za to zdůraznit, jsou stupeň spasticity X a rozdíl úhlů R1-R2. Ke změně zde došlo ve 14 z 16 hodnocených proměnných, které budou více 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 modality, 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 žalostně chybí. Její 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 žádní nezkoumali spasticitu. To bylo autory této práce považováno za tristní a zároveň za důvod se do takové práce pustit.

## **Diskuze k hypotéze H1**

*Míra spasticity u osob s nekompletní míšní lézí bude po intervenci terapeutickým programem virtuální reality odlišná oproti stavu před intervencí.*

Tato hypotéza se v rámci této studie nepotvrdila. Možnou příčinou mohla být přisnost dané hypotézy, která předpokládala změnu všech sledovaných parametrů u všech sledovaných komponent u obou probandů. Tento předpoklad se ukázal jako velmi optimistický až nereálný. Byly však v rámci reakce na VR pozorovatelné rozdíly mezi jednotlivými případovými studiemi.

Již z pilotní studie, prováděné před samotným výzkumem, vyplynuly faktory, které působily jako ovlivňující v rámci rozdílů mezi jednotlivými probandy. Jedním z velmi významných faktorů byl stupeň neurologického rozsahu míšní léze a schopnost probanda postavit se na nohy. Osoby s AIS B vykazovaly subjektivně výraznější vjemy, než osoby se stupněm léze AIS C-D a celkově čím méně byl pacient schopen využívat končetiny k chůzi, či přesunům, tím větší vliv virtuální reality popisoval.

Dalším faktorem mohla být také doba od vzniku léze, kdy je mezi probandy rozdíl 10 let, kdy při „mladší lézi“ se mohl účinek projevit výrazněji než u léze již velmi dlouholeté. S tímto může zároveň souviset psychické ladění pacienta, neboť i když je proband 1 psychicky kompenzovaný, přeci jen si na život s porušením míchy zvyká kratší dobu než proband dvě, který je upoután na vozík třetinu svého života.

## **Diskuze k hypotéze H2**

*Stupeň spasticity X u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.*

Hypotéza H2 také nebyla v rámci této práce potvrzena. Pro potvrzení hypotézy by byla nutná velká změna minimálně o jeden stupeň v rámci studie. Posun o jeden celý stupeň je na 5 bodové škále velice výraznou změnou, které je složité dosáhnout během 30 minutové intervence. Přesto během některým intervencí se stupeň spasticity snížil. Zejména pokud byl před terapií na hodnotě 3 (tedy klonus ustávající do 30 sekund), došlo v některých případech ke snížení na stupeň 2 (zásek neboli catch). Avšak očekávat tak velkou změnu během 30 minut je velmi optimistické a zřejmě to je důvodem pro nepotvrzení hypotézy.



### **Diskuze k hypotéze H3**

*Úhel R1 u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.*

Hypotéza H3 byla vyhodnocena jako potvrzená, neboť došlo k průměrné změně v každém ze sledovaných parametrů u všech měřených svalových skupin. Byly viditelné rozdíly mezi jednotlivými probandy i mezi jednotlivými měřeními. Co se týče jednotlivých měření, nebyla pozorována žádná závislost na čase, či na pořadí intervencí. Rozdíly tedy pravděpodobně souvisí spíše s okolními faktory, které spasticitu ovlivňují, jako počasí, psychické ladění osoby, či náplň močového měchýře nebo střev.

### **Diskuze k hypotéze H4**

*Úhel R2 bude u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.*

Hypotéza H4 byla u jednoho probanda potvrzena, zatímco u druhého ne. V rámci vlivu virtuální reality na úhel R2 se zde ukazuje určitá míra individuality. Úhel R2 je měřen rychlostí V1, tedy pomalým pasivním protažením. Dle metodik různých způsobů měření rozsahu pohybu, či jiných hodnotících nástrojů využívajících pomalý pasivní pohyb a změření úhlu, je vždy doporučováno, aby měření prováděla stejná osoba. To je mimo jiné i z důvodu odlišné síly využití na dotažení konce pohybu. Stokilový muž jistě zvládne naměřit o něco vyšší úhel než drobná žena. Na to má vliv, mimo jiné, i tonus daného svalu. Ten je také řízen centrálně. Vzhledem k faktu, že všechna měření prováděla stejná osoba, avšak úhly po intervenci byly často vyšší než před ní, dá se zde spekulovat, zda lze pomocí virtuální reality ovlivnit právě svalové napětí.

### **Diskuze k hypotéze H5**

*Rozdíl úhlů R1-R2 bude odlišný u osoby s nekompletní míšní lézí změněn v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.*

Daná práce se pokoušela prozkoumat, zda je možno pomocí virtuální reality spasticitu jako takovou u osob po míšní lézi vůbec ovlivnit. Rozdíl úhlů R1-R2 je v rámci modifikované Tardieuho škály považován za velmi důležitý určující parametr.

V rámci dané práce došlo ke změně u všech sledovaných svalových skupin. Hypotéza je tedy potvrzená.

Avšak v rámci klinického pohledu na věc je nutné rozlišit, zda změna znamená, že rozdíl mezi úhly je menší, či větší. MTS totiž udává, že čím vyšší je absolutní hodnota rozdílu úhlů R1-R2, tím větší je působení dynamické složky spasticity. Jsou zde opět patrné rozdíly mezi probandy, avšak v rámci některých sledovaných kvalit došlo ke zvýšení rozdílu, zatímco v rámci jiných ke snížení. Zvýšení úhlů však nemusí být nutně způsobeno pouze zvýšením působení dynamické složky. Během měření po terapii totiž občas docházelo k mírnému zvýšení úhlu R2, tedy ke zvýšení úhlu u pomalého protažení elastické složky. Hodnotitel během měření před i po intervenci využíval stejnou svalovou sílu pro finální dotažení pohybu a tedy změření úhlu R2, po intervenci však měřitel v některých případech pociťoval snížený odpor měkkých tkání i na pomalé pasivní protažení a danou silou tedy došlo k většímu protažení svalové skupiny a tím i k vyšší hodnotě R2. Rozdíl úhlů byl tedy v důsledku vyšší, i když se jednalo o složku elastickou, která došla změny, nikoliv o složku dynamickou.

## **Diskuze k hypotéze H6**

*Subjektivní vnímání míry spasticity u osoby s nekompletní míšní lézí bude změněno v důsledku intervence terapeutickým programem virtuální reality.*

Hypotéza H6 byla v rámci této práce prokázána. U jednoho probanda vyšly výsledky i s dostatečnou statistickou významností u druhého ne, avšak změna byla jasně patrná. Důvod proč u druhého probanda nebyly výsledky také prokázány i statisticky je zřejmě nízký počet intervencí a tedy malý počet hodnot vstupujících do statistiky. V rámci této hypotézy byly také nejvyšší očekávání vzhledem k poznatkům vycházejících z pilotní studie.

V rámci pilotní studie udávalo intenzivní subjektivní vjemy 90% probandů. Jak během pilotní studie, tak během samotného výzkumu popisovali probandi pocity brnění nohou v okamžiku nášlapu ve virtuální realitě, či šimrání, tlak nebo šubání na dolních končetinách, někteří i na trupu. Subjektivní pocity však byly velice ovlivněny schopností probanda se na nohy postavit, či i jeho míru sebeobsluhy. Čím soběstačnější pacient, tím méně subjektivních vjemů udával. Zároveň byla vyzpozorována 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.

Co se týče dotazníku SCI-SET, jeho výsledky závisí, mimo jiné, také na schopnosti osoby vybavit si dané situace posledních 7 dní. To klade na probanda značné nároky v oblasti kognice. Současně je velmi pravděpodobné, že bude hodnocení výrazněji ovlivněno stavem posledních dvou dní, než stavem před sedmi dny.

### **Diskuze k hypotéze H7**

*Změna subjektivního vnímání míry spasticity osoby s nekompletní míšní lézí koreluje s objektivní změnou stupně spasticity X dle Tardieuého škály.*

Tuto hypotézu bylo v rámci dostupných výsledků nutno zamítnout. Výsledky v rámci této hypotézy byly velice rozmanité. Objevila se zde jak nulová korelace, korelace neproveditelná, tak korelace poměrně silná. Zároveň bylo možno pozorovat jak korelaci pozitivní tak negativní. Tyto výsledky jistě souvisí s určitým nárokem na probanda vlastní spasticitu ohodnotit. Zároveň však byla hypotéza týkající se subjektivního vnímání potvrzena, zatímco hypotéza týkající se stupně spasticity X byla vyvrácena. Z klinického hlediska je tedy možné, že i když se spasmy jeví na povrch beze změny, může se měnit jejich vliv na probanda a jeho nepříjemné pocity, jako například bolest. Což z hlediska kvality života je pro jednotlivé osoby hodnotnějším faktem než v opačném případě.

### **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. Mnoho z nich je jmenováno v diskuzi. 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, který se výrazně projevil zejména v rámci statistického zpracování je z jednoho pohledu poté nízký počet probandů a z druhého nízký počet měření u jednotlivých osob. První proband byl podroben deseti intervencím, zatímco proband druhý, z důvodu nemoci, pouze pěti. Z pěti intervencí je poté náročné vyvozovat závazné závěry, avšak z časového hlediska autorky i probandů nebylo možné výzkum zopakovat, či protáhnout. Studie tedy nastiňují jistý potenciál, je zde však silný apel na provedení dalších hlubších a delších studií pro definitivní potvrzení vlivu virtuální reality.

Posledním limitem práce mohlo 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 a stupeň spasticity X dle modifikované Tardieuho škály na plantárních flexorech hlezenních kloubů a flexorech kolenních kloubu obou dolních končetin. Dále byla hodnocena subjektivní míra spasticity probandů dle modifikované subjektivní škály spasticity a dle dotazníku SCI-SET. Bylo definováno sedm hypotéz, z nichž tři byly potvrzeny. Zároveň byla jedna hypotéza vyhodnocena jako částečně potvrzená, neboť se jeví jako průkazná u jednoho ze dvou probandů. Celková obecná hypotéza, která zní „míra spasticity u osob s nekompletní míšní lézí bude po intervenci terapeutickým programem virtuální reality odlišná oproti stavu před intervencí“ se celkově neprokázala, neboť změnu nevykazovaly všechny hodnocené parametry u obou probandů na všech sledovaných svalových skupinách. Byl zde však významný kladný efekt na vlastní vnímání spastických vjemů probanda, což má z klinického i individuálního hlediska obrovský význam. Virtuální realita jako taková má prokazatelný motivační efekt na terapii, a i jejímu vlastnímu působení lze přičíst pozitivní výsledky. Tato práce přináší první nástin možného využití aktivní virtuální reality s prvky interaktivní virtuální reality, jako potenciálního inovativního způsobu na ovlivnění spasticity u osob po míšní lézi. Výsledky je nutno podstoupit dalšímu, podrobnějšímu výzkumu na větší skupině obyvatel, avšak i tyto případové studie mohou 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) 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>
- 6) 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>
- 7) AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2433-4.
- 8) 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.
- 9) 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>
- 10) 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.
- 11) 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>
- 12) BRDLIČKA, B. *Učení s počítačem: hypertextová učebnice - Virtuální realita* [online]. 1995 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <http://it.pedf.cuni.cz/~bohr/ucspoc/virtreal.htm>
- 13) 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](https://pdfs.semanticscholar.org/7ad6/4686b8a2f8a19cff4cb99307f5a3f566dda3.pdf?_ga=2.10559165.887456169.1591103867-1676305637.1591103867)
- 14) 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>
- 15) 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>
- 16) 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>
- 17) 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>
- 18) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8.
- 19) 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/>
- 20) 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.
- 21) DOLEŽEL, Jan. Traumatická léze míšni. *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>
- 22) 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>
- 23) 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>
- 24) 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>
- 25) 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>
- 26) 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: 10.1080/09638280500404305. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638280500404305>
- 27) HÁKOVÁ, Renata a Jiří KRÍŽ. 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.csmn.eu/en/czech-slovak-neurology-article/spinal-shock-from-pathophysiology-to-clinical-manifestation-52139>
- 28) 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>
- 29) HOLUBÁŘOVÁ, Jiřina a Dagmar PAVLŮ. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1294-2.
- 30) HRABÁLEK, Lumír. *Poranění páteře a míchy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2842-0.
- 31) 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/S1053811907006945>
- 32) 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>
- 33) 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>
- 34) 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>
- 35) 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>
- 36) 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>
- 37) KAŇOVSKÝ, Petr, Martin BAREŠ a Jaroslav DUFEK. *Spasticita: mechanismy, diagnostika, léčba*. Praha: MAXDORF, 2004. Jessenius. ISBN 80-734-5042-9.
- 38) 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>
- 39) 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>
- 40) KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

- 41) KOLÁŘ, P. Spasticita u dětské mozkové obrny (DMO). *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství* [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>
- 42) KRÍŽ, Jiří. *Poranění míchy: příčiny, důsledky, organizace péče*. Praha: Galén, [2019]. Rehabilitační a fyzikální terapie. ISBN 978-80-7492-424-8.
- 43) KRÍŽ, Jiří a Zdeňka FALTÝNKOVÁ. *Léčba a rehabilitace pacientů s míšní lézí : příručka pro praktické lékaře*. Česká asociace paraplegiků - CZEPA. Praha, 2012.
- 44) 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>
- 45) 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>
- 46) 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>
- 47) LANCE J. W. Spasticity: disordered motor control. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP, editors. Symposium synopsis. Chicago: Yearbook Medical; 1980: 485–494.
- 48) 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/>
- 49) 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/>
- 50) LYNSKEY, 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>
- 51) 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>
- 52) 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>
- 53) MELLET-D'HUART, Daniel. Virtual Reality for Training and Lifelong Learning. *Themes in science and technology education*. 2009, Special Issue, 185-224.
- 54) 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>
- 55) 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>
- 56) 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>
- 57) NÁHLOVSKÝ, Jiří. *Neurochirurgie*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-726-2319-2.
- 58) 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-sciset/#1467983894080-2c29ca8d-88af>
- 59) Oculus Quest. In: *Zboží.cz* [online]. [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/oculus-quest/>
- 60) 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>
- 61) 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>
- 62) 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>
- 63) 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>
- 64) 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>
- 65) 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>

- 66) 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>
- 67) ŘASOVÁ, Kamila. *Fyzioterapie u neurologicky nemocných (se zaměřením na roztroušenou sklerózu mozkomíšni)*. Praha: Ceros, 2007. ISBN 978-80-239-9300-4.
- 68) 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>
- 69) 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>
- 70) 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>
- 71) 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\\_disorders\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/270507452_Virtualni_realita_jako_moznost_lecby_uzkostnych_poruch_Virtual_reality_as_alternative_for_anxiety_disorders_treatment)
- 72) 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>
- 73) 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](http://www.csmn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/mechanizmy-spasticity-a-jeji-hodnoceni-40575?confirm_rules=1)

- 74) ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana, Edvard EHLER a Robert JECH. *Spasticita a její léčba*. Praha: Maxdorf, c2012. Jessenius. ISBN 978-807-3453-022.
- 75) 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>
- 76) VACEK, Jan, Ivana WURSTOVÁ, Jiří KRÍŽ, 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.
- 77) VOJTA, Václav a Annegret PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-
- 78) 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.
- 79) 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>
- 80) 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>
- 81) 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) .....	77
Obrázek 5 Pohled na virtuální park 1 (autorské foto).....	78
Obrázek 6 Pohled na virtuální park 2 (autorské foto).....	78
Obrázek 7 Pohled na tělo při chůzi (autorské foto) .....	79



## Seznam tabulek

Tabulka 1 Stupeň spasticity X probanda 1 .....	86
Tabulka 2 Úhel R1 (YV3) probanda 1 .....	87
Tabulka 3 Úhel R2 (YV1) probanda 1 .....	88
Tabulka 4 Rozdíl úhlů R1-R2 probanda 1 .....	88
Tabulka 5 Subjektivní hodnocení probanda 1 .....	89
Tabulka 6 Spearmanův korelační koeficient před intervencí probanda 1 .....	91
Tabulka 7 Spearmanův korelační koeficient po intervenci probanda 1 .....	91
Tabulka 8 Spearmanův korelační koeficient rozdílu před a po intervenci probanda 1 ..	92
Tabulka 9 Stupeň spasticity X probanda 2 .....	93
Tabulka 10 Úhel R1 (YV3) probanda 2 .....	93
Tabulka 11 Úhel R2 (YV1) probanda 2 .....	94
Tabulka 12 Rozdíl úhlů R1-R2 probanda 2 .....	95
Tabulka 13 Subjektivní hodnocení probanda 2 .....	96
Tabulka 14 Spearmanův korelační koeficient před intervencí probanda 2 .....	97
Tabulka 15 Spearmanův korelační koeficient po intervenci probanda 2 .....	97
Tabulka 16 Spearmanův korelační koeficient rozdílu před a po intervenci probanda 2	98

## **Seznam grafů**

Graf 1 Údaje z dotazníku SCI-SET u probanda 1 .....	90
Graf 2 Údaje z dotazníku SCI-SET u probanda 2 .....	96

# **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 Hodnocení spasticity (SCI-SET)

Příloha č. 6 Tabulky celkových naměřených hodnot probanda 1

Příloha č. 7 Tabulky celkových naměřených hodnot probanda 2

## 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 Daňová, 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/rozmazáním 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.

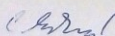
V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

**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.

Potvrzují, 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

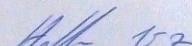
Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 190/2019

dne: 11. 9. 2019

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

Resoluce projektu splní 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 30 minut a spolu s měřením Vám zabere přibližně jednu hodinu 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 v disertační práci v 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

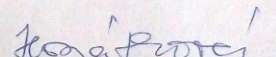
- vyjádření komise a stanovisko:

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 (Štětkářová, 2013)

### Zásady

- testování je vždy ve stejnou denní dobu
- vždy se zachovává stejná poloha těla při testování dané končetiny
- klouby (včetně šje) 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 záškub („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 Hodnocení spasticity (SCI-SET)

### DOTAZNÍK PRO HODNOCENÍ SPASTICITY PO PORANĚNÍ MÍCHY (SCI-SET)

Pro každou aktivitu zvolte odpověď, která nejlépe popisuje, jak ovlivnily příznaky spasticity popsanou oblast vašeho života **během posledních sedmi dnů**. Pokud hovoříme o příznacích spasticity, máme na mysli:

- a) nekontrolovanou, vůli neovlivnitelnou svalovou kontrakci nebo pohyb (pomalý nebo rychlý; krátký nebo dlouhý),  
 b) mimovolní opakovaný rychlý stah svalu (nahoru a dolů; do stran), c) zvýšené svalové napětí a  
 d) to, co byste popsal/a jako „spasmy“.  
 Pokud na otázku nemůžete odpovědět, zakroužkujte prosím N/A.

Extremně problematické	Středně problematické	Mírně problematické	Bez efektu	Mírně výhodné	Středně výhodné	Extremně výhodné
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

#### JAK OVLIVNILY BĚHEM POSLEDNÍCH SEDMI DNŮ PŘÍZNAKY SPASTICITY:

1. vaše sprchování?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
2. vaše oblékání/svlékání?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
3. vaše přesuny (do a z lůžka, vozíku, auta, atd)?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
4. vaši polohu vsedě (ve vozíku)?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
5. přípravu jídla?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
6. jezení?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
7. pití?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
8. vaši jemnou motoriku (psaní, používání počítače, atd)?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
9. vaši schopnost vykonávat domácí práce?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
10. vaše koníčky/rekreační aktivity?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
11. vaše potěšení ze sociálních aktivit?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
12. vaši schopnost stoje/zátěže svojí vahou?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
13. vaši schopnost chůze?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
14. vaši stabilitu/rovnováhu?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
15. vaši svalovou únavu?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
16. pohyblivost vašich kloubů?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
17. vaši běžnou léčbu/cvičení?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
18. vaše manuální ovládání vozíku?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
19. vaši sílu pro ovládání vozíku?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
20. vaši polohu vleže (na lůžku, atd)?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
21. vaši schopnost změnit polohu na lůžku?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
22. vaši schopnost usnout?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
23. kvalitu vašeho spánku?	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A



	Extremně problematické	Středně problematické	Mírně problematické	Bez efektu	Mírně výhodné	Středně výhodné	Extremně výhodné					
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3					
24. váš sexuální život?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
25. váš pocit mrzutosti?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
26. váš pocit rozpačitosti?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
27. váš pocit sociální pohody?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
28. váš pocit fyzické pohody?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
29. vaší bolest?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
30. vaší obavu z pádu?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
31. vaší obavu ze zranění?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
32. vaší obavu z nechtěného zranění jiné osoby?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
33. vaší schopnost koncentrace?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
34. vaše pocity ovládnání svého těla?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A
35. vaší potřebu požádat o pomoc?					-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	N/A

Počet (+) položek: _____	Negativní skóre: _____
Počet (-) položek: _____	Pozitivní skóre: _____
Počet (0) položek: _____	Celkové skóre: _____
	Použitelné položky: _____
	Průměrné skóre: _____

### Pennova škála frekvence spasmů (PSFS)

#### Frekvence spasmů

- 0 = žádný spasmus
- 1 = mírné spasmus vyvolané pouze stimulací
- 2 = spontánní spasmus vyskytující se zřídka – méně než jedenkrát za hodinu
- 3 = spontánní spasmus vyskytující se více než jedenkrát za hodinu
- 4 = spontánní spasmus vyskytující se více než desetkrát za hodinu

#### Algoritmus

1. Zhodnoťte počet spasmů, které se u Vás objevily v průběhu jedné hodiny ráno od přesunu z lůžka na vozík.
2. Zakroužkujte správnou odpověď.
  - Za stimulaci se považuje manipulace s dolními končetinami, případně zevní podnět (dotyk).
  - Za spontánní se považují i spasmus spojené s jízdou na vozíku nebo jinými běžnými aktivitami horních končetin.

**Příloha č. 6 Tabulky celkových naměřených hodnot probanda 1**

Měření č.	Plantární flexory hlezna - LEVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	90	75	60	50	30	25	2	2
2	80	80	70	55	10	25	3	2
3	75	78	65	68	10	10	2	3
4	80	90	70	80	10	10	3	3
5	85	85	70	60	15	25	2	2
6	80	85	60	65	20	20	2	2
7	85	90	70	70	15	20	3	3
8	80	90	65	60	15	30	2	2
9	85	85	60	65	25	20	2	2
10	90	95	60	65	30	30	2	2

Měření č.	Flexory kolene - LEVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	170	170	135	140	35	30	2	2
2	160	160	140	140	20	20	2	2
3	170	175	125	125	45	50	2	2
4	170	170	125	125	45	45	3	2
5	175	180	130	135	45	45	2	2
6	175	175	130	125	45	50	2	2
7	180	180	130	130	50	50	2	2
8	170	175	115	125	55	50	2	2
9	175	180	135	135	40	45	2	2
10	175	175	135	135	40	40	2	2

Měření č.	Plantární flexory hlezna - PRAVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	90	90	78	66	12	24	2	2
2	80	90	70	70	10	20	3	3
3	80	78	70	68	10	10	3	3
4	85	80	70	65	15	15	3	3
5	80	85	62	62	18	23	3	2
6	90	95	65	70	25	25	2	2
7	90	90	72	80	18	10	3	3
8	90	90	60	65	30	25	3	2
9	90	90	65	65	25	25	2	2
10	90	90	70	75	20	15	2	2

Měření č.	Flexory kolene - PRAVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	160	170	135	135	25	35	2	2
2	160	160	140	140	20	20	2	2
3	170	175	140	135	30	40	3	2
4	175	175	140	130	35	45	2	2
5	170	175	140	130	30	45	2	2
6	170	170	140	140	30	30	2	2
7	175	175	140	130	35	45	2	2
8	175	175	140	130	35	45	2	2
9	175	175	140	130	35	45	2	2
10	170	180	140	135	30	45	2	2

Měření č.	Subjektivně	
	Před	Po
1	3	2
2	4	3
3	4	3
4	4	3
5	3	2
6	3	2
7	2	2
8	4	4
9	3	2
10	2	1,5

**Příloha č. 7 Tabulky celkových naměřených hodnot probanda 2**

Měření č.	Plantární flexory hlezna - LEVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	75	75	75	75	0	0	1	1
2	75	80	68	68	7	12	2	2
3	78	75	62	65	16	10	3	2
4	70	70	70	70	0	0	1	1
5	70	70	65	65	5	5	3	2

Měření č.	Flexory kolene - LEVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	150	150	140	140	10	10	3	2
2	150	140	130	125	20	15	3	2
3	140	135	115	115	25	20	2	2
4	150	150	130	120	20	30	2	2
5	140	140	110	113	30	27	2	2

Měření č.	Plantární flexory hlezna - PRAVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	60	68	60	68	0	0	1	1
2	75	80	68	80	7	0	2	1
3	60	70	55	66	5	4	3	2
4	75	80	75	75	0	5	1	2
5	75	75	70	70	5	5	3	2

Měření č.	Flexory kolene - PRAVÁ							
	YV1 (R2)		YV3 (R1)		R1-R2		Stupeň X	
	Před	Po	Před	Po	Před	Po	Před	Po
1	130	130	140	125	10	5	3	2
2	150	145	135	125	15	20	2	3
3	150	150	125	110	25	40	2	2
4	150	155	130	130	20	25	2	2
5	150	150	110	110	40	40	2	2

Měření č.	Subjektivně	
	Před	Po
1	1	1
2	1	0,5
3	0,5	1
4	2	0,5
5	1	0,5