

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Jana Havelková

**Hodnocení efektivity terapie s využitím virtuální reality
pomocí přístrojových a klinických testů na horní končetině
u pacientů po CMP**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Lucie Szmeková

Olomouc 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením
Mgr. et Mgr. Lucie Szmekové a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne:

podpis

Poděkování:

Děkuji Mgr. et Mgr. Lucii Szmekové za odborné vedení diplomové práce. Poděkování patří i Mgr. Dagmar Tečové za pomoc při statistickém zpracování dat. Dále děkuji všem probandům, kteří se účastnili výzkumu za jejich ochotu a trpělivost. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

Diplomová práce vznikla za podpory projektu IGA_FZV_2015_011: „Objektivizace efektu kognitivní terapie s využitím virtuální reality“.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Hodnocení efektivity terapie s využitím virtuální reality pomocí přístrojových a klinických testů na horní končetině u pacientů po CMP

Název práce v AJ: Evaluating the efficiency of virtual reality therapy on cerebrovascular accident patients using instrumental and clinical tests of the upper extremity

Datum zadání: 2015-01-31

Datum odevzdání: 2016-05-12

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Autor práce: Bc. Jana Havelková

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Lucie Szmeková

Oponent práce: MUDr. Petr Konečný, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Diplomová práce se zabývá efektem využití virtuální reality v terapii paretické horní končetiny u pacientů po cévní mozkové příhodě. Cílem práce bylo zhodnotit efekt virtuální reality na funkci paretické horní končetiny a zjistit vzájemný vztah přístrojových a klinických testů v hodnocení funkce paretické horní končetiny. Teoretická část obsahuje poznatky týkající se cévní mozkové příhody (dále jen CMP), neuroplasticity, virtuální reality, robotické terapie a testování v rehabilitaci. Experimentální část hodnotí efekt terapie pomocí klinických (dynamometr, Action Research Arm Test, Fugl – Meyer Assessment) a přístrojových testů (Reaction time, Hand path ratio). Toto testování probíhalo před a po dvoutýdenní terapii. Studie se účastnilo 12 probandů v subakutní fázi po CMP. U šesti probandů v experimentální skupině probíhala terapie s využitím virtuální reality na přístroji Armeo®Spring a u šesti probandů v kontrolní skupině probíhala klasická terapie pro pacienty po CMP. Z výsledků vyplývá, že při terapii s využitím virtuální reality došlo u pacientů k signifikantnímu zlepšení v času reakce na podnět, v koordinaci pohybu mezi předměty, v motorické a senzitivní funkci

horní končetiny. Konkrétně se jednalo o parametry Reaction time, Hand path ratio, Fugl – Meyer Assessment Motor function a Fugl – Meyer Assessment Sensation. Při porovnání experimentální a kontrolní skupiny byl signifikantní rozdíl v efektu terapie v koordinaci pohybu mezi předměty, tedy v testu Hand path ratio. V hodnocení vzájemného vztahu přístrojových a klinických testů byla zjištěna signifikantní korelace mezi testy Action Research Arm Test a Reaction time.

Abstrakt v AJ:

The thesis deals with the effect of virtual reality in the rehabilitation therapy of paretic upper extremity in patients after stroke. The aim of this thesis is to evaluate the effect of virtual reality on paretic upper extremity function and to determine the relationship between clinical and instrumental tests in the evaluation of paretic upper extremity function. The theoretical part contains information about the stroke, neuroplasticity, virtual reality, robotics therapies and rehabilitation outcome measures. The experimental part evaluates the effect of therapy using clinical (dynamometer, Action Research Arm Test, Fugl – Meyer Assessment) and instrument tests (Reaction Time, Hand path ratio). This testing was conducted before and after two weeks of treatment. Twelve subacute stroke patients participated in the study. Six probands in the experimental group received therapy using the virtual reality on the Armeo®Spring device and six probands in the control group received conventional therapy for stroke patients. The results show that in the therapy using virtual reality patients had a significant improvement time in reaction time, in coordination of movement, in motor and sensation function of the upper extremity. Exactly in the parameters of Reaction time, Hand path ratio, Fugl – Meyer Assessment Motor function and Fugl – Meyer Assessment Sensation. There was a significant difference in the effect of therapy with the Hand path ratio test when comparing the experimental and control groups. There was a significant correlation between Action Research Arm Test and Reaction time in evaluating the relationship between instrumental and clinical tests.

Klíčová slova v ČJ: cévní mozková příhoda, hemiparéza, virtuální realita, horní končetina, fyzioterapie, klinické testy, přístrojové testy

Klíčová slova v AJ: stroke, hemiparesis, virtual reality, upper extremity, physiotherapy, clinical tests, instrumental tests

Rozsah:80 stran / 7 příloh

OBSAH

ÚVOD	8
1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ	10
1.1 Cévní mozková příhoda	10
1.2 Řízení motoriky	10
1.2.1 Motorické učení	11
1.2.2 Motivace	12
1.3 Poruchy motoriky u pacientů po CMP	12
1.4 Rehabilitace po CMP	12
1.5 Neuroplasticita	14
1.5.1 Reaktivní neuroplasticita	15
1.5.2 Adaptační neuroplasticita	15
1.5.3 Reparační neuroplasticita	16
1.6 Virtuální realita	16
1.6.1 Virtuální realita v rehabilitaci	17
1.7 Robotická terapie	18
1.7.1 Armeo®Spring	19
1.8 Hodnocení pacientů po CMP	21
1.8.1 Typy testování	22
1.8.2 Evidence based medicine (EBM)	23
1.8.3 Validita	24
1.8.4 Reliabilita	24
1.8.5 Klinické hodnocení funkce horní končetiny	24
1.8.6 Dynamometr	25
1.8.7 The Action Research Arm Test (ARAT)	25
1.8.8 Fugl – Meyer Assessment (FMA)	26
1.8.9 Přístrojové hodnocení horní končetiny	27
2 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	29
3 HYPOTÉZY	29
4 METODIKA VÝZKUMU	31
4.1 Charakteristika testovaného souboru	31
4.2 Průběh testování	33
4.3 Klinické testy	34

4.3.1	Dynamometr.....	34
4.3.2	The Action Research Arm Test (ARAT)	34
4.3.3	Fugl – Meyer assessment – upper extremity (FMA – UE)	35
4.4	Přístrojové hodnocení	36
4.5	Průběh terapie	36
4.6	Statistické zpracování dat.....	37
5	VÝSLEDKY	38
5.1	Výsledky hypotézy H ₀₁	38
5.2	Výsledky hypotézy H ₀₂	42
5.3	Výsledky hypotézy H ₀₃	46
5.4	Výsledky hypotézy H ₀₄	48
5.5	Výsledky hypotézy H ₀₅	48
6	DISKUZE	50
6.1	Vědecká otázka č. 1	51
6.2	Diskuze k hypotéze č. 1	52
6.3	Diskuze k hypotéze č. 2	56
6.4	Diskuze k hypotéze č. 3	60
6.5	Vědecká otázka č. 2	62
6.6	Diskuze k hypotéze č. 4	62
6.7	Diskuze k hypotéze č. 5	63
6.8	Limity práce	65
6.9	Přínos pro praxi	66
	ZÁVĚR	67
	REFERENČNÍ SEZNAM.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM TABULEK.....	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Cévní mozková příhoda (CMP) je častou příčinou těžkého zdravotního postižení. Poškození mozku a jeho následky znamenají pro člověka mnoho změn v jeho dosavadním životě. Změny jsou patrné nejen na úrovni fyzické, ale i psychické, sociální a ekonomické. V posledních letech se v populaci snižuje věková hranice výskytu tohoto onemocnění. Důsledkem toho je CMP větší zátěží i pro celou společnost, protože se týká lidí v produktivním věku. Většina pacientů vnímá jako nejvíce omezující postižení horní končetiny, a to z důvodu obtížné sebeobsluhy a nemožnosti vykonávat běžné denní činnosti. Postižení je pro ně také limitující v profesním životě.

Včasně zahájenou a vhodně postavenou rehabilitací lze následky poškození mozku odstranit nebo alespoň zmírnit. Fyziologická schopnost mozku přizpůsobovat se novým podmínkám, označovaná termínem neuroplasticita, je důležitá vlastnost mozku, kterou v rehabilitaci osob s poškozením centrálního nervového systému hojně využíváme. Současná neurorehabilitace vychází ze znalostí neuroplasticity a působením různých stimulů se snaží tento proces reparace umocnit.

Technologický rozvoj přinesl do rehabilitace nové robotické přístroje usnadňující práci fyzioterapeutům a umožňující pacientům jiný rozměr rehabilitace. Robotické přístroje dávají možnost zařazení virtuální reality (VR) do terapie a poskytují tak pacientům nové možnosti v jejich léčbě. Jedním z takových přístrojů je i Armeo®Spring, který patří to kategorie aktivní asistované terapie v prostředí virtuální reality. Tento exoskelet určený pro horní končetinu má možnost antigravitačního odlehčení a využívá v terapii akustickou a vizuální zpětnou vazbu. V našem měření byl využit pro terapii VR v experimentální skupině.

Trendem současné rehabilitace je získávání objektivních výsledků terapie. Na základě získaných dat je možné hodnotit a zlepšovat prováděnou terapii nebo porovnávat výsledky mezi terapeuty nebo i mezi různými pracovišti. V běžné praxi se používají různé klinické testy hodnotící efekt terapie. Většina robotických přístrojů také nabízí hodnocení efektu terapie. Přístroje mají tu výhodu, že získaná data jsou více objektivní než výsledky klinických testů z důvodu možného vlivu subjektivního zkreslení terapeutem. Klinické testy jsou zase většinou rychlejší, dostupnější a snadněji proveditelné. Proto jsme se v této práci zabývali i testováním v rehabilitaci a vzájemnou korelací mezi přístrojovými a klinickými testy.

Cílem diplomové práce je zhodnotit efekt využití VR v rehabilitaci paretické horní končetiny u pacientů po CMP a zjistit korelaci mezi přístrojovými a klinickými testy, které se používají k hodnocení motorické funkce horní končetiny. Práce je rozdělena do šesti hlavních

kapitol. V první kapitole jsou shrnuty teoretické poznatky k dané problematice, jedná se především o CMP, neuroplasticitu, virtuální realitu, rehabilitaci po CMP a testování v rehabilitaci. Druhá a třetí kapitola uvádí cíl práce a hypotézy. Čtvrtá kapitola popisuje metodiku výzkumu. V páté kapitole jsou popsány a graficky znázorněny výsledky našeho měření. Poslední kapitola - diskuze konfrontuje naše výsledky s výsledky měření jiných studií.

Diplomová práce byla zpracována převážně z cizojazyčných elektronických zdrojů. Odborné články a studie jsme nejčastěji čerpali z databází PubMed, MEDLINE, ProQuest, Springer Link a Google scholar. Do vyhledávače jsme zadávali klíčová slova stroke, virtual reality, upper extremity, physiotherapy, hemiparesis, clinical test, instrumental test. K vyhledávání specifických článků týkajících se testování v rehabilitaci jsme zadávali klíčová slova ARAT, FMA, Hand path ratio, Reaction time a Armeo Spring. Z uvedených databází jsme celkem použili 52 článků. Ostatní informace jsme čerpali z odborných časopisů a knižních publikací. Informace byly vyhledávány a zpracovány v období od ledna 2015 do května 2016.

1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ

1.1 Cévní mozková příhoda

Jedná se o náhle vzniklé poškození mozkové tkáně způsobené uzávěrem některé z mozkových tepen (ischemie) nebo krvácením (hemoragie). Typické příznaky jako poruchy vědomí, hybnosti, rovnováhy, koordinace nebo smyslové poruchy přetrvávající déle než 24 hodin znamenají dokonaný mozkový iktus. Stejně příznaky trvající kratší dobu, typicky několik minut, které se spontánně upraví do 24 hodin, jsou znakem tranzitorní ischemické ataky - TIA (Kalina et al., 2008, s. 15-17).

Cévní mozková příhoda, dále jen CMP, je jedním z nejvíce destruktivních mozkových postižení. Následky postižení (psychologické, fyzické, finanční) nese nejen pacient, ale i jeho rodina a celá společnost (Kalvach et al., 2007, s. 31).

Cévní mozková příhoda je jednou z nejčastějších příčin úmrtí a trvalé invalidity. Incidence v České republice je asi 350 případů na 100 000 obyvatel, z toho asi 1/3 zemře. Přibližně polovina přeživších pacientů bývá těžce handicapována a závislá na ústavní péči nebo trvalou péči rodiny. Více než 1/3 pacientů je mladších 60 let (Kolář et al., 2009, s. 386, 387).

1.2 Řízení motoriky

Motorický nervový systém je tvořen všemi strukturami, jejichž hlavním cílem je zajistit tři základní motorické dovednosti: opěrnou, manipulační a sdělovací motoriku. Motorické systémy jsou hierarchicky uspořádané, vzájemně spolu kooperují a nejsou izolované od ostatních systémů nervové soustavy. K motorickému systému z hlediska funkční neuroanatomie řadíme: motorické jednotky, míchu (přední rohy míšni), motorická centra mozkového kmene, mozeček, motorická jádra thalamu, bazální ganglia a motorickou kůru hemisfér (Dylevský, 2009, s. 39, 40).

Mechanismy nervového systému, které jsou podkladem úmyslného pohybu, můžeme rozdělit do několika částí:

- **primární impuls** ke konkrétnímu pohybu pravděpodobně vychází z motivačních ústředí CNS, ty mají vztah k limbickému systému,
- následná **senzorická analýza** okolí za účelem zmapování prostředků či překážek k dosažení cíle,

- poté je vypracován **plán akce** na základě podmínek okolí, motorický systém zpracuje informace získané senzorickým systémem a vytvoří strategii dosažení cíle,
- na základě strategie je vypracován **program pohybu**, určení doby trvání a intenzity kontrakcí svalů potřebných k provedení konkrétního pohybu,
- proces je ukončen **iniciací a realizací pohybu** (Kralíček, 2011, s. 123).

Člověk má 3 úrovně řízení motoriky:

- **spinální:** řízení výkonných motorických orgánů (motoneurony),
- **subkortikální:** řízení posturální a teleokinetické (účelové) motoriky,
- **kortikální:** řízení ideokinetické (zamýšlené) motoriky (Véle, 1997, s. 61,62).

Řízení pohybů částí těla se zakládá na složité interakci korových i podkorových částí mozku. Podle typu i fáze pohybu se řízení účastní různé mozkové struktury (Rokyta, 2008, s. 295).

1.2.1 Motorické učení

Motorické učení je soubor procesů spojených s praxí nebo zkušeností, které vedou k relativně trvalým změnám v pohybových schopnostech člověka (Schmidt, 2011, p. 327). Získávání nových nebo ztracených motorických funkcí pomocí opakování. Je závislé na individuálních schopnostech (Schmidt, 2011, pp. 429-431).

Fáze motorického učení:

- **kognitivní (poznávací) fáze** – učení základních pohybových vzorců, vysoká kognitivní aktivita, nekonzistentní výkon, mnoho chyb,
- **asociativní fáze (fixace)** – postupné zlepšování výkonu, menší nároky na pozornost, méně chyb,
- **automatická fáze** – vysoká úroveň dovednosti, výkon je do značné míry automatický, velmi málo chyb (Haibach et al., 2011, pp. 50-54).

1.2.2 Motivace

Lidské chování úzce souvisí s úsilím uspokojovat své životní potřeby. Byl zaveden termín biologická motivace, který charakterizuje vrozené potřeby a tendence uspokojení a naplnění potřeb. Tento termín zahrnuje jak potřebu (vnitřní činitel organismu), tak i tendenci (vrozený program chování), jak ji uspokojit. Biologická motivace je určitý vnitřní stav organismu, který aktivuje geneticky determinovaný program chování a jeho realizace směřuje k redukci vnitřního činitele (Králíček, 2011, s. 160, 161).

1.3 Poruchy motoriky u pacientů po CMP

Rozsah a typ postižení závisí na lokalizaci uzávěru a možnostech kolaterálního oběhu. Tato práce je zaměřena na pacienty s postižením horní končetiny (dále jen HK) po uzávěru a. cerebri media, proto se budeme věnovat především popisu příznaků a potíží týkající se této lokalizace uzávěru.

Typický klinický obraz při postižení kmene a. cerebri media je kontralaterální porucha hybnosti, která bývá více vyjádřena na horní končetině, především akrálně. Také je přítomné Wernickeovo-Mannovo držení s charakteristickým klinickým obrazem spastického držení končetin. Pro postavení horní končetiny je typická deprese, addukce a vnitřní rotace v rameni, flexe v loketním kloubu, pronace předloktí, ulnární dukce, flexe ruky a prstů. Často je přítomna i kontralaterální hypestezie a kontralaterální hemianopsie. V případě poškození dominantní hemisféry se setkáváme s poruchou symbolických funkcí, pokud je poškozena nedominantní hemisféra, může být přítomen neglect syndrom. Při postižení větví této tepny nacházíme stejné příznaky jako při postižení kmene, avšak nebývají vyjádřeny všechny nebo jsou lehčího stupně (Kolář et al., 2009, s. 387; Tyrliková, 2012, s. 127-129).

1.4 Rehabilitace po CMP

Rehabilitační program musí být sestaven tak, aby péče o pacienta zahrnovala všechny neurologické poruchy, které jsou u pacienta vyjádřeny. Klinický obraz pacienta je vždy kombinovaným vyjádřením strukturálních a útlumových změn. Pomocí fyzioterapie usilujeme především o odstranění funkčního útlumu v okolí morfologického postižení a o prevenci rozvoje sekundárních útlumových změn v nadřazených i vzdáleně souvisejících oblastech (Kolář et al., 2009, s. 303 – 307).

Stupeň zotavení závisí na rozsahu a lokalitě CMP, ale výsledek léčby je velmi ovlivněn kvalitou rehabilitační léčby, především jejím časným zahájením. Klíčové se jeví první tři týdny po CMP (WHO, 2004, s. 17-18).

Při sestavování rehabilitačního programu vycházíme z vývojového stádia CMP. Tato stadia se vzájemně překrývají, nelze je tedy striktně oddělovat.

- 1. stádium akutní – tzv. pseudochabé stádium, převažuje svalová hypotonie,
- 2. stádium subakutní – rozvoj a převaha spasticity, svalový hypertonus,
- 3. stádium relativní úpravy – postupné zlepšování stavu, příznivý vývoj,
- 4. stádium chronické – konečná fáze, stav se již nezlepšuje (Horáček, 2006, s. 12).

Fyzioterapie u pacientů po iktu se snaží reagovat na aktuální fyzický i psychický stav pacienta. Základem programu jsou fyzioterapeutické metody založené na neurofyziologickém podkladu jako např. PNF, Bobath koncept nebo Vojtova metoda.

Akutní stádium probíhá převážně na neurologické JIP nebo na iktové jednotce a péče se skládá především z rehabilitačního ošetřovatelství. Velmi důležitou součástí je i polohování, především z důvodu prevence rozvoje muskuloskeletálních deformit a dekubitů, prevence oběhových komplikací. Polohování se také provádí za účelem zvýšení množství fyziologických informací pro CNS. U většiny pacientů je porušena i mechanika dýchání, proto se do terapie zařazuje i respirační fyzioterapie. Z fyzioterapie převládá pasivní cvičení, které postupně přechází v aktivní cvičení postižených končetin s cílem co nejlépe pacienta připravit na vertikalizaci.

V subakutním stádiu se obvykle začíná rozvíjet spasticita. Rozvoj spasticity je charakteristický pro flexory horní končetiny a extenzory dolní končetiny. V rehabilitaci je kladen důraz na nácvik aktivní hybnosti a samostatné vertikalizace. Vertikalizace je postupná, skládá se z několika fází. Začínáme posazováním na lůžku, následuje stabilizace v sedu, přemístění na židli či vozík, stoj a nakonec chůze.

Pokud je vývoj stavu příznivý, dochází k relativní úpravě nálezu. Někteří pacienti jsou již schopni dobře ovládat postiženou horní končetinu a chůze je zlepšená. Spasticita je obvykle jen mírná, pacient však stále nedokáže provádět izolované pohyby jednotlivých segmentů postižených končetin. Je tedy nutné se zaměřit na jemnější izolované pohyby a potlačovat patologické pohybové vzorce. Na horní končetině se snažíme o izolovaný pohyb akra bez souhybů v rameni a paži. Obdobně na dolní končetině v souvislosti s chůzí.

Ve spolupráci s ergoterapeutem se v terapii objevuje nácvik běžných denních činností (dále jen ADL), se zaměřením na úchop. V tomto období se terapie soustřeďuje na rozkládání primitivních pohybových stereotypů.

Někteří pacienti se nadále zlepšují, jiní dospějí do stádia, kdy už ke zlepšování nedochází. Špatné posturální a pohybové stereotypy jsou zafixované a pacient se tak nachází v chronické (konečném) stádiu. V tomto stádiu se již fyzioterapie a ergoterapie obvykle nezaměřuje na zlepšení funkčního stavu, ale na nácvik sebeobsluhy a jiných činností s ohledem na finální podobu postižení (Horáček, 2006, s. 12-15; Kolář et al., 2009, s. 391, 392; Lippertová-Grünerová, 2005, s. 100-109).

1.5 Neuroplasticita

Neuroplasticitu můžeme definovat jako schopnost nervového systému procházet fyziologickými změnami v důsledku změn životního prostředí, chování i genetických změn. Proces vývoje, stárnutí, učení, nervové a paměťové reakce na trauma, všechny tyto reakce patří do konceptu plasticity (Weiss et al., 2014, p. 6).

Neurony nejsou schopné regenerace, ale mají vysokou schopnost plasticity (přizpůsobení). Určité části mozku mohou přebírat ztracené funkce z jiných poškozených částí. Plasticita mozku je jedním z nejdůležitějších mechanismů vedoucích k uzdravení pacienta po iktu (Kalvach et al., 2007, s. 36-37).

Podstatou mozkové plasticity je, že ačkoliv má mozek stále uspořádání a funkce po celý život, jsou tyto funkce a uspořádání pozoruhodně variabilní. Tato variabilita ukazuje schopnost mozku reagovat na zranění změnou jeho funkcí a struktur. Ačkoliv je termín mozková plasticita nyní velmi často používán, není jednoduché ho definovat. Také není možné ho používat v souvislosti se změnami na tolika úrovních nervového systému od molekulárních dějů (jako změny v genové expresi) až po změny chování. Vztah mezi změnami na buněčné nebo molekulární úrovni a změnami v chování není vůbec jasný a je velmi těžké najít příčinné souvislosti mezi nimi. Nicméně je zkoumáno a publikováno mnoho nových poznatků v této oblasti a jejich porozumění je základ v rozvoji rehabilitační strategie po poškození mozku (Raskin, 2011, p. 13).

Globální změny pravděpodobně odrážejí synaptické změny, ale synaptické změny vycházejí z více molekulárních změn (jako kanálové modifikace, genové exprese, atd.).

Problém ve studiu mozkové plasticity je vybrat ideální ukazatel, který nejlépe odpoví na žádanou otázku. Změny v kalciových kanálech mohou být perfektní pro výzkum synaptických

změn na speciálních synapsích, které mohou souviset s jednoduchým učením. Nejdůležitější úrovně, na kterých byly prokázány změny ve zkoumání poranění mozku, byly změny anatomické (buněčná morfologie a spojení buněk) a fyziologické (kortikální stimulace). Každá z těchto úrovní může být spojena s výsledkem chování ve studiích lidí i zvířat (Raskin, 2011, pp. 14, 15)

V následujících hodinách, dnech až měsících po poranění mozku nastávají degenerativní a reparativní změny. Degenerativní změny mohou působit tvorbu nespecifických změn v poškozeném mozku, např. ztráta synapsí v rozsáhlých oblastech postižené hemisféry. Reparativní změny, které následují, mohou zvrátit nespecifické degenerativní změny. Avšak bez zkušeností, farmakologické a medicínské pomoci by spontánní reparativní změny nebyly tak signifikantní. Čím více se dozvídáme o principech mozkové plasticity z laboratorních měření zvířat i lidí, tím lépe můžeme rozvíjet nové možnosti léčby i obnovy po poranění mozku (Raskin, 2011, pp. 31-33).

Při krátkodobé expozici se uplatňuje plasticita reaktivní, při dlouhodobé nebo opakované zátěži plasticita adaptační, při funkční nebo morfologické obnově neuronálních okruhů plasticita reparační (Kolář et al., 2009, s. 304).

1.5.1 Reaktivní neuroplasticita

Její působení je omezeno na velmi krátký časový úsek, prakticky k ní dochází po dobu působení podnětu nebo v období časově velmi blízkém. Možnost aktivace neuroplastických mechanismů závisí na typu zásahu a na schopnostech organismu. Vliv na změny závisí i na délce působení podnětu a na citlivosti jednotlivých tkání (Trojan & Pokorný, 1997, s. 668-670).

1.5.2 Adaptační neuroplasticita

Je vyvolána dlouhodobým nebo opakujícím se působením. Dlouhodobé a komplexní podněty aktivují neuroplastické děje na úrovni synapsí i na úrovni lokální a multimodulární. Může docházet k přestavbě celého dendritického stromu a tím k reorganizaci aferentních vstupů. Adaptace však znamená i ztráty – hmoty, energie, informace. Bylo však dokázáno, že živé organismy při opakování přípustných podnětu dokážou tyto ztráty zmenšovat. Opakování je pravděpodobně zdrojem zkušenosti, kterou vyhodnotí tak, že postupně minimalizuje ztráty vynaložené na adaptaci. Tento jev je závislý na vývojovém stupni organismu i na charakteru adaptivních podnětů. K adaptivním reakcím dochází od úrovně plazmatické membrány po

vnitřní systémy mozku. Součástí reakcí jsou dočasné funkční kompenzační změny, ale i trvalá přizpůsobení (Trojan & Pokorný, 1997, s. 668-670).

1.5.3 Reparační neuroplasticita

Projevem neuroplasticity je schopnost nervové tkáně obnovit svoji funkci porušenou zásahem do struktury nervového systému. Experimenty na zvířatech potvrdily, že průběh neurální plasticity je ovlivněn stimuly z okolí. Působením stimulů dochází k reorganizaci motorického, somatosenzorického, vizuálního a auditivního kortexu. Stimuly působí změny v neurální struktuře a tím ovlivňují nebo obnovují funkce poškozených mozkových oblastí. Reparační děje jsou změny v účinnosti nebo počtu synapsí, přeskupování a tvorba nových větví dendritů a axonů, která je provázána přestavbou lokálních neuronálních okruhů nebo vztahů mezi jednotlivými funkčními mozkovými okruhy.

Člověk do dospělosti ztratí zhruba polovinu (20 miliard) nervových buněk. Nadbytečné nervové buňky jsou odstraněny apoptózou (programovaná buněčná smrt). Apoptóza nastává během vývoje po optimálním vyladění (tuning) konkrétní oblasti mozku.

Opačným procesem apoptózy je sprouting (pučení), jedná se o růst dendritů, především dendritických trnů. Sprouting je součástí evoluční plasticity i reparační plasticity. Apoptóza a sprouting mají klíčový význam pro dynamické změny nervového systému. Tyto změny lze ovlivnit fyziologicky tréninkem nebo terapeuticky neurorehabilitací (Kolář et al., 2009, s. 304, 305).

1.6 Virtuální realita

Virtuální realita (VR) je termín, který se vztahuje k počítačem simulovanému prostředí. Většina současných prostředí virtuální reality je primárně spojena s vizuálními zážitky, mohou být využívány i jiné smyslové informace (zvuk, hmat). Simulované prostředí využívané ve zdravotnictví napodobuje reálný svět, umožňuje uživateli integrovat se do něj. Technologie VR vytvářejí iluzi skutečného světa, ve kterém se pacient pohybuje a ovlivňuje ho (Mlíka et al., 2005, s. 112; Kolářová et al., 2014, 104).

Rozlišujeme tři základní stupně VR – pasivní, aktivní a interaktivní. Pasivní aplikace fungují podobně jako film. Prostor můžeme vidět, slyšet, cítit, ale nemůžeme ho žádným způsobem ovlivnit.

V aktivní aplikaci je možné prostředí libovolně zkoumat, pohybovat se v něm, prohlížet si ho ze všech stran nebo procházet stěnami. Nelze však virtuálně přemísťovat předměty.

Uživatel se pohybuje podobně jako duch. Prakticky se aktivní aplikace používá například k vyvolání dojmů, který může léčebně působit u pacientů s fobiemi nebo duševními poruchami.

Nejdokonalejší a technicky nejnáročnější jsou aplikace plně virtuálně interaktivní. Dovolují prostředí zkoumat a také ho modifikovat. Je možné brát virtuální předměty do ruky, přemísťovat je, libovolně s nimi manipulovat. Technika VR se rychle zdokonaluje (Co je to virtuální realita, 2011).

VR má za cíl vtáhnout uživatele do virtuálního (uměle generovaného) prostředí. Systémy pracující s virtuální realitou mají za úkol zásobit senzorický systém signály, které by se měly být co nejvíce podobat reálným podnětům (Mlíka et al., 2005, s. 112). Interakce uživatele s počítačem funguje na principu „Něco, co není skutečné, může být uživatelem považováno za skutečné“. Uživatel tedy reaguje na neskutečné podněty tak, jako by byly skutečné (Hand, 1994, pp. 107, 108).

1.6.1 Virtuální realita v rehabilitaci

Virtuální realita je inovativní technologie, která představuje prostředí generované počítačem, do kterého mohou uživatelé zasahovat. To umožňuje vytvářet multisenzorické podněty, které přenášejí komplikovanost reálného světa do virtuálního prostředí. V této virtuální realitě je možné měnit podmínky a určovat náročnost dle potřeb konkrétního uživatele (Luque-Moreno et al., 2015, pp. 1,2).

Virtuální realita funguje na principu simulace reálného prostředí za pomoci hardwarových i softwarových zařízení. Tato zařízení mají několik stupňů složitosti a je možné je individuálně nastavovat. Ve virtuálním prostředí získáváme informace o okolí stejnými smysly jako v reálném světě, avšak využíváme k tomu tzv. rozhraní člověk – stroj (Kolářová et al., 2014, s. 104).

Ve srovnání s tradičními rehabilitačními metodami mají systémy založené na VR několik výhod, a to schopnost individuálního nastavení, snadné přizpůsobení, schopnost měření, provádění zpětné vazby a začlenění stimulačních funkcí.

Specifické programy mohou být použity pro měření, kvantifikaci, vyhodnocování a ukládání dat. Díky schopnosti simulace může virtuální realita přinést reálný svět do kontrolovaného prostředí. Proto může systém založený na virtuální realitě provádět analýzu výkonu z různých hledisek a dávat uživateli zpětnou vazbu v reálném čase. Analýzy a

výsledky mohou být zaznamenány v počítači jako referenční hodnoty pro odborníky. Terapeut pak může upravit tréninkové parametry podle potřeby jednotlivých pacientů.

Důležitým faktorem v rehabilitaci je opakování. Uživatelé mohou být znuděni při opakování úkolu bez nového podnětu. Pokud chceme upoutat jeho pozornost během opakovaného tréninku, je důležité ukázat pozitivní výsledky terapie. Je jednoduché udělat cvičení pro uživatele atraktivnější, a to například zajímavými nebo náročnějšími úkoly, anebo soutěží s počítačem či jinými uživateli (Yang, 2009, pp. 2, 10).

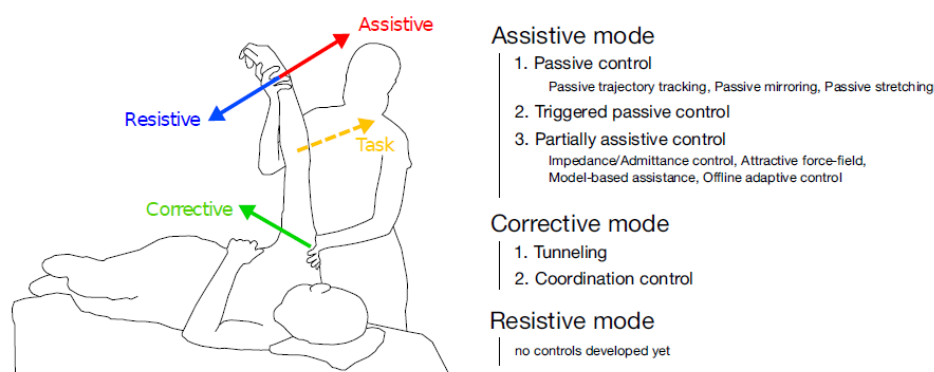
1.7 Robotická terapie

Robotická terapie lze definovat jako kombinace průmyslových robotů a léčebné rehabilitace. Pro svůj vznik a vývoj využívá celou řadu technologických oblastí od strojního a elektrotechnického inženýrství po umělou inteligenci (Rocon & Pons, 2011, pp. 1, 2).

Robotické rehabilitační systémy mají zavedené diagnostické a terapeutické funkce, které pomáhají a ulehčují práci fyzioterapeuta při reedukaci pohybů neurologického pacienta. Jedná se o zařízení, pomocí kterých je možné nastavit preventivní, diagnostická nebo terapeutická cvičení, která mají za cíl obnovení maximální funkční zdatnosti postiženého jedince. Robotické systémy mohou být zaměřené na rehabilitaci různých částí těla. Nejčastěji jsou tyto přístroje určeny pro rehabilitaci horní končetiny a nácvik či reedukaci chůze. Většinu přístrojů lze využít jak terapeuticky, tak diagnosticky (Hillman, 2004, p. 38).

Hlavní způsoby využití robotické terapie u pacientů po CMP:

- **pasivní terapie:** pohyb je prováděný robotem, pacient je relaxovaný, pohyb je vhodný pro udržení kloubního rozsahu,
- **aktivní asistovaná terapie:** pacient zahajuje pohyb, ale robot napomáhá v průběhu předem definovaného pohybu,
- **aktivní odporovaná terapie:** pacient překonává odpor kladený robotem během pohybu (Hillman, 2004, p. 38).



Obrázek 1 Tři globální strategie pro robotickou terapii v rehabilitaci a současná realizace robotických exoskeletů (Proietti, 2016, p. 3).

Počet pacientů, kteří potřebují rehabilitaci horní končetiny, se neustále zvyšuje. Nedostatek terapeutů a asistentů, kteří pomáhají tělesně postiženým, znamená problém se zlepšováním sebeobsluhy pacientů. Robotická zařízení mají potenciál k řešení této situace. V současné době je ale dostupnost těchto zařízení v klinické praxi velmi omezena (Maciejasz, 2014, p. 1). Dostupnost přístrojů je omezena především z důvodu vysokých pořizovacích nákladů a také nároků na prostor.

V posledním desetiletí byl registrován největší nárůst a rozvoj robotické terapie se zaměřením na pacienty po cévní mozkové příhodě. Důvod nárůstu jsou výsledky této léčby a také ekonomická efektivita (Hillman, 2004, pp. 37, 38).

Cílem terapeutických cvičení robotické terapie je provokovat mozkovou plasticitu a tím zlepšit motoriku. V současné době však není mnoho vědeckých důkazů o tom, jak přesně tohoto cíle robotickou terapií dosáhnout. Řídící algoritmy robotické terapie obvykle čerpají z některých konceptů z rehabilitace, neurologie a motorického učení (Marchal-Crespo, 2009, p. 2). Robotická terapie využívá režimy, které napodobují cvičební režim fyzioterapeuta, ale mají potenciál využití režimů, které nejsou snadno proveditelné terapeutem (Hillman, 2004, p. 38).

1.7.1 Armeo®Spring

Armeo®Spring je mechanický exoskelet horní končetiny pro pacienty s alespoň minimálními pohybovými schopnostmi. Jedná se o robotický přístroj, který využívá virtuální realitu k terapii pacientů s postižením horní končetiny. Funkční cvičení softwaru jsou vyvinuta tak, aby bylo možné je upravovat podle schopností pacienta jako základ optimální

motivace. Terapie zahrnuje jednoduchá jednorozměrná (1D) až komplikovaná trojrozměrná (3D) cvičení zaměřená na uchopování a dosažení objektů. Všechna funkční cvičení jsou nastavena dle pacienta v kalibrovaném pracovním prostoru. Pracovní prostor je možné nastavit před každou terapií nebo i změnit v průběhu terapie, podle aktuálního rozsahu pacienta. Cvičení obsahující uchopení a uvolnění ruky může terapeut nastavit na automatické uchopení v závislosti na potřebách každého pacienta.



Obrázek 2 Systém Armeo®Spring (fotografie autora)

Armeo®Spring se využívá u pacientů se ztracenou nebo sníženou funkcí horních končetin. Příčiny funkčního deficitu jsou nejčastěji cerebrální, neurogenní, spinální nebo muskuloskeletární onemocnění.

Hlavním cílem terapie je obnovit a zlepšit motorické funkce pacienta (reedukace stávajících a nových pohybových vzorců, zlepšení koordinace pohybů). Dalším cílem je prevence sekundárních změn (spasticita, kontraktury) a snížení rizika ztráty svalové kapacity (Hocoma Armeo®Spring, 2011).

Po celou dobu terapie pacient využívá sluchovou i zrakovou zpětnou vazbu. K dispozici jsou i měřitelné a porovnatelné výsledky jako je čas nebo počet správných úkonů. Tato zpětná vazba je pro pacienta motivující (Kolářová et al., 2014, s. 112).

Hodnotící cvičení tvoří zvláštní skupinu speciálně vyvinutých cvičení za účelem vyhodnocení schopností pacienta. Během hodnotících cvičení se veškeré relevantní úhly kloubů a polohy paže zaznamenávají. Na základě těchto údajů se analyzuje kvalita pohybu a typ koordinace (Hocoma Armeo®Spring, 2011).

Terapeutická cvičení obsahují řadu různých cvičení, která lze rozdělit do tří kategorií podle využití prostoru od nejjednodušších jednorozměrných po nejsložitější trojrozměrná cvičení. Jednotlivá cvičení se obvykle liší druhem pohybu, který musí pacient vykonávat. Cvičení „Děšť v hrníčku“ je zaměřené na latero-laterální pohyby končetiny, kdy pacient pohybuje hrníčkem a chytá náhodně padající kapky. Ve cvičení „Strouhání zeleniny“ je hlavním úkolem flexe a extenze v lokti. Hlavním pohybem ve cvičení „Brankář“ je střídání pronace a supinace s cílem chytit míč letící na branku.

U dvojrozměrných cvičení lze úkoly rozdělit dle roviny, ve které se odehrává pohyb. Cvičení ve frontální rovině jsou například „Setření okna“, kdy je cílem vyčistit okno pomocí houby. „Nakupování ovoce“, v tomto cvičení je pohyb ve frontální rovině kombinovaný s úchopem jablka nebo „Zalévání květin“, kde je pohyb ve frontální rovině spojený s pronací a tím vylití příslušného množství vody z konve. Pohyby v horizontální rovině musí pacient vykonávat ve cvičeních „Vyčištění sporáku“ nebo „Piknik“, kde je současně nutné vykonávat dorzální flexi v zápěstí pro odehnání mouchy z piknikového stolu.

Trojrozměrná cvičení jsou například „Odkrytí panoramatu“ nebo „Odkrytí obrazu“, kde pacient pohybem horní končetiny ve všech rovinách odstraňuje dlaždice zakrývající obraz. Ve cvičení „Chytání balónku“ má pacient za úkol chytit červené srdce překrytím zeleným terčem. Ve cvičení „Police“ pacient uchopuje knihy na polici a umísťuje je do koše.

Součástí softwaru je i režim zábavy a her. Hry jsou v terapii zařazovány z důvodu zvýšení atraktivity. V těchto cvičeních nelze nastavit individuální pracovní prostor, proto jsou nevhodná pro pacienty s omezením rozsahu horní končetiny. Velmi oblíbená je hra „Moorhuhn“, ve hře je cílem sestřelit co nejvíce tetřevů pohybem paže ve v horizontální rovině a nabíjet zbraň pohybem do pronace a následně do supinace (Kolářová et al., 2014, s. 114-119; Hocoma Armeo®Spring, 2011).

1.8 Hodnocení pacientů po CMP

Testování stavu nemocných je v neurorehabilitaci nezbytnou součástí stanovení léčebného postupu a hodnocení efektivity terapie. Testování umožňuje hodnotit klinické změny a srovnávat úspěšnost různých léčebných postupů (Vaňásková, 2005, s. 311).

Funkční hodnocení vypovídá o míře funkčního postižení, umožňuje stanovit funkční potenciál, funkční prognózu, efektivitu terapie a objektivizuje stav pacienta. Ukazuje skutečný rozsah postižení.

Užitečné měření by mělo mít tyto charakteristiky:

- mělo by být validní,
- musí být přesné, mělo by přesně změřit, co je cílem měření,
- musí být spolehlivě opakovatelné,
- mělo by být přiměřené zadání,
- mělo by být účinné a snadno použitelné,
- mělo by být citlivé na změnu od původního (výchozího) stavu, ale relativně necitlivé na kolísání symptomů,
- mělo by být konzistentní v průběhu času, to znamená nepodléhat změnám podle aktuálních trendů nebo různým úhlům pohledu (Herndon, 2006, p. 4).

1.8.1 Typy testování

ICF (International Classification of Functioning) je mezinárodní klasifikace funkčních poruch. Jedná se o klasifikační systém, jejímž cílem je poskytovat jednotný jazyk a rámec pro popis zdraví a zdravotního stavu. Klasifikace může být použita v rehabilitaci k hodnocení výsledků terapie. Zdraví a zdravotní stav rozděluje do dvou skupin: 1) Funkční poruchy a zdravotní postižení a 2) Související faktory.

1) Funkční poruchy a zdravotní postižení mají tyto komponenty:

- **tělesné funkce** - fyziologické funkce tělesných systémů,
- **struktura těla** - anatomické části těla jako orgány, končetiny a jejich části,
- **aktivita** - vykonání úkolu nebo aktivita jedince,
- **participace** - zapojení do běžného života.

Impairment jsou problémy považované za významnou odchylku či ztrátu tělesné funkce nebo struktury. Omezení v aktivitě, jsou obtíže, které může mít člověk při vykonávání různých činností. Omezení participace znamená, pokud u člověka dochází k problémům v zapojování do běžného života. Existuje rozsáhlý seznam kategorií, podle kterého lze zařadit jednotlivá omezení pacienta do určité skupiny. Dle tohoto seznamu můžeme určit, zda se jedná o omezení funkce, struktury, aktivity nebo participace (Stokes, 2011, pp. 13-16).

2) Související faktory zahrnují faktory životního prostředí, které mohou mít pozitivní nebo negativní dopad na jedince. Osobní faktory nejsou klasifikovány podle ICF.

Cíle ICF:

- poskytovat vědecký základ pro pochopení a studium zdraví a zdravotního stavu, a také výsledky intervencí a faktorů ovlivňujících zdraví,
- vytvořit jednotný jazyk pro popis zdraví a zdravotního stavu s cílem zlepšení komunikace,
- umožnit porovnávání údajů nezávisle na státu, oboru, prostředcích a času,
- zajistit systematické kódování pro zdravotnický systém (Stokes, 2011, pp. 13- 16).

1.8.2 Evidence based medicine (EBM)

Jde o nový trend ve zdravotnických oborech od počátku 20. století. Evidence based medicine (EBM), evidence based practice (EBP), evidence based health care – neboli medicína, praxe, zdravotní péče založená na důkazech. Množství vědecky doložených intervencí v posledních letech významně stoupá. Uvádí se, že v roce 1983 se jednalo o 10-20% a dnes se hovoří o 60-90% (Bastlová et al., 2015, s. 7).

EBP se stala módní v 90. letech 20. století, ačkoliv počátek tohoto konceptu je alespoň 150 let starý. Znovuobjevení bylo umocněno zvyšující se výzkumnou činností a touhou přinést nové poznatky do praxe. Informace se staly mnohem přístupnější díky možnostem v publikační činnosti a pokroku v oblasti informačních technologií.

Ve fyzioterapii neexistuje dlouhá tradice výzkumu. V některých oblastech praxe výzkumy nově vznikají a postupně se rozvíjí, v některých oblastech dosud nejsou vůbec. Řada faktorů, které byly citovány jako možné důvody, proč některé oblasti zdravotní péče nemají důkazy založené na výzkumu:

- problémy při navrhování studií,
- obtíže při odstraňování intervencí, které jsou nyní v praxi uznávány a v přijímání nových poznatků z klinických studií,
- dosavadní výzkum nedostatečné kvality,
- randomizované kontrolované studie nejsou vždy vhodné v konkrétních oblastech zdravotní péče,
- pozornost se příliš nevěnuje efektivitě nákladů spojených s intervencemi,
- neúspěch v šíření výsledků výzkumu (Stokes, 2011, p. 5).

1.8.3 Validita

Českým překladem pojmu validita je platnost. Měření je tedy validní pokud skutečně měří to, co podle předpokladu měřit má. Pro posouzení validity měření je potřeba mít k dispozici jiné měření, se kterým se dané měření srovnává a jehož validita je nesporná (Chráska, 2007, s. 37).

Validita výsledku měření je zkoumána a popisována mnoha způsoby. Tradiční metody jsou lepší v kombinaci s využitím různých statistických technik, jako například Rash analýza. V prvních stádiích ověřování validity se zkoumá, proč se autoři rozhodli zahrnout jednotlivé položky do měření výsledků. Validita také porovnává vztahy, např. vztah, který existuje mezi novým výsledkem měření a určitým zlatým standardem. Zkoumá také, do jaké míry nová měření souvisí s jinými stupnicemi a výsledky měření.

Můžeme předpokládat, že některé skupiny pacientů nebo jedinci s lehčím typem postižení budou dosahovat lepších výsledků než ostatní. V tomto případě se mohou hodnocení zakládat na tom, jakým způsobem dokáže test detekovat rozdíly mezi skupinami (Stokes, 2011, p. 35).

1.8.4 Reliabilita

Nejčastěji se nahrazuje pojmem spolehlivost. Aby bylo měření reliabilní, musí při opakování vykazovat stejné (zhruba stejné) výsledky. Měření však musí být současně i přesné, to znamená minimálně zatížené chybami měření. Přesné měření je tedy takové, při kterém se dopouštíme jen málo chyb, a chyby nejsou příliš velké. Abychom mohli označit měření jako reliabilní, je nutné, aby bylo spolehlivé a zároveň přesné.

Dostatečně vysoká reliabilita je nutnou podmínkou dobré validity. Vysoká reliabilita ale nezaručuje dobrou validitu (Chráska, 2007, s. 38).

1.8.5 Klinické hodnocení funkce horní končetiny

Pro celkové hodnocení funkce horní končetiny je důležitá obratnost, tedy jemné volní pohyby, které jsou využívány k manipulaci s malými předměty při plnění úkolu. Obratnost horní končetiny je nezbytná pro samostatnost v běžných denních činnostech (Bastlová et al., 2015, s. 34).

1.8.6 Dynamometr

Jedná se o hydraulický ruční dynamometr. Přístroj udává přesnou sílu stisku v kilogramech nebo Newtonech. Síla je měřena izometrickou kontrakcí, rukojeť přístroje se tedy nepohybuje.

Testování svalové síly je nedílnou součástí hodnocení léčby pacientů s neurologickými poruchami (Bohannon & Andrews, 1987, p. 931). Izometrické měření je snadněji proveditelné z důvodu vykonávání testu ve stabilní pozici a vykazuje méně chyb při měření v porovnání s izokinetickým dynamometrem (Ekstrand et al., 2015, p. 706).



Obrázek 3 Hydraulický ruční dynamometr (fotografie autora)

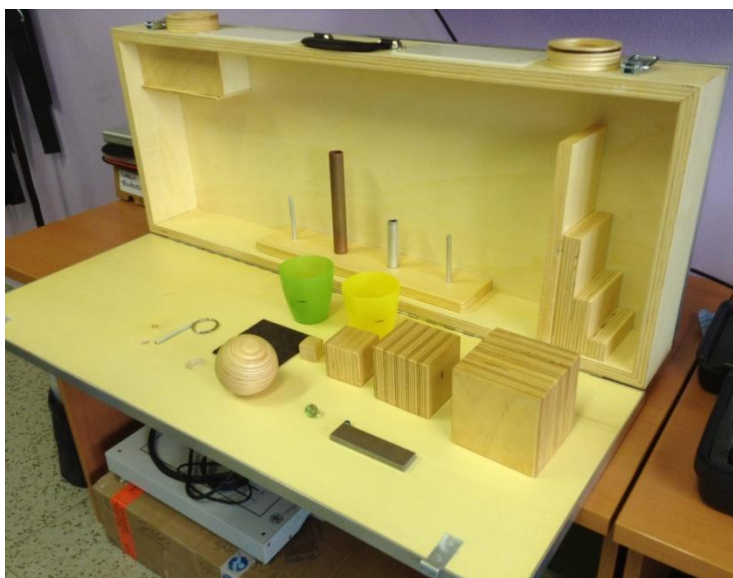
1.8.7 The Action Research Arm Test (ARAT)

Hodnotící měření k posouzení specifické změny funkce končetiny u jednotlivců, kteří utrpěli kortikální poškození s následkem hemiplegie. Hodnotí schopnost pacienta manipulovat s předměty, které se liší velikostí, tvarem a hmotností (StrokeEngine, 2014). Test vyvinul Lyle v roce 1981, ten vycházel ze staršího testu Funkční test horní končetiny (UEFT) dle Carrola z roku 1965 (Bastlová et al., 2015, s. 36).

Test hodnotí funkci paže ve 4 dílčích testech (stisk, úchop, špetka, hrubý pohyb paží). Maximální počet získaných bodů je 57. Provedení úkolu se měří a porovnává se rychlost provedení se zdravou HK. Hodnocení jednotlivých úkolů: 0 = neschopen pohyb provést, 1 = částečné provedení, 2 = provede, ale za neúměrně dlouhou dobu, 3 – pohyb bez potíží. Viz příloha č. 4.

Dle Chilské studie je ARAT validní a reliabilní test pro posuzování funkční obnovy paretické horní končetiny po cévní mozkové příhodě (Doussoulin et al., 2012, pp. 59-65).

Podle autorů Wu et al. má ARAT dobré psychometrické vlastnosti u pacientů s mírným až středně závažným postižením a bez kognitivního deficitu, také podává důkazy o validitě a reliabilitě testu v porovnání s jinými testy zaměřenými na motoriku horní končetiny (Wu et al., 2012, pp. 1039-1045). Van der Lee et al. ve své studii potvrdili vysokou reliabilitu ARAT (Van der Lee et al., 2001).



Obrázek 4 Testovací sada ARAT (fotografie autora)

1.8.8 **Fugl – Meyer Assessment (FMA)**

Test založený na výkonu, který poskytuje kvantitativní hodnocení volního pohybu, stability, senzitivní funkce, pasivního pohybu a bolesti. Položky v hodnocení motoriky byly vyvinuty ze šesti fází motorické obnovy dle Brunnströmové. Položky v hodnocení pasivního pohybu byly odvozeny ze standardů americké akademie ortopedů (Herndon, 2006, pp. 408-410).

Celý test je rozdělen na dvě základní části, a to na hodnocení horní (FMA-UE) a dolní končetiny (FMA-LE). Tyto dvě části se dále dělí a hodnotí aktivní hybnost, pasivní hybnost, koordinaci, senzitivitu a bolest.

Jednotlivé subtesty je možné používat samostatně bez provedení celého testu. Celkové motorické skóre je nejčastěji používaný subtest z FMA. Mnoho odborníků navrhlo číselné rozsahy pro kategorizaci závažnosti CMP, které mohou být použity pro klinické nebo výzkumné účely (Herndon, 2006, pp. 408-410).

V každé položce je možné získat 0 - 2 body. 0 = nelze provést, 1 = částečné provedení, 2 = úplné provedení. V testu FMA-UE motor function (dále jen FMA-M) lze maximálně získat 66 bodů. Test je rozdělen na několik jednotlivých částí, které hodnotí dílčí motorické schopnosti horní končetiny, viz příloha 5.

FMA sensation UE (dále jen FMA-S) hodnotí povrchovou citlivost a pohybovit horní končetiny. Při neporušené citlivosti horní končetiny lze získat 12 bodů.

Existují i zkrácené verze tohoto testu. Jejich validitu a reliabilitu zkoumal Hsieh et al. Podle jejich studie vykazuje zkrácená verze srovnatelné psychometrické vlastnosti s plnou verzí testu (Hsieh et al., 2007, pp. 3053, 3054).

Několik starších studií např. (Beckerman, 1996; Duncan, 1983) potvrzuje adekvátní reliabilitu testu, zejména pro celkový obsah (Herndon, 2006, p. 409).

1.8.9 Přístrojové hodnocení horní končetiny

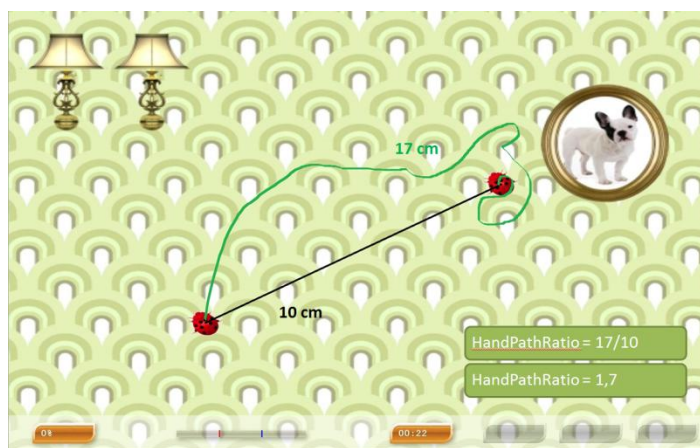
Přístroj Armeo®Spring nabízí 3 typy hodnotících cvičení: Vertikální chytání, Horizontální chytání a Čas reakce. V této práci jsme využili pouze dvě hodnotící cvičení a to Vertikální chytání a Čas reakce.

Pro zajištění porovnatelnosti vyhodnocených výsledků v čase a mezi pacienty se v hodnotících cvičeních nepoužívá kalibrovaný individuální pracovní prostor. Pracovní prostor je pro všechny stejný a předem definovaný. Proto se hodnotící cvičení nesmí používat u pacientů, pro které by mohly být krajní pohyby nebezpečné. Během cvičení se všechny relevantní úhly kloubů a polohy paže zachytávají ve vzorkovací frekvenci 100 Hz a ukládají se. Na základě těchto získaných údajů se analyzuje kvalita pohybu a typ koordinace.

Vertikální chytání: pacient musí chytat berušku pohyby své horní končetiny ve vertikální rovině. Pokud ji chytne, beruška zmizí a objeví se jiná na novém místě. Pokud se berušku nepovede chytit ve stanoveném čase, tak zmizí a objeví se nová na jiném místě. Se zvyšující se úrovní obtížnosti se zvětšuje pracovní prostor a zvyšuje se počet předmětů, které je nutné chytit. Toto cvičení hodnotí parametr „**Hand path ratio**“, tedy poměr mezi ideální trajektorií a skutečně vykonanou dráhou při pohybu mezi beruškami, viz příloha č. 6.

Čas reakce (Reactio time): pacient musí pohyby horní končetiny ve frontální rovině chytit mouchu pomocí plácačky. Pokud ji chytí, moucha zmizí. Když se strefí, musí se pohybem plácačky vrátit na střed obrazovky (na polici) a čekat, až se objeví další moucha. V tomto cvičení se hodnotí **čas reakce** po objevení mouchy (první pohyb od objevení mouchy), viz příloha 7.

Přístroj hodnotí dva hlavní parametry „hand path ratio“ a čas reakce. Hand path ratio slouží k vyhodnocení kvality pohybu pacienta. Hodnota je dána poměrem dráhy HK pacienta ku vzdálenosti mezi body, které se mají chytat ve cvičeních Vertikální a Horizontální chytání. Získaná hodnota ukazuje rozsah, o který se pacient odchyluje od ideální dráhy. Dokonale přímý pohyb má hodnotu 1, hodnota 2 znamená, že dráha ruky pacienta byla dvakrát delší než vzdálenost mezi předměty. Čas reakce je měřen u stejnojmenného cvičení. Software měří čas mezi momentem objevení mouchy a opuštěním police. A dále čas mezi zmizením mouchy a návratem na polici (Hocoma Armeo®Spring, 2011).



Obrázek 5 Hodnotící cvičení Hand path ratio (fotografie autora)

Legenda: Černá přímka ukazuje ideální trajektorii (hodnota 1), zelená čára je dráha vykonaná pohybem pacientovy paretické HK (hodnota 1,7)

2 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je zhodnotit efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP a zároveň zjistit korelaci mezi přístrojovým a klinickým hodnocením motorické funkce horní končetiny.

3 HYPOTÉZY

Vědecká otázka č. 1:

Jaký je efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP?

H₀1: Neexistuje významný efekt klasické terapie na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP dle stanovených parametrů.

H_A1: Existuje významný efekt klasické terapie na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP dle stanovených parametrů.

H₀2: Neexistuje významný efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP dle stanovených parametrů.

H_A2: Existuje významný efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP dle stanovených parametrů.

H₀3: Neexistuje významný rozdíl v efektu klasické terapie a terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP.

H_A3: Existuje významný rozdíl v efektu klasické terapie a terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP.

Vědecká otázka č. 2:

Jaký je vzájemný vztah mezi přístrojovými a klinickými testy zaměřenými na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP?

H₀4: Neexistuje žádný vzájemný vztah mezi přístrojovým (Reaction time) a klinickým (ARAT) hodnocením paretické horní končetiny u pacientů po CMP.

H_A4: Existuje vzájemný vztah mezi přístrojovým (Reaction time) a klinickým (ARAT) hodnocením paretické horní končetiny u pacientů po CMP.

H₀5: Neexistuje žádný vzájemný vztah mezi přístrojovým hodnocením (Hand path ratio) a klinickými testy (ARAT, FMA – M) na paretické horní končetině u pacientů po CMP.

H_A5: Existuje vzájemný vztah mezi přístrojovým hodnocením (Hand path ratio) a klinickými testy (ARAT, FMA - M) na paretické horní končetině u pacientů po CMP.

4 METODIKA VÝZKUMU

4.1 Charakteristika testovaného souboru

Studie se zúčastnilo celkem 18 probandů. Probandi byli vybráni z pacientů hospitalizovaných na lůžkovém rehabilitačním oddělení Fakultní nemocnice Olomouc.

Kritérium pro zařazení do souboru byla prodělaná ischemická cévní mozková příhoda v povodí a. cerebri media s motorickým postižením horní končetiny. Vybraní pacienti neměli jiné neurologické onemocnění, které by mohlo ovlivnit výsledky měření. Další kritérium pro vyřazení pacienta ze souboru bylo jiné postižení, např. zrakové, ortopedické nebo onkologické, které by neumožňovalo terapii a testování. Rovněž byli vyřazení pacienti s neglect syndromem. Limitem pro zařazení probanda do studie byla hodnota spasticity při vstupním měření dle Ashworthovy stupnice 0 - 3. Dalším kritériem pro zařazení do studie byla minimálně dvou týdenní hospitalizace na rehabilitačním oddělení FNOL, kde pacient absolvoval 10 dnů terapie.

Výsledná testovaná skupina byla tvořena z 12 probandů, 6 probandů bylo vyřazeno z důvodu příliš krátké hospitalizace a terapie. Průměrný věk pacientů byl 63,25 ($\pm 8,13$) let. Průměrná doba po proděláním iktu byla 28 ($\pm 5,97$) dnů. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin, a to 6 pacientů v terapii s využitím virtuální reality na přístroji Armeo®Spring a kontrolní skupina šesti pacientů s klasickou terapií dle zvyklostí pracoviště. Přehled jednotlivých probandů je uveden v tabulce číslo 1 a 2. Zařazení pacienta do konkrétní skupiny bylo náhodné. Všichni probandi se výzkumu účastnili dobrovolně a podepsali informovaný souhlas, viz příloha 3.

Tabulka 1 Charakteristika probandů experimentální skupiny

Pacient č.	Pohlaví	Ročník	Věk	Postižená HK	Dominantní HK	Doba po iktu
1	muž	1959	56	levá	pravá	35 dnů
2	muž	1939	76	levá	pravá	21 dnů
3	muž	1944	71	levá	pravá	28 dnů
4	žena	1945	70	levá	pravá	35 dnů
5	muž	1951	64	pravá	pravá	28 dnů
6	muž	1954	61	pravá	pravá	21 dnů

Tabulka 2 Charakteristika probandů kontrolní skupiny

Pacient č.	Pohlaví	Ročník	Věk	Postižená HK	Dominantní HK	Doba po iktu
7	muž	1957	58	pravá	pravá	21 dnů
8	muž	1943	72	levá	pravá	28 dnů
9	muž	1946	69	levá	levá	28 dnů
10	muž	1959	56	levá	pravá	21 dnů
11	muž	1962	53	levá	pravá	35 dnů
12	muž	1962	53	pravá	pravá	35 dnů

4.2 Průběh testování

Všichni účastníci studie byli nejprve seznámeni s účelem a průběhem testování a terapie. Všichni probandi podepsali informovaný souhlas a vyjádřili souhlas s vyšetřením, terapií a zpracováním získaných dat.

Pro minimalizaci nepřesností a chyb probíhalo vstupní a výstupní měření v přibližně stejnou denní dobu, ve stejné místnosti a stejným terapeutem. Pořadí testů bylo náhodné, aby nedošlo ke zkreslení výsledků z důvodu únavy při posledních testech.

Klinické testy probíhaly v Kineziologické laboratoři FNOL. Pacient seděl na židli, případně na vozíku. Při testování ARAT byla testovací sada umístěna na polohovatelném lehátku dle předepsaných pravidel o výšce a vzdálenosti. Při testování FMA měl pacient kolem sebe dostatek prostoru pro správné provedení všech úkolů.

Testování na přístroji Armeo®Spring probíhalo v Kineziologické laboratoři FNOL. Pacient po dobu testování seděl na židli a exoskelet byl upraven na míru podle návodu uživatelské příručky v tomto pořadí:

- nastavení celého exoskeletu na správnou HK (pravá, levá),
- zablokování ramenního kloubu,
- seřízení polohy ramenního kloubu (osa otáčení exoskeletu = osa otáčení ramene),
- seřízení výšky (cca 4 prsty nad akromionem pacienta),
- laterální nastavení (cca 2 prsty od paže pacienta),
- nastavení polohy rukojeti,
- seřízení délky předloktí a paže,
- kontrola a úprava nastavení (volný a pohodlný pohyb všemi směry HK v exoskeletu),
- seřízení podpory hmotnosti předloktí a paže,
- úprava polohy zápěstí (pronace, supinace), (Kolářová et al., 2014, s. 107).

Při hodnotících cvičeních byly pohyby v kloubech vždy volné a pohyb pacientovy horní končetiny nebyl omezen žádným směrem.

Seřízení podpory hmotnosti předloktí a paže bylo nastaveno podle pacientovy schopnosti udržet končetinu proti gravitaci. Toto nastavení umožňuje pacientům s těžším postižením vykonávat pohyby horní končetiny s menším úsilím a bez nesprávných souhybů ostatních částí těla.

Všichni probandi podstoupili na začátku testování vstupní vyšetření, které se skládalo z uvedených klinických testů a testů na přístroji Armeo®Spring. Totéž vyšetření (výstupní) absolvovali po ukončení desáté terapie.

U probandů z testované i z kontrolní skupiny po celou dobu probíhala klasická terapie pro pacienty po prodělané CMP dle zvyklostí pracoviště FNOL. Rozdíl mezi kontrolní a testovanou skupinou bylo ve využití terapie Armeo®Spring. Testovaná skupina měla každodenní terapii na přístroji Armeo®Spring – 30 min. Celková délka terapie byla 2 týdny (10 terapií).

4.3 Klinické testy

Testování probíhalo v Kineziologické laboratoři FNOL. Pořadí testů bylo randomizované. Před testováním byli probandi informováni o účelu testování a přibližné délce trvání 45 minut.

4.3.1 Dynamometr

Test měří izometrickou sílu stisku na paretické horní končetině. Měření probíhá vsedě. Rameno, předloktí a zápěstí spočívá v neutrální pozici, v lokti je 90° flexe. Pacient uchopí dynamometr do postižené ruky a vyvine co největší sílu stisku. Měření probíhalo třikrát po sobě a byl zaznamenán průměr těchto hodnot. Výsledná hodnota byla měřena v kilogramech (kg).



Obrázek 6 Pozice při testování síly stisku dynamometrem (fotografie autora)

4.3.2 The Action Research Arm Test (ARAT)

Jedná se o test hodnotící funkci postižené horní končetiny v porovnání se zdravou HK. Postupuje se dle originálního formuláře, viz příloha 4.

K testování se používá originální sada (box) s kompletním vybavením pro celé testování. V boxu se nachází všechny předměty potřebné k provedení jednotlivých úkolů. Například krychle, válce a koule různých velikostí, dva kelímky, stopky.

Testování probíhá vsedě s přesně definovanou polohou boxu. Pacient musí být schopen dosáhnout paretickou končetinou na horní část boxu, jinak není možné test provést. Výchozí poloha testované horní končetiny je s dlaní položenou na stole (víku boxu).



Obrázek 7 Vlevo - výchozí pozice při testování ARAT, vpravo - konečná pozice testování ARAT (fotografie autora)

Pro hodnocení testu jsme využili jednu ze dvou možných variant, hodnocení dle Lylea (1981). Test se dělí do 4 částí (stisk, úchop, špetka, hrubý pohyb paže). Každá část má několik úkolů. Pokud testovaný splní první (nejtěžší) úkol na plný počet bodů, tedy 3, jsou ostatní úkoly hodnoceny také plným počtem bodů. Pokud pacient získá v druhém úkolu (nejlehčím) 0 bodů, jsou ostatní úkoly hodnoceny také 0, protože je vysoce nepravděpodobné, že by v následujících těžších úlohách dosáhl vyššího počtu bodů. K ohodnocení úkolu dvěma body (úkol provede, ale v neúměrně dlouhém čase) se využívají stopky a čas se porovnává se zdravou končetinou, čas je více než dvojnásobný v porovnání se zdravou HK.

Délka testování je přibližně 15 minut.

4.3.3 Fugl – Meyer assessment – upper extremity (FMA – UE)

Test hodnotí motorickou a senzitivní funkci HK. Postup testování je uveden v příloze 5.

Testování probíhá vsedě na židli či vozíku s dostatečným prostorem na pohyb horní končetiny. K testování je potřeba minimální vybavení: neurologické kladívko, tenisový míček, válcová plechovka, tužka.

Hodnotí se kvalita provedení pohybu či úkolu na třibodové stupnici. Testování motorické funkce a senzitivity horní končetiny trvá přibližně 15 minut.

4.4 Přístrojové hodnocení

Probíhalo ve speciálních programech na přístroji Armeo®Spring. Jedná se o skupinu hodnotících cvičení, která slouží k vyhodnocení schopností pacienta.

V této práci jsme využili dvě hodnotící cvičení a to vertikální chytání a čas reakce. Pro hodnocení rychlosti reakce jsme využili čas mezi objevením mouchy na obrazovce a opuštěním plácačky z police. V druhém hodnotícím cvičení (vertikální chytání) jsme hodnotili Hand path ratio, kdy je ideální hodnota 1. Cvičení z pohledu pacienta můžeme vidět na obrázku 8. Podrobněji jsou hodnotící cvičení znázorněna v příloze 6 a 7.



Obrázek 8 Hodnotící cvičení Hand path ratio (vlevo) a Reaction time (vpravo), (fotografie autora)

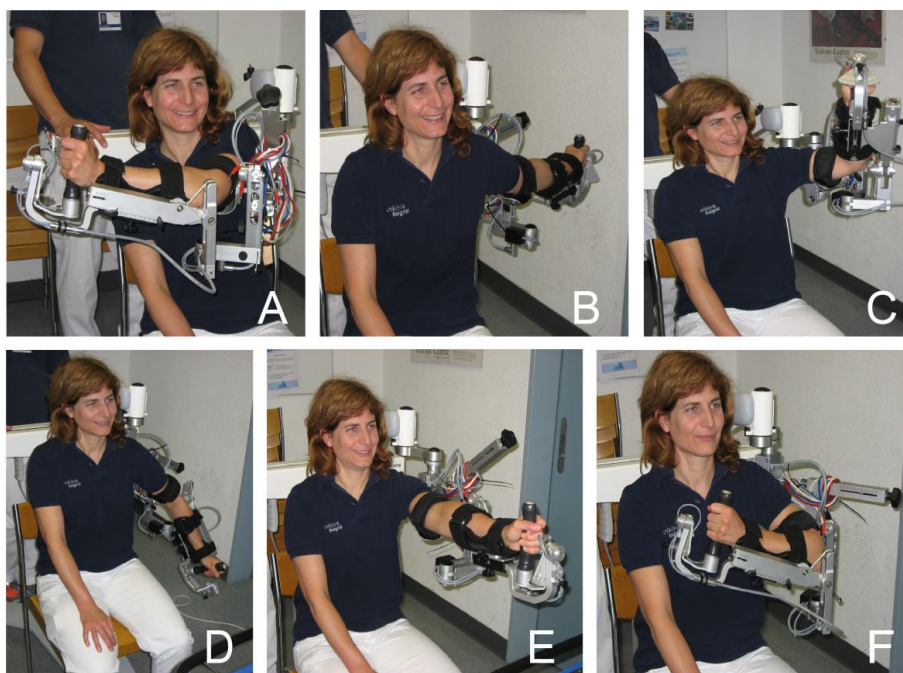
4.5 Průběh terapie

Mezi vstupním a výstupním měřením probíhala u všech probandů terapie dle zvyklostí pracoviště rehabilitačního oddělení FNOL.

U pacientů zařazených do experimentální skupiny byla tato terapie doplněná o terapii na přístroji Armeo®Spring. Terapie probíhala každý den přibližně 30 minut, obvykle v odpoledních hodinách. U pacientů v kontrolní skupině byla místo terapie na Armeo®Spring zařazena manuální terapie se zaměřením na horní končetinu.

Cvičení na přístroji Armeo®Spring byla vybírána dle potřeb, zájmů a pokroku konkrétního pacienta a v průběhu sledovaného období se měnila. Na počátku si pacient vyzkoušel téměř všechny typy cvičení. Následně byla vybrána cvičení s ohledem na největší problém pacienta. Před každou terapií bylo nutné nastavit individuální pracovní prostor, dle

aktuálního rozsahu pacienta. Jednotka byla složená z různých kombinací cvičení v jednorozměrném (1D), dvourozměrném (2D) i trojrozměrném (3D) prostředí. Obtížnost cvičení se v čase obvykle zvyšovala, podle pokroků a aktuálního stavu pacienta.



Obrázek 9 Možnosti maximálních rozsahů exoskeletu HK na Armeo®Spring A - doprava, B – doleva, C – nahodu, D – dolů, E – od sebe, F – k sobě (Rudhe, 2012, p. 3)

4.6 Statistické zpracování dat

Data z přístroje Armeo®Spring byla zpracována a společně s daty získanými klinickým testováním převedena do programu Microsoft Excel 2007, kde byla provedena základní popisná statistika testovaného souboru.

Statistická analýza získaných dat byla provedena v programu Statistica 12. K vyhodnocení efektu klasické terapie a terapie s využitím Armeo®Spring, tedy výsledek hypotéz H_01 a H_02 , byl použit Wilcoxonův párový test, který testuje závislé vzorky dat.

Rozdíl efektu terapií a tedy hypotéza H_03 byla zhodnocena Mann-Whitney U Testem, který je určen pro nezávislé soubory dat.

Hypotézy H_01 , H_02 a H_03 byly testovány jako nulové na hladině statistické významnosti $p < 0,05$, oproti alternativní hypotéze, že hodnoty po terapii budou významně vyšší u klinických testů a významně nižší u přístrojových testů.

Hypotézy H_04 a H_05 předpokládají vztah mezi jednotlivými přístrojovými a klinickými testy, k jejich vyhodnocení byl použit Spearmanův korelační koeficient. Vztah mezi testy byl hodnocen na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

Cílem práce bylo zjistit efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP a zjistit vzájemný vztah mezi přístrojovým a klinickým testováním paretické horní končetiny. Na základě stanoveného cíle byly položeny dvě vědecké otázky a ke každé otázce příslušné hypotézy.

První vědecká řeší efektivitu využití virtuální reality v terapii pacientů po CMP. Efekt hodnotí pomocí klinických testů dynamometr, ARAT, Fugl-Meyer assessment a přístrojových testů Reaction time a Hand path ratio.

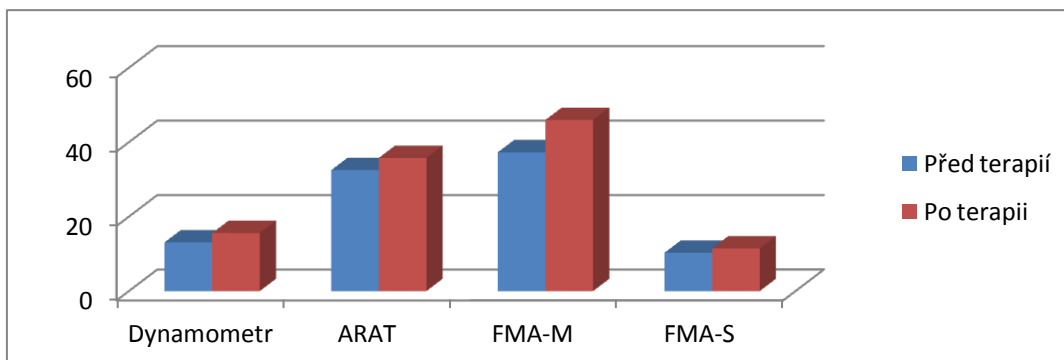
Druhá vědecká otázka se zabývá vztahem přístrojových a klinických testů při testování paretické horní končetiny u pacientů po CMP. Ve dvou hypotézách zkoumá korelaci mezi klinickými testy ARAT a Fugl-Meyer assessment a přístrojovými testy Reaction time a Hand path ratio.

5.1 Výsledky hypotézy H₀₁

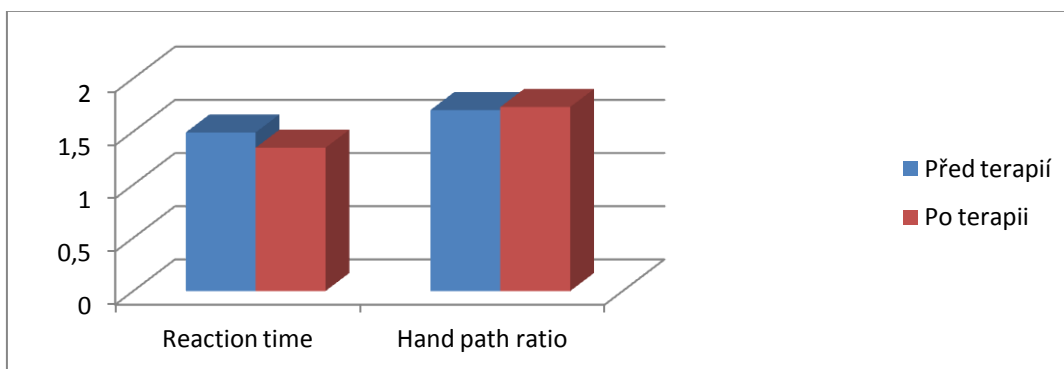
K vyhodnocení výsledků hypotézy H₀₁ byl použit Wilcoxonův párový test. Testem byly porovnány všechny hodnoty před a po klasické terapii paretické horní končetiny.

Hypotézu H₀₁ ve znění: *neexistuje významný efekt klasické terapie na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP*, **přijímáme**. Proto zamítáme alternativní hypotézu ve znění: *existuje významný efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP*. Alternativní hypotézu H_{A1} zamítáme z důvodu, že ani jeden ze zkoumaných parametrů neprokázal statisticky významný rozdíl mezi vstupním a výstupním měřením při klasické terapii paretické horní končetiny.

Z výsledků vyplývá, že ve většině měřených parametřů došlo u pacientů ke zlepšení. Žádný z parametrů však nebyl statisticky významný. Podrobné výsledky jednotlivých probandů jsou uvedeny v příloze 2. Průměrné výsledky v jednotlivých testech jsou znázorněny v následujících grafech na obrázku 10 a 11.

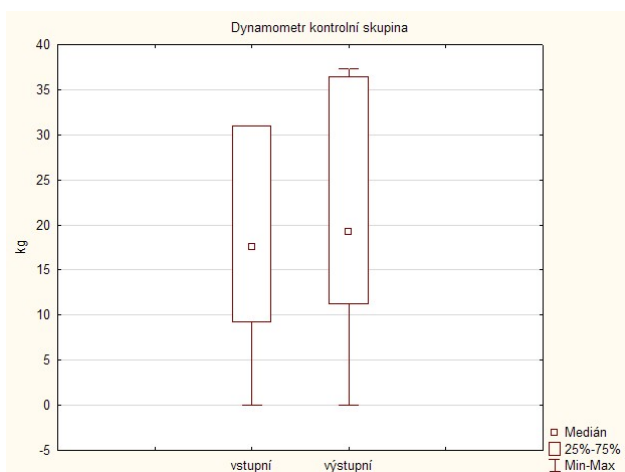


Obrázek 10 Graf průměrných hodnot klinických testů před a po klasické terapii



Obrázek 11 Graf průměrných hodnot přístrojových testů před a po klasické terapii

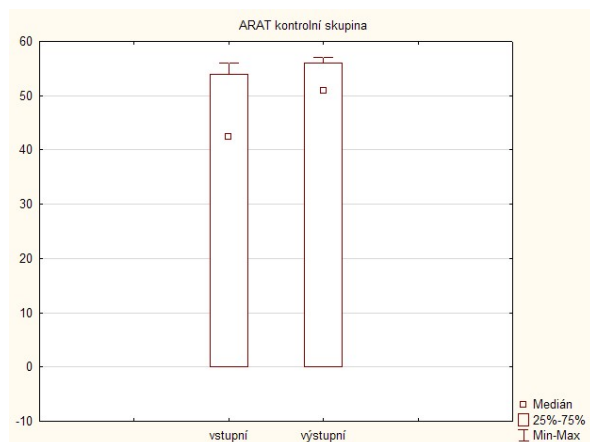
V měření síly stisku **dynamometrem** došlo ke zlepšení o 2,5 kg. U čtyř pacientů bylo zaznamenáno zlepšení, u dvou pacientů nebyla změna. Zlepšení nebylo signifikantní, ale výrazně se k hladině signifikance přiblížilo, $p = 0,07$.



Obrázek 12 Graf hodnocení dle dynamometru před a po konvenční terapii

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

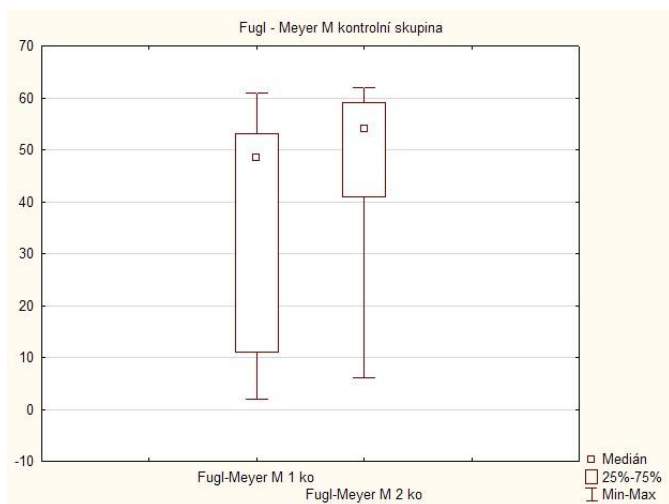
Dle testu **ARAT** (stupnice 0 – 57 bodů) jsme zaznamenali zlepšení o 3,3 bodů. Tři pacienti se zlepšili, u tří nebyl zaznamenán progres, z toho u dvou byla vstupní i výstupní hodnota 0. Výsledek nebyl statisticky významný, $p = 0,1$.



Obrázek 13 Graf hodnocení dle ARAT před a po konvenční terapii

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

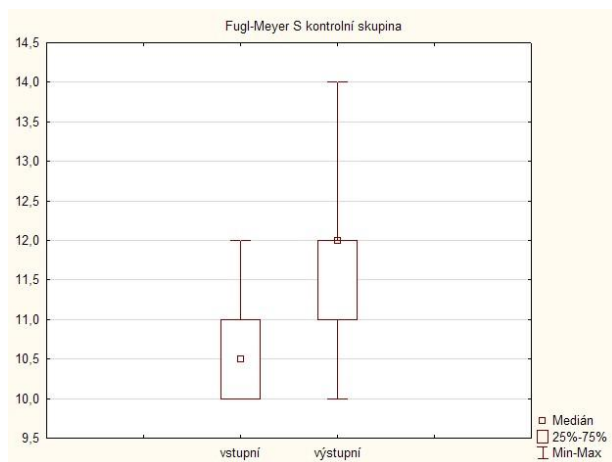
Měření motorické funkce paretické HK dle **FMA-M** (stupnice 0 – 66 bodů) ukázalo zlepšení o 8,7 bodů. Tři pacienti se zlepšili, u jednoho nebyla zaznamenána změna a u dvou pacientů došlo ke zhoršení. Výsledek nebyl signifikantní, $p = 0,2$.



Obrázek 14 Graf hodnocení dle FMA-M před a po konvenční terapii.

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

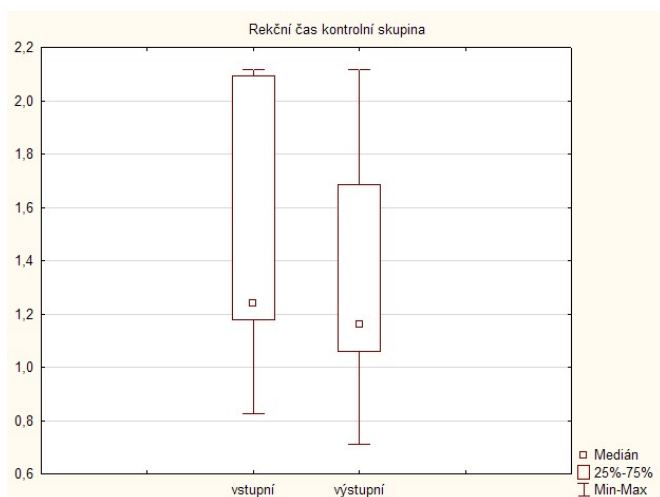
Senzitivita paretické HK se podle **FMA-S** (stupnice 0 – 12) zlepšila o 1,2 bodu. U čtyř pacientů došlo ke zlepšení, z toho všichni dosáhli maximálního počtu bodů 12. U dvou pacientů nebylo zlepšení. Výsledek nebyl signifikantní, ale k hranici signifikance se blížil, $p = 0,07$.



Obrázek 15 Graf hodnocení senzitivity dle FMA-S před a po konvenční terapii

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

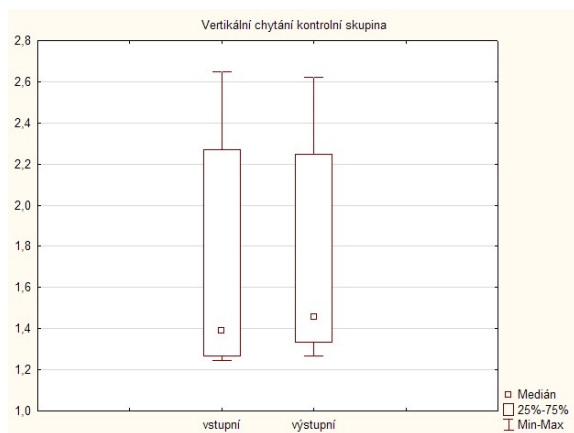
V přístrojovém hodnocení **Reaction time** došlo ke zlepšení o 0,14 s. Čtyři pacienti se zlepšili, u dvou nebyl zaznamenán rozdíl mezi vstupním a výstupním měřením. Výsledek terapie nebyl signifikantní, $p = 0,07$



Obrázek 16 Graf hodnocení Reaction time před a po konvenční terapii.

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

V parametru **Hand path ratio** bylo jako v jediném testu z celého výzkumu zaznamenáno zhoršení v hodnocení efektu terapie. Hodnota se snížila o 0,03. U dvou pacientů došlo ke zlepšení, u čtyř ke zhoršení hodnoty. Hodnocení efektu terapie nebylo signifikantní, $p = 0,8$.



Obrázek 17 Graf hodnocení Hand path ratio před a po konvenční terapii.

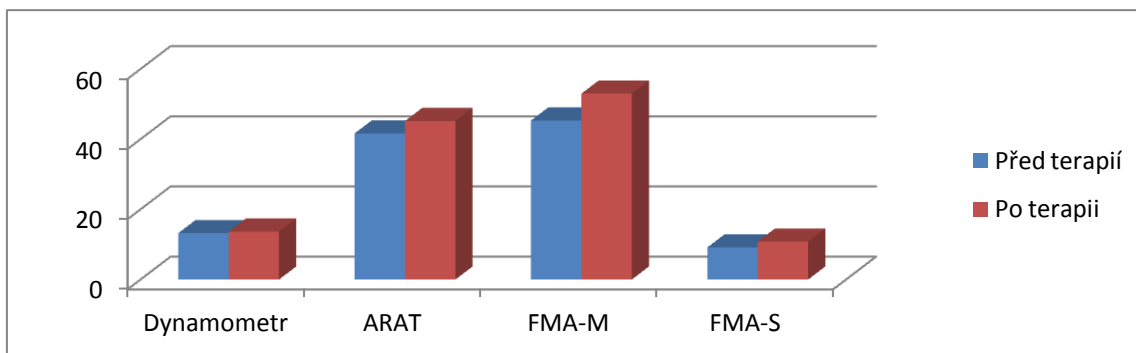
Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

5.2 Výsledky hypotézy H₀₂

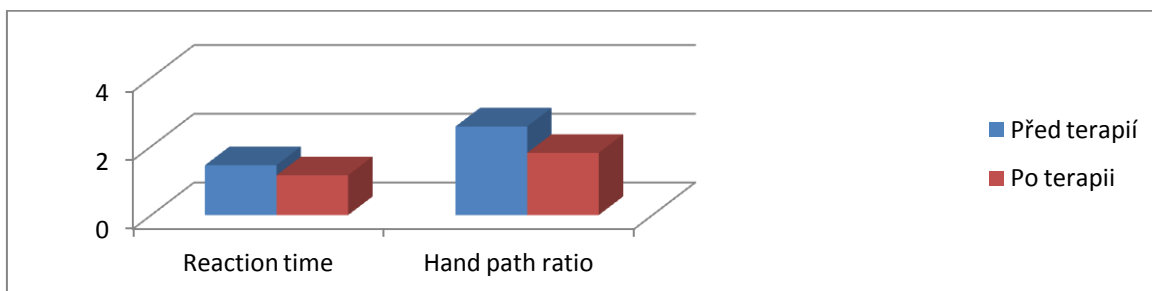
K vyhodnocení výsledků hypotézy H₀₂ byl použit Wilcoxonův párový test. Testem byly porovnány všechny hodnoty před a po terapii s využitím virtuální reality pro paretickou horní končetinu.

Hypotézu H₀₂ ve znění: *neexistuje významný efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP*, **zamítáme** z důvodu signifikantního zlepšení funkce paretické horní končetiny. Přijímáme tedy alternativní hypotézu ve znění: *existuje významný efekt terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP*. U uvedených parametrů bylo prokázáno signifikantní zlepšení na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

Hypotézu H₀₂ zamítáme z důvodu statisticky významného zlepšení funkce paretické horní končetiny ve čtyřech parametrech a to: FMA-M ($p = 0,04$), FMA-S ($p = 0,04$), Reaction time ($p = 0,03$) a Hand path ratio ($p = 0,03$). V parametrech dynamometr resp. ARAT nebylo prokázáno statisticky významné zlepšení ($p = 0,3$ resp., $p = 0,1$). Konkrétní výsledky všech parametrů jsou znázorněny v grafech na obrázku 18 a 19. Výsledky jednotlivých probandů jsou znázorněny v příloze 1.

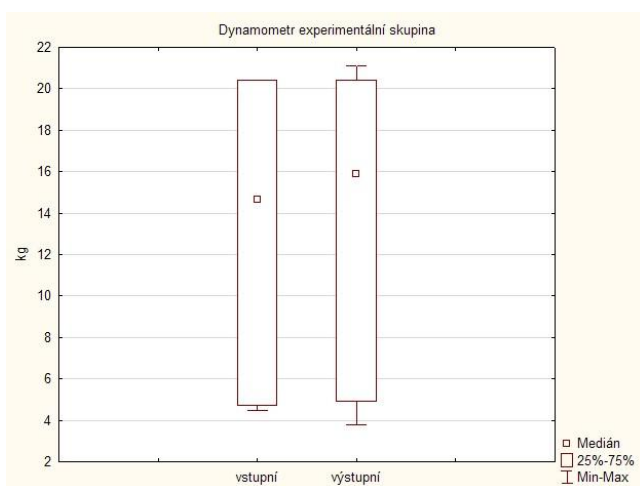


Obrázek 18 Graf průměrných výsledků klinických testů před a po terapii s využitím VR



Obrázek 19 Graf průměrných výsledků přístrojových testů před a po terapii s využitím VR

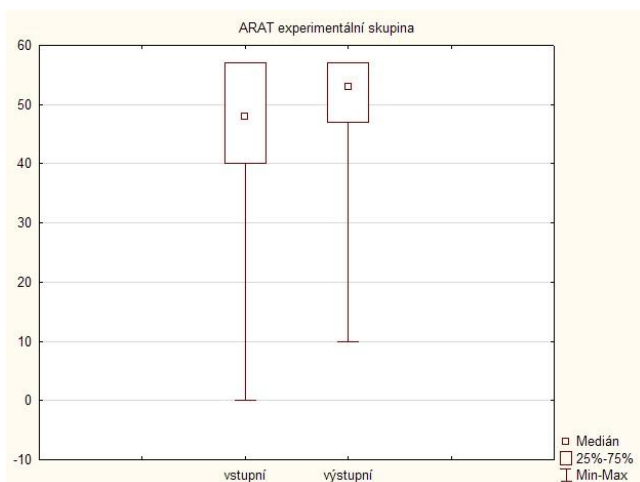
V měření síly stisku **dynamometrem** došlo k průměrnému zlepšení síly o 0,45 kg. Tato hodnota se však neukázala jako statisticky významná ($p = 0,3$).



Obrázek 20 Graf hodnocení síly stisku dle dynamometru před a po terapii VR.

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

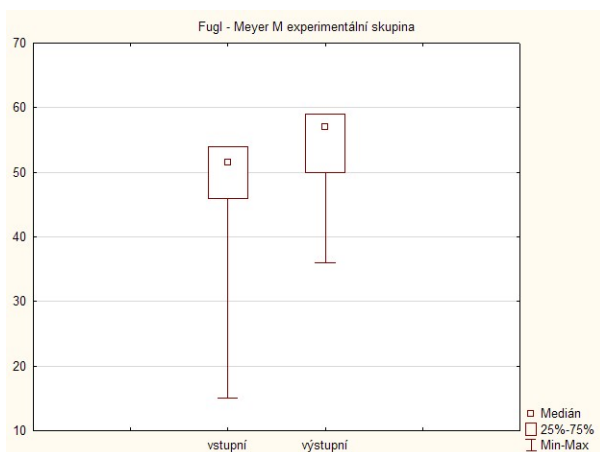
V hodnocení **ARAT** došlo k průměrnému zlepšení o 3,5 bodu. Výsledek nebyl signifikantní, $p = 0,1$. U třech pacientů nebyla změna mezi vstupním a výstupním měřením, z toho dva z nich dosáhli plného počtu bodů (57) již při vstupním měření. U ostatních bylo zaznamenáno zlepšení.



Obrázek 21 Graf hodnocení dle ARAT před a po terapii VR

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

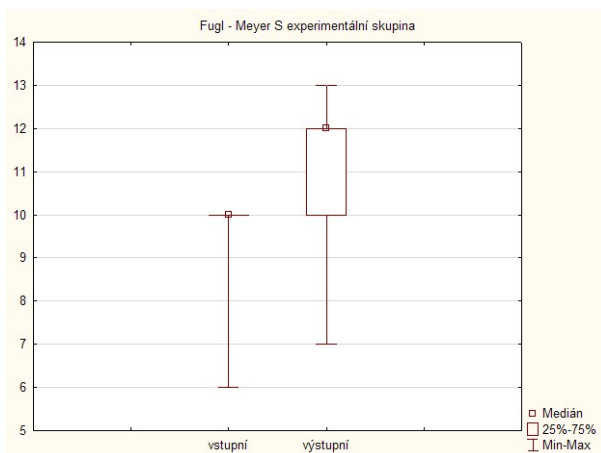
V parametru **FMA-M** došlo k signifikantnímu zlepšení ($p = 0,04$). Průměrně se každý proband zlepšil o 7,7 bodů (maximum v testu je 66 bodů). Pouze u probanda č. 2 nedošlo ke změně, ostatní probandi se zlepšili.



Obrázek 22 Graf hodnocení motorické funkce HK dle FMA-M před a po terapii.

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

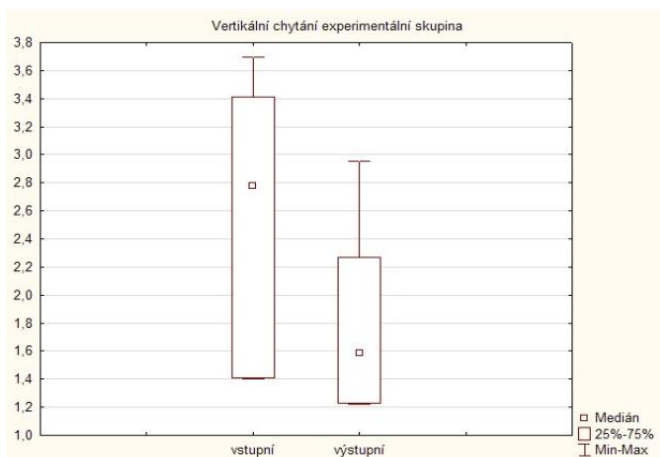
Senzitivita se dle **FMA-S** významně zlepšila ($p = 0,04$). Průměrné zlepšení bylo o 1,7 bodu (maximum 12). U pěti probandů došlo ke zlepšení senzitivity, u jednoho se hodnota nezměnila.



Obrázek 23 Graf hodnocení senzitivní funkce HK dle FMA-S

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

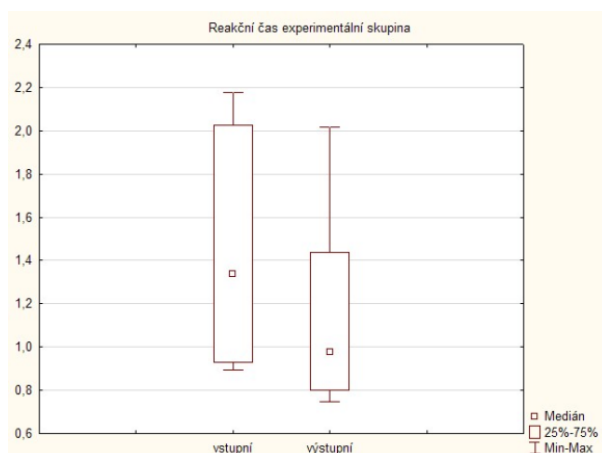
Hodnota **Hand path ratio** se statisticky významně zlepšila ($p = 0,03$). U všech probandů došlo ke zlepšení a přiblížení se k ideální hodnotě 1. Průměrně se každý zlepšil o 0,8.



Obrázek 24 Graf hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po terapii VR.

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

Reaction time se zlepšil u všech probandů, průměrně o 0,29 s. Efekt terapie byl signifikantní, $p = 0,03$.



Obrázek 25 Graf hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po terapii VR

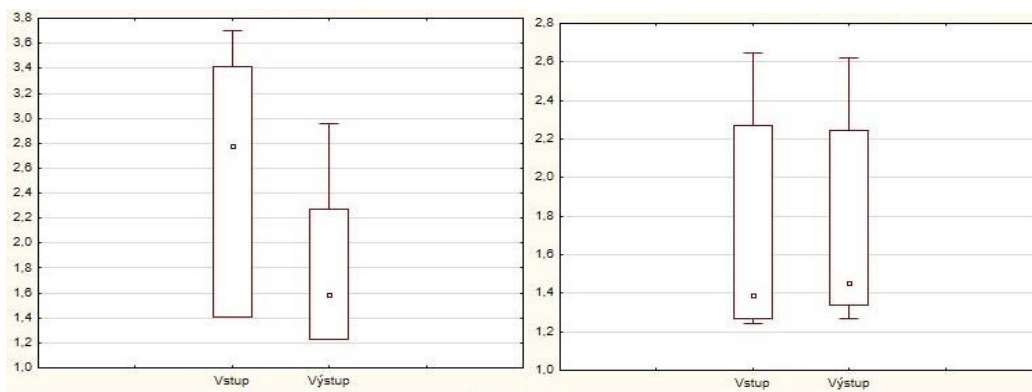
Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

5.3 Výsledky hypotézy H_03

Pro statistické vyhodnocení hypotézy byl proveden Mann-Whitneyův U Test. Podle stanovené hypotézy bylo provedeno porovnání efektu klasické terapie a terapie s využitím virtuální reality.

Nulovou hypotézu ve znění: *neexistuje významný rozdíl v efektu klasické terapie a terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP* **zamítáme** z důvodu statisticky významného výsledku v parametru Hand path ratio. Přijímáme tedy alternativní hypotézu: *existuje významný rozdíl v efektu klasické terapie a terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP*.

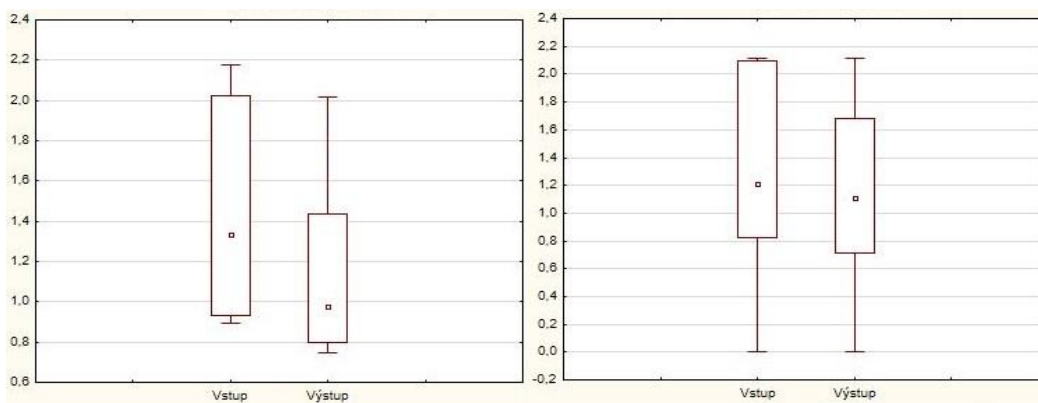
V parametru **Hand path ratio** došlo ke statisticky významnému zlepšení u experimentální skupiny oproti kontrolní skupině ($p = 0,02$). Rozdíl v efektu terapie mezi skupinami byl o 0,83. Konkrétní vstupní a výstupní hodnoty jsou uvedeny v příloze 1 a 2.



Obrázek 26 Graf A (vlevo) hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po terapii VR. Graf B (vpravo) hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po klasické terapii

Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

V parametru **Reaction time** byl efekt terapie větší u terapie s využitím VR. Tato hodnota se však neprojevila jako statisticky významná ($p = 0,07$). Rozdíl v Reaction time mezi skupinami byl o 0,15 s. Konkrétní vstupní a výstupní hodnoty všech probandů jsou uvedeny v příloze 1 a 2.



Obrázek 27 Graf A (vlevo) hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po terapii VR. Graf B (vpravo) hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po klasické terapii

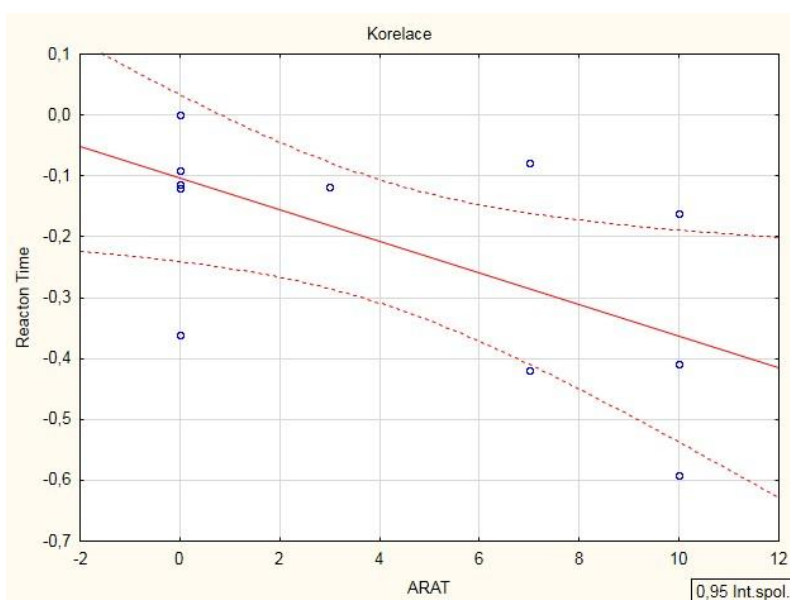
Legenda: Grafy A a B: pomocí I je znázorněno minimum a maximum, □ je 25 a 75%, □ znázorňuje medián

5.4 Výsledky hypotézy H₀₄

Hypotéza H₀₄ byla statisticky hodnocena pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Do statistiky byla zahrnuta data všech probandů z kontrolní i experimentální skupiny.

Hypotézu ve znění: *neexistuje žádný vzájemný vztah mezi přístrojovým (Reaction time) a klinickým (ARAT) hodnocením paretické horní končetiny u pacientů po CMP* **zamítáme** z důvodu statisticky významné korelace mezi těmito dvěma testy ($p < 0,05$). Přijímáme tedy alternativní hypotézu ve znění: *existuje vzájemný vztah mezi přístrojovým (Reaction time) a klinickým (ARAT) hodnocením paretické horní končetiny u pacientů po CMP*.

Byla prokázána statisticky významná korelace na hladině signifikance $p = 0,03$. Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu je $-0,62$.

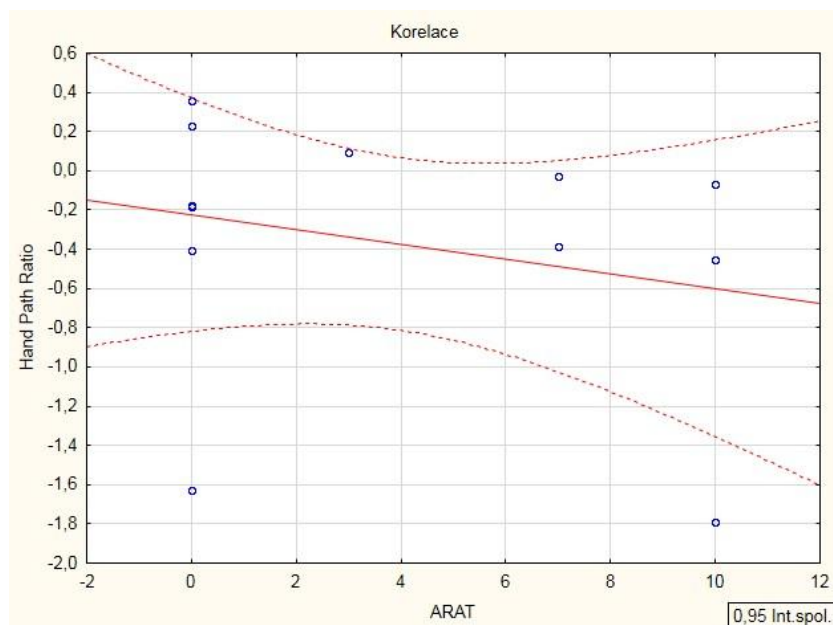


Obrázek 28 Graf korelace klinického testu ARAT a přístrojového testu Reaction time

5.5 Výsledky hypotézy H₀₅

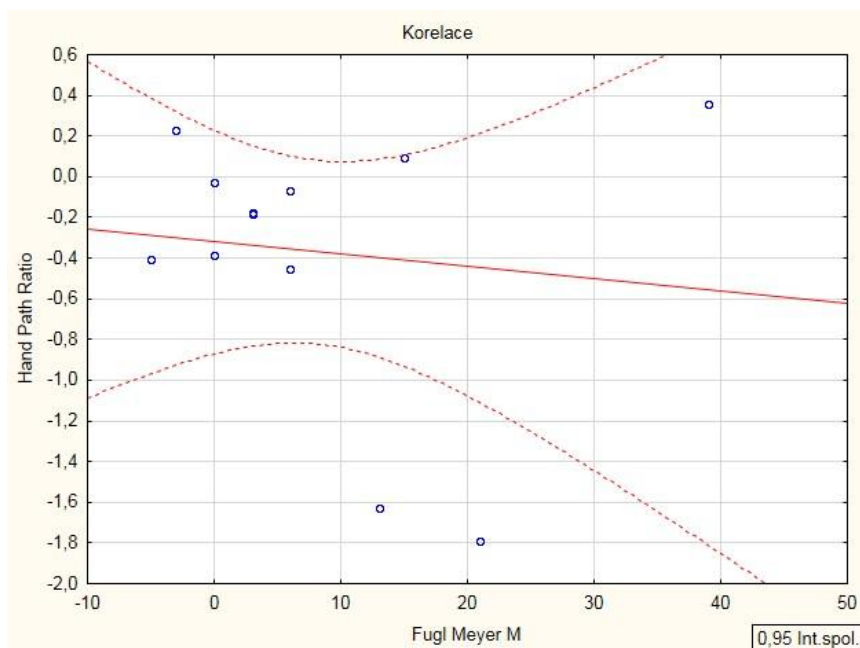
Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu bylo provedeno statistické zhodnocení korelace mezi testy dle znění hypotézy. Z výsledků vyplývá, že **přijímáme** nulovou hypotézu ve znění: *neexistuje žádný vzájemný vztah mezi přístrojovým hodnocením (Hand path ratio) a klinickými testy (ARAT, FMA-M) na paretické horní končetině u pacientů po CMP*. Proto zamítáme alternativní hypotézu: *existuje vzájemný vztah mezi přístrojovým hodnocením (Hand path ratio) a klinickými testy (ARAT, FMA-M) na paretické horní končetině u pacientů po CMP*.

Z následujícího grafu je patrné, že nebyla prokázána korelace mezi Hand path ratio a ARAT, $p = 0,4$. Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu těchto testů je $-0,29$.



Obrázek 29 Graf korelace klinického testu ARAT a přístrojového testu Hand path ratio

Dle výsledků nebyla prokázána korelace Hand path ratio a FMA-M, $p = 0,9$. Hodnota Spearmanova korelačního koeficientu těchto testů je $-0,04$.



Obrázek 30 Graf korelace klinického testu FMA-M a přístrojového testu Hand path ratio

6 DISKUZE

Cévní mozková příhoda je nejběžnější příčinou vzniku parézy centrálního typu. Nejčastěji bývá mozková ischemie lokalizována v povodí a. cerebri media s typickou kontralaterální hemiparézou, která se více klinicky projevuje na horní končetině (Votava, 2001, s. 184; Trojan et al., 2005, s. 112, 113; Kolář et al., 2009, s. 387).

Následek ischemie části mozku je nezvratné zničení určitého množství neuronů. Poté následují funkční změny, které ovlivňují motorický systém. První je snížení množství vzruchové aktivity, která proudí z mozku do míchy. Druhou je porucha rovnováhy excitace a inhibice. Převaha excitačních podnětů na agonisty a inhibičních podnětů na antagonisty se klinicky projevuje spasticitou (Votava, 2001, s. 184).

Problémy s motorickou funkcí horní končetiny následkem CMP jsou velmi časté. K nejčastějším obtížím patří omezený aktivní pohyb a koordinace pohybů jednotlivých částí HK. Tato omezení činí největší problém v provádění každodenních činností jako je stravování, oblékání a hygiena. Proto bývá postižení horní končetiny následkem CMP považováno pacienty za nejvíce omezující v jejich životě (Pollock et al., 2014, p. 2).

Hlavním cílem péče o pacienta po cévní mozkové příhodě je obnovení co největší míry samostatnosti a návrat do běžného života bez závislosti na pomoci okolí. Tomuto cíli je přizpůsobena i práce fyzioterapeuta. Běžnou součástí konvenční terapie jsou techniky čerpající z poznatků motorického učení a principů mozkové plasticity.

Vliv moderních technologií, snaha o ulehčení práce zdravotnickým pracovníkům a nejnovější poznatky v oblasti mozkové reparace přinesly do rehabilitace robotické přístroje usnadňující proces zotavení pacienta. Programy robotické terapie fungují na základě poznatků z klasické manuální terapie pacientů po CMP. Trend medicíny založené na důkazech (EBM) podporuje rozvoj těchto přístrojů. Výsledky jsou snadno měřitelné, porovnatelné a objektivní. Je téměř eliminováno hodnocení terapeutem, a tím je vyloučeno subjektivní ovlivnění výsledků.

Využití virtuální reality v terapii přináší další možnosti k podpoření přirozených reparačních schopností lidského mozku v obnově jeho funkcí po poškození. Laver et al. v jejich systematickém review 37 studií porovnávali vliv VR na pacienty po CMP v různých parametrech. Zjistili statisticky významný efekt VR v porovnání s konvenční terapií na funkci paretické horní končetiny (Laver et al., 2015, p. 15). Wu et al. zkoumali efekt bilaterální terapie u pacientů po CMP. Probandy rozdělili do tří skupin podle terapie, kterou podstupovali, a to na roboticky asistovanou bilaterální terapii, bilaterální terapii prováděnou

terapeutem a kontrolní skupinu. Po 4 týdenní terapii, prováděné 5 dní v týdnu po dobu 90 - 105 minut denně došli k závěru, že bilaterální terapie prováděná terapeutem vykazuje lepší výsledky v kontrole trupu, motorické funkci distální části HK a plynulosti pohybu HK v porovnání s robotickou bilaterální terapií. Roboticky asistovaná bilaterální terapie vykazuje významnější zlepšení v rozsahu pohybu v rameni, konkrétně flexi a větší zlepšení v kvalitě života, oproti bilaterální terapii prováděné terapeutem. (Wu et al., 2012, pp. 1010, 1011).

6.1 Vědecká otázka č. 1

První vědecká otázka se zabývá efektem terapie s využitím virtuální reality na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP. Studií zabývajících se touto problematikou je mnoho. Pro orientaci v jejich výsledcích je důležité si zjistit: jakými parametry se zabývají, jaký je charakter testovaného souboru, rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou nebo jak dlouho a často terapie probíhala. Následující studie poskytují stručný vhled do této problematiky.

Terapie s využitím VR facilituje proces neuroplasticity pomocí příznivého prostředí stimulačního rozvoje větších a účinných synaptických spojení. Děje se tak prostřednictvím aktivní terapie založené na vysoké intenzitě, opakováních a plnění různých úkolů, s využitím principů motorického učení. (Samuel et al., 2015, p. 128). Pro obnovu motorické funkce HK je VR v kombinaci s konvenční fyzioterapií a ergoterapií velmi účinným pomocníkem. K hlavním benefitům patří nenáročnost z hlediska personálního zajištění při kontinuálním zvyšování náročnosti terapie (Brunner et al., 2014, p. 1). Využití VR v rehabilitaci pacientů po CMP také velmi přispívá k vyšší motivaci a citlivějšímu sledování výsledků, výhodou je také okamžitá zpětná vazba (Samuel et al., 2015, p. 129).

Pomocí elektroencefalografie (dále jen EEG) a funkční magnetická rezonance (dále jen fMRI) je možné zkoumat aktivitu mozku a vliv rehabilitace na změny probíhající v různých oblastech mozku při terapii u pacientů po CMP.

Efekt terapie s využitím VR byl analyzován ve studii Lee et al. pomocí EEG u pacientů v chronickém stádiu po CMP. Jejich terapie probíhala 30 minut denně, 3 dny v týdnu, po dobu šesti týdnů. Výsledky EEG dokazují signifikantní zlepšení aktivace mozku při bilaterální terapii horní končetiny s využitím VR v porovnání s klasickou bilaterální terapií. Tento rozdíl může být způsoben multisenzorickým působením stimulů VR na lidský mozek. V důsledku toho dochází ke zlepšení koncentrace a zvýšení činnosti mozku (Lee et al., 2015, p. 2287).

Studie využívající fMRI k objektivizaci změn probíhajících v mozku hodnotila mozkovou aktivitu během aktivního pohybu (zatnutí pěsti) a pasivního pohybu pomocí pneumatické ortézy (flexe a extenze zápěstí) na paretické i zdravé HK u pacientů v subakutní fázi po CMP. Po 3 týdenní intenzivní terapii zaměřené na funkci ruky byla zaznamenána zvýšená aktivita ve ventrálním premotorickém kortexu postižené hemisféry během aktivního pohybu paretické HK. Tato mozková aktivita nebyla zaznamenána ani při pasivním pohybu paretické HK ani při aktivním pohybu zdravé HK (Horn et al., 2016, pp. 155-158).

Jiná studie zabývající se výhodami používání přístroje Armeo®Power (obdoba Armeo®Spring) monitorovala kortikální excitabilitu a potenciál plasticity v primárních motorických oblastech obou hemisfér. Tyto vlastnosti zkoumala pomocí reakce mozku na repetitivní transkraniální magnetickou stimulaci. Chtěli nalézt možnost, jak předpovědět míru zlepšení funkce paretické HK. Z výsledků vyplynulo, že Armeo®Power může zlepšit funkci HK. Zlepšení je funguje na principu neuroplasticity a míra zlepšení souvisí s výchozí kortikální excitabilitou (vstupní měření), kterou zkoumali transkraniální magnetickou stimulací (Calabro, 2016, pp. 1,4).

6.2 Diskuze k hypotéze č. 1

Hypotéza č. 1 se zabývá efektem klasické terapie na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP. Efekt byl hodnocen dle parametrů: dynamometr, ARAT, FMA-M, FMA-S, Hand path ratio a Reaction time. Z našich výsledků vyplývá, že neexistuje statisticky významný efekt klasické terapie u pacientů po CMP dle zvolených parametrů. V téměř všech měřených hodnotách však bylo zaznamenáno zlepšení výsledku. Výjimkou je Hand path ratio, kde došlo k velmi mírnému zhoršení. Ani jedna z hodnot ale nebyla signifikantní. V parametrech dynamometr, FMA-S a Reaction time se hodnota p přiblížila k hodnotě statistické významnosti. U těchto testů byla dosažena hodnota $p = 0,07$.

Síla stisku paretické horní končetiny je pro pacienty po CMP důležitá v každodenních činnostech, zvláště pokud je postižena dominantní končetina. Součástí většiny technik používaných v klasické terapii po CMP je kladen důraz na nácvik úchopu a zvýšení jeho síly. V našem měření jsme ke zjištění efektu terapie využili izometrický ruční dynamometr.

Naše měření v kontrolní skupině neprokázalo signifikantní efekt terapie dle **dynamometru**. Prokázalo však zlepšení síly stisku o 2,5 kg, to je výrazně více než v experimentální skupině (0,45 kg). Tento výsledek může být odrazem toho, že cvičení na přístroji Armeo®Spring nejsou primárně zaměřena na izolovanou funkci síly stisku ruky.

Cvičení se stiskem pracují, ale v kombinaci s jinými pohyby. Tím mohlo dojít ke zlepšení jiných funkcí ruky na úkor zlepšení síly stisku. Konvenční terapie nebo ergoterapie, kde se s izolovaným úchopem a silou stisku pracuje více, tedy zaznamenala větší nárůst této hodnoty.

Náš výsledek a úvahy potvrdila studie Choi et al., kteří měřili sílu stisku paretické HK u pacientů po CMP v subakutním stadiu. Po čtyřtýdenní konvenční terapii došlo k signifikantnímu zlepšení síly stisku o 5,5 kg, $p < 0,01$. Čtyřtýdenní terapie s využitím VR nevykazovala statisticky významné zlepšení síly stisku, průměrné zlepšení bylo 3,4 kg (Choi et al., 2014, p. 489).

Saposnik et al. porovnávali sílu stisku u pacientů po CMP. Účastníci studie byli rozděleni do dvou skupin, jedna absolvovala každodenní terapii videoher s prvky VR (Nintendo Wii), druhá (kontrolní) skupina prováděla rekreační hry typu bingo, hraní karet a podobně. Současně u obou skupin probíhala klasická terapie pro pacienty po CMP. Výsledky byly měřeny po 2týdenní terapii a 4 týdny po ukončení terapie. U kontrolní skupiny došlo ke zlepšení síly stisku o 2,8 kg po 2 týdnech terapie, za 4 týdny po ukončení terapie se tato hodnota nezměnila. Efekt terapie nebyl signifikantní (Saposnik et al., 2011, pp. 1480, 1481). Tato studie dospěla k téměř totožným výsledkům v efektu terapie jako my – u konvenční terapie dochází ke zvýšení síly stisku, avšak zlepšení není tak velké, aby bylo možné označit ho za signifikantní.

V našem hodnocení funkčních schopností paretické HK dle **ARAT** v kontrolní skupině nebyl prokázán signifikantní efekt terapie ($p = 0,1$). Nicméně došlo k průměrnému zlepšení o 3,3 bodů (stupnice 0 – 57 bodů). Konvenční terapie tedy podporuje zlepšení motorické funkce paretické HK, ale v našem malém vzorku probandů se neprojevil jako signifikantní.

V parametru **FMA-M** došlo v kontrolní skupině ke zlepšení o 8,7 bodů (stupnice 0 – 66 bodů). Signifikantní efekt terapie však nebyl prokázán, $p = 0,2$. Stejně jako v jiných parametrech bylo zaznamenáno zlepšení motorické funkce HK, ale bez důkazu signifikance. Naše výsledky potvrzují následující studie.

Shin et al. neprokázali statisticky významný efekt ergoterapie v hodnocení FMA-M po 4týdenní terapii u pacientů v akutní nebo subakutní fázi po CMP. Zaznamenali zlepšení o 6,3 bodů u 7 pacientů po 10 terapiích (Shin et al., 2016, pp. 5-7).

Konvenční terapie má stejný efekt jako komerční hry s prvky VR na motorickou funkci HK u pacientů po CMP v subakutní fázi dle parametru FMA-M. Zlepšení po 4 týdnech terapie bylo o 8,7 bodů, tento výsledek ve skupině 10 pacientů vyšel jako signifikantní, $p < 0,05$ (Choi et al., 2014, p. 489).

Kontrolní skupina s konvenční terapií vykazuje signifikantní rozdíl ($p < 0,05$) před a po terapii v parametru FMA-M. Ve skupině 13 pacientů bylo průměrné zlepšení o 5,5 bodů. Tento efekt byl naměřen po 4 týdnech každodenní terapie o délce 70 minut denně (Kwon et al., 2012, p. 382).

Studie potvrzují efekt konvenční terapie na zlepšení v parametru FMA-M. Rozdíl mezi studii je v prokázání signifikance daného výsledku. To může záviset na spektru pacientů, kteří se studie účastnili. Pacienti v akutní fázi po CMP většinou vykazují lepší výsledky, protože vlivem terapie dochází k největšímu využití potenciálu mozkové neuroplasticity, dochází tedy k větším funkčním i morfologickým změnám. To je pravděpodobně důvod, proč studie s pacienty v akutním stádiu po CMP dosahují lepších a statisticky významných výsledků.

Aferentní (senzitivní) systém je s eferentním (motorickým) systémem úzce provázaný. V případě špatné nebo nedokonalé aferentní informace nemůže dojít k bezchybné eferentní odpovědi motorického systému. Přesná senzomotorická zpětná vazba je rozhodující ke správnému a účinnému zvyšování motorických dovedností a procesu motorického učení (Byl et al., 2003, p. 189).

Není mnoho studií, které by se primárně zabývaly senzitivním deficitem u pacientů po CMP. Testování senzitivity je většinou okrajovou součástí v hodnocení funkčních schopností pacienta. V hodnocení efektu terapie se pak setkáváme s celkovým výsledkem hodnocení funkce zkoumané části těla. Specifické údaje o senzitivitě se považují za méně významné a nebývají tedy uvedeny.

Podle našich výsledků se dle **FMA-S** v kontrolní skupině zvýšila senzitivita paretické HK o 1,2 bodů (stupnice 0 – 12 bodů). Tato hodnota se příliš neliší od výsledku v experimentální skupině (1,7 bodů). V experimentální skupině však vyšla hodnota jako statisticky významná. Na základě podobnosti výsledků v obou skupinách se domníváme, že při měření většího počtu probandů by se výsledné hodnoty skupin ještě více přibližovaly. Tento trend potvrzuje i výrazné přiblížení hodnoty p k hladině statistické významnosti v kontrolní skupině ($p = 0,07$).

Rychlost pohybu HK bývá u pacientů po CMP snížena. Rychlost reakce na podnět může být omezena z různých důvodů. Jedna z hlavních příčin zpomalení rychlosti reakce bývá spasticita, která pacienta omezuje v závislosti na jejím stupni. **Reaction time** se v kontrolní skupině zlepšil o 0,14 s. V experimentální skupině jsme zaznamenali zlepšení o 0,29 s. V porovnání skupin je tedy zlepšení kontrolní skupiny poloviční. Podle našeho názoru může být tento trend zapříčiněn tím, že v klasické terapii není kladen důraz na nácvik

rychlosti reakce pacientů. Klasická terapie se více zabývá kvalitou provedení pohybu, než jeho rychlostí.

Choi et al. pozorovali zlepšení v reakčním čase u pacientů po CMP v subakutní fázi, změna této hodnoty po 4 týdenní konvenční terapii nebyla významná. Navíc nezaznamenali žádný rozdíl v efektu terapie mezi kontrolní a experimentální skupinou, která oproti kontrolní skupině absolvovala každodenní terapii s využitím VR (Choi et al., 2014, p. 491).

Výsledky našeho měření jsou obdobné jako ve studii Cameirao et al. V jejich experimentu u pacientů v akutní fázi po CMP zaznamenali zlepšení v rychlosti HK v kontrolní skupině, u které probíhala konvenční terapie a ergoterapie. V prvních týdnech terapie naměřili strmé zlepšení, to se však asi v pátém týdnu stabilizovalo a už k nárůstu rychlosti nedocházelo. Po 12 týdnech terapie bylo výsledné zlepšení o 0,1 s. Výsledek nebyl statisticky významný.

Hodnotící cvičení **Hand path ratio** je zaměřeno na koordinaci pohybu mezi dvěma předměty. Cílem je zdolat vzdálenost mezi dvěma předměty co nejkratší trajektorií a přiblížit se tak rovné přímce. Pohyb s co nejmenšími výchylkami znamená přiblížení se k ideální výsledné hodnotě 1, což je poměr, který udává délku ideální k reálné dráze pohybu.

V parametru Hand path ratio bylo v našem výzkumu u kontrolní skupiny zaznamenáno průměrné zhoršení o 0,03. Jedná se o jediný parametr v celém výzkumu, kde bylo zaznamenáno celkové zhoršení výsledku. V experimentální skupině bylo průměrné zlepšení o 0,8. Dle našich výsledků tedy konvenční terapie nedosahuje zlepšení v tomto parametru oproti terapii s využitím VR. Tento trend mohl být způsoben lepší strategií v ovládní exoskeletu při hodnotícím cvičení u probandů v experimentální skupině, kteří absolvovali každodenní terapii na Armeo®Spring (10 terapií). Tím se naučili lépe a rychleji přístroj ovládat a dosáhli lepších výsledků v hodnotících cvičeních.

Obecně se při hodnocení efektu konvenční terapie výsledky studií rozcházejí. Příčina rozdílných výsledků může být to, že i přes snahu standardizace péče o pacienty po CMP může terapie probíhat na každém pracovišti různým způsobem. Terapii pravděpodobně ani nelze přesně definovat a standardizovat, protože vždy vychází z konkrétních a aktuálních potřeb pacienta. Nelze tedy s přesností hodnotit a porovnávat efekt konvenční terapie, když tato terapie není přesně definovaná a může být na každém pracovišti jiná.

6.3 Diskuze k hypotéze č. 2

Hypotéza č. 2 se zabývá efektem terapie s využitím VR na paretickou HK u pacientů po CMP. Efekt terapie hodnotí v parametrech: dynamometr, ARAT, FMA-M, FMA-S, Hand path ratio a Reaction time. Vlivem terapie s využitím VR došlo v našem experimentu u probandů ke zlepšení ve všech měřených parametrech. Jako statisticky významné se ukázaly dva klinické testy FMA-M, FMA-S a oba přístrojové testy Reaction time a Hand path ratio.

Efektům využití VR v rehabilitaci paretické horní končetiny u pacientů po CMP se zabývala spousta studií. Jednotlivé studie se mezi sebou liší především v délce terapie, době po proděláním CMP, v parametrech, které zkoumaly a typu přístroje zprostředkující virtuální realitu. Většina autorů zkoumala efekt terapie VR při současně probíhající konvenční terapii nebo ergoterapii. Pacient tedy absolvoval kombinaci klasické terapie a terapie s využitím VR.

V případě **dynamometru** došlo v našem měření u experimentální skupiny k průměrnému zlepšení o 0,45 kg, ale výsledek nebyl statisticky významný ($p = 0,35$). Pro porovnání, v kontrolní skupině bylo zaznamenáno zlepšení o 2,5 kg. Tento výsledek lze zdůvodnit tím, že úkoly na Armeo®Spring nejsou primárně zaměřeny na trénink síly úchopu. Stejně výsledky potvrdili i jiní autoři. U pacientů s terapií VR (WiiNintendo) bylo zlepšení v síle stisku po 2 týdenní terapii o 2,2 kg, změna nebyla statisticky významná. Kontrolní měření 4 týdny po ukončení terapie ukázalo zlepšení o 4,2 kg oproti výsledku zaznamenaném ihned po ukončení terapie (Saposnik et. al., 2011, pp. 1480, 1481). Ke stejnému závěru došli i Housman et al., kteří prováděli terapii VR na systému Therapy Wilmington Robotic Exoskeleton (T-WREX) u pacientů v chronické fázi po CMP. Armeo®Spring je modifikací přístroje T-WREX. Po 24 terapiích s využitím VR nezaznamenali signifikantní zlepšení v síle stisku. Zlepšení v experimentální skupině bylo o 0,8 kg, stejný výsledek byl i v kontrolní skupině (Housman et al., 2009, pp. 4-6). Signifikantní zlepšení síly stisku při terapii na Armeo®Spring nebylo prokázáno ani u pacientů s roztroušenou sklerózou, při každodenní 30 minutové terapii po dobu 3 týdnů (Gijbels et al., 2011, p. 4). Většina studií při zjišťování efektu terapie nerozlišuje, zda se jedná o dominantní nebo nedominantní končetinu. Výsledky měření síly stisku však mohou být ovlivněny větším či menším zastoupením pacientů s postižením nedominantní končetiny. Síla stisku nedominantní končetiny je nižší a tím dochází k menšímu progresu u těchto pacientů.

V hodnocení **ARAT** nebylo v našem měření dosaženo signifikantního zlepšení ($p = 0,11$). Průměrně se každý pacient zlepšil o 3,5 bodu (stupnice 0 – 57 bodů), což je srovnatelná hodnota s kontrolní skupinou (3,3 bodu). Studie zabývající se vlivem terapie VR

(Armeo®Spring) na pacienty s roztroušenou sklerózou zjistila dle ARAT statisticky nevýznamné zlepšení o 4 body, po 3 týdenní každodenní 30 minutové terapii (Gijbels et al., 2011, p. 4). Naopak u pacientů v akutní fázi po CMP bylo dokázáno signifikantní zlepšení v ARAT (Samuel et al., 2015, p. 129).

Lohse et al. ve svém systematickém review 26 studií zjišťovali rozdíl v typu využití VR v terapii. Porovnávali rozdíl v efektu komerčních videoher (angl. commercial games) a virtuálního prostředí (angl. virtual environment). V review byly zahrnuty studie, které se zabývaly efektem terapie VR u pacientů po CMP. Výsledkem bylo, že není rozdíl v efektu terapie mezi těmito dvěma typy VR v hodnocení aktivity a tělesných funkcí (Lohse et al., 2014, p. 1). Z toho vyplývá, že na efekt terapie nemá vliv druh přístroje, který VR vytváří.

V parametru **FMA-M** došlo v experimentální skupině k průměrnému zlepšení po deseti terapiích o 7,7 bodů (stupnice 0 – 66 bodů). Efekt terapie vyšel v tomto parametru jako statisticky významný, $p = 0,04$. Do výsledku měření se mohl promítnout i fakt, že při terapii na Armeo®Spring provádí pacient podobné pohyby HK jako při testování FMA-M.

Kwon et. al. dospěli k závěru, že testovaná skupina pacientů v akutní fázi po CMP vykazuje signifikantní zlepšení dle FMA-M. Po každodenní 30 minutové terapii s využitím VR (systém IREX) po dobu 4 týdnů zaznamenali zlepšení o 2,7 bodů. (Kwon et al., 2012, p. 382). Podobný výsledek zaznamenali i Samuel et al., kteří prokázali zlepšení motorické funkce HK u pacienta v akutní fázi po CMP po zařazení VR do terapie. (Samuel et al., 2015, p. 129). Tyto výzkumy dokazují efektivitu provádění terapie VR i u pacientů v akutní fázi po CMP. Studií zabývajících se využitím VR v akutní fázi po CMP však není mnoho. Autoři se převážně zabývají pacienty v subakutním nebo chronickém stádiu, aby byl eliminován vliv fyziologické a automatické reparace v akutním stádiu.

U pacientů v akutním a subakutním stádiu po CMP, v jejichž léčbě byla využita ergoterapie a terapie VR na přístroji RehabMaster, bylo po 10 terapiích dosaženo zlepšení o 11,7 bodů v parametru FMA-M. Výsledek však nebyl statisticky významný. U pacientů v chronickém stádiu po CMP, kde byla využita pouze terapie na s využitím VR (RehabMaster) bylo 10 terapií zaznamenáno statisticky významné zlepšení, v kontrolním měření po 2 týdnech od ukončení terapie došlo k poklesu ve FMA, avšak ne k výchozí hodnotě (Shin et al., 2014, pp. 7,8). Tento trend by mohl vypovídat o krátkodobém efektu terapie s využitím VR.

Další studie potvrdili efekt využití VR v terapii. Bylo dosaženo statisticky významného efektu ve FMA-M u pacientů v subakutním stádiu po CMP při využití VR v terapii. Terapie průměrně probíhala 22 dní (Tanaka et al., 2013, p. 578). Pacienti v subakutní fázi po CMP po

4 týdnech terapie VR, 30 minut denně vykazovali signifikantní zlepšení ve FMA (Choi et al., 2014, p. 489).

Statisticky významný efekt VR terapie na funkci HK v proximální i distální části ve FMA-M dokázali Shin et.al. Kombinace ergoterapie a terapie s využitím VR je ideální pro obnovu funkce horní končetiny. Tato kombinace zaznamenala lepší výsledky než samotná ergoterapie vícekrát denně. K těmto závěrům došli u pacientů po CMP po 4 týdenní každodenní terapii po dobu 30 minut (Shin et al., 2016, pp. 5-7).

Studie zabývající se efektem terapie na Armeo®Spring u pacientů v chronické fázi po CMP zjistila signifikantní zlepšení motorické funkce HK v parametru FMA. Výsledek byl zaznamenán po 36 terapiích trvajících hodinu denně a také po 4 měsících po ukončení terapie. Současně s terapií na Armeo®Spring probíhala i konvenční terapie určená pro pacienty po CMP bez specifického zaměření na HK (Colomer et al., 2013, p. 263-265)

Studii zaměřených na změny senzitivity u pacientů po CMP není mnoho. Z hlediska zlepšení funkce paretické horní končetiny bývá v terapii i měření kladen větší důraz na motorickou funkci. K efektivnímu zvyšování motorických schopností je však senzomotorická zpětná vazba velmi důležitá (Byl et al., 2003, p. 189). Proto by se problematice senzitivních funkcí měl věnovat dostatek pozornosti.

V našem výzkumu jsme hodnotili senzitivitu pomocí Fugl-Meyerova testu, konkrétně jeho části senzitivní funkce u horní končetiny. V experimentální skupině bylo zaznamenáno statisticky významnému zlepšení senzitivity dle **FMA-S** ($p = 0,04$). Průměrné zlepšení probandů bylo o 1,7 bodu (škála 0-12 bodů). Tento výsledek je srovnatelný s výsledkem kontrolní skupiny (zlepšení o 1,2 bodu). V kontrolní skupině však nebyl efekt statisticky významný ($p = 0,07$), avšak z hodnoty p je patrné, že se výsledek signifikantnímu zlepšení výrazně přibližuje.

Lima et al. zkoumali senzitivitu HK u zdravých probandů a u pacientů po CMP v chronickém stádiu, u nichž porovnávali zdravou a postiženou HK. U zdravých probandů nebyl zjištěn deficit ve FMA-S. Naopak 75 % pacientů po iktu mělo snížené vnímání na lehký dotyk a narušenou propriocepci postižené HK. Na nepostižené HK byl tento deficit zaznamenán u 17 % pacientů. Zároveň 78 % pacientů mělo mírné nebo středně těžké motorické postižení HK. Nebyla nalezena korelace mezi senzitivním deficitem na zdravé a paretické HK. Korelace nebyla ani mezi senzitivním deficitem zdravé končetiny a motorickým deficitem paretické HK (Lima et al., 2015, pp. 836-838).

Lze tady říci, že využitím VR v terapii pacientů po CMP dochází k lepší a rychlejší obnově senzitivních funkcí HK. Důsledkem toho dochází k dokonalejší odpovědi

motorického (eferentního) systému a tím k celkovému zlepšení motorické funkce horní končetiny a naopak. Díky provázanosti aferentního a eferentního systému nelze s jistotou říci, jestli je důležitější obnova senzitivity pro lepší motoriku anebo naopak.

V našem měření se **Reaction time** u pacientů v experimentální skupině snížil o 0,29 s. Tato hodnota byla statisticky významná na hladině signifikance $p = 0,03$. Před terapií byl čas reakce probandů v experimentální skupině 1,45 s, po dvou týdenní terapii 1,16 s. V kontrolní skupině došlo také ke zlepšení v času reakce, avšak tato hodnota nebyla statisticky významná ($p = 0,07$), zlepšení bylo o 0,14 s. Zlepšení rychlosti reakce v experimentální skupině bylo dvojnásobné.

Konvenční terapie obecně nemá mnoho nástrojů ke zlepšení rychlosti reakce, terapie ani nebývá na tento parametr zaměřena. Současně nejsou ani klinické testy, které by se konkrétně zaměřovaly na rychlost reakce. Rychlost reakce může být ovlivněna mnohými faktory (teplota prostředí, denní doba, věk pacienta, atd.). K nejvíce omezujícím patří únava a stupeň spasticity svalů reagujících na podnět. Zpomalená reakce na podnět může být pro pacienta omezující v běžném životě z hlediska bezpečnosti, např. při hrozbě popálení.

Ve studii Cameirao et al. bylo prokázáno signifikantní zvýšení rychlosti pohybů horní končetiny po 9 týdnech terapie s využitím VR u pacientů v akutním stádiu po CMP. Rychlejší pohyby HK mohou souviset s tím, že je pacient potřebuje k plnění obtížnějších úkolů ve VR terapii, proto docházelo k výraznému zlepšení v tomto parametru (Cameirao et al., 2011, pp. 293-296). V souvislosti s touto studií a našimi výsledky se domníváme, že terapie s využitím VR zlepšuje rychlost reakce pacienta. Dle našeho názoru by bylo možné dosáhnout ještě lepších výsledků specifickou volbou terapeutických cvičení zaměřených na rychlost reakce.

Hodnocením trajektorie pohybu a odchylek od ideální dráhy pohybu horní končetiny se mnoho studií nezabývalo. Určení odchylek v tomto parametru je klinickým testováním prakticky neproveditelné. Pro její zhodnocení je tedy nutné využít přístrojové hodnocení. Tím nastává problém v komparaci těchto hodnot s jinými studiemi, protože každé měření bývá prováděno na jiném přístroji. Přesto dostupné studie potvrdili u pacientů zlepšení této hodnoty.

Dokkum et al. se zabývali vnímáním plynulosti pohybu pacientů po CMP a zdravých osob. Jejich hypotéza o tom, že u lidí po CMP je narušena schopnost vnímat plynulost pohybu se nepotvrdila. Pacienti s poškozením mozku následkem CMP jsou tedy schopni rozlišovat plynulost pohybu stejně dobře jako zdraví lidé (Dokkum et al., 2012, pp. 4-6).

Tanaka et al. zkoumali odchylky od ideální dráhy u pacientů v subakutním stádiu po CMP po terapii s využitím VR. Odchylky od ideální trajektorie měřili pomocí

elektromagnetického sledovacího zařízení a softwaru na vytváření virtuální reality. Došli k závěru, že vlivem terapie s využitím VR došlo k signifikantnímu snížení odchylek od ideální dráhy, tedy ke zlepšení v parametru Hand path ratio (Tanaka et al., 2013, p. 578).

V našem měření se hodnota **Hand path ratio** u pacientů v experimentální skupině průměrně zlepšila o 0,8. Změna byla statisticky významná na hladině signifikace $p = 0,03$. Naše výsledky potvrdili, že u pacientů vlivem terapie VR dochází ke zlepšení Hand path ratio. Zlepšuje se tedy koordinace horní končetiny a její přesnější zacílení na určitý předmět. Nutno dodat, že se jedná o zlepšení ve virtuálním prostředí. V reálném prostředí je tento parametr velmi těžko hodnotitelný. Mohl by být hodnocen subjektivním pocitem pacienta při uchopování předmětů v jeho pohybech v denních činnostech.

Signifikantního zlepšení v přístrojovém hodnocení funkce paretické HK bylo dosaženo pouze v experimentální skupině. V kontrolní skupině došlo dokonce k mírnému zhoršení v Hand path ratio (o 0,03 bodu). To nás nutí k zamyšlení, jestli tento efekt nebyl částečně ovlivněn každodenní VR terapií pacientů v experimentální skupině ve smyslu adaptace. Pacienti z experimentální skupiny mohli být více zvyklí na ovládání exoskeletu a lépe tedy řídit a cílit pohyby v hodnotících cvičeních.

6.4 Diskuze k hypotéze č. 3

Hypotéza č. 3 se zabývá rozdílem v efektu klasické terapie oproti terapii s využitím VR na paretickou horní končetinu u pacientů po CMP. Rozdílný efekt terapie porovnává v parametrech dynamometr, ARAT, FMA-M, FMA-S, Reaction time a Hand path ratio. V našem experimentu byl k VR terapii využit přístroj Armeo@Spring. Experimentální skupina měla každodenní 30 minutovou terapii na tomto přístroji. Kontrolní skupina absolvovala místo VR terapie individuální manuální terapii se zaměřením na HK. Současně u obou skupin probíhala konvenční terapie dle zvyklostí pracoviště. Ve výsledku tak obě skupiny měly časově srovnatelnou délku terapie.

Dle stanovené hypotézy došlo v našem experimentu k signifikantnímu rozdílu v efektu terapie v parametru Hand path ratio. Tento parametr hodnotí kvalitu provedení pohybu mezi dvěma předměty. Cílem nejlepšího výsledku v testu je co nejkratší dráha při vykonávání pohybu, v ideálním případě (pokud nedojde k vychýlení od ideální dráhy) je výsledná hodnota 1. Bylo statisticky prokázáno signifikantní zlepšení u experimentální skupiny oproti kontrolní ($p = 0,02$). Rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou byl o 0,83. U kontrolní skupiny došlo dokonce k mírnému zhoršení této hodnoty o 0,03. Statistické významnosti se přiblížilo i

zlepšení v parametru Reaction time u experimentální skupiny ($p = 0,07$). Rozdíl ve zlepšení času reakce mezi skupinami byl o 0,2 s. V ostatních testech hodnotících funkci horní končetiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v efektu terapie mezi skupinami.

Porovnáním efektu terapie na motoriku HK s využitím VR vs. konvenční terapie se zabývalo mnoho studií. U většiny z nich současně u experimentální skupiny probíhala i konvenční terapie. Terapie experimentální skupiny byla tedy většinou kombinace klasické terapie, případně ergoterapie a VR terapie, stejně jako v naší studii. Rozdíly mezi studii jsou převážně v typu přístroje, na kterém probíhá terapie VR a v délce trvání výzkumu nebo v druhu terapie, která probíhá u kontrolní skupiny.

Zlepšení v **Hand path ratio** po 7 terapiích VR u pacienta v akutní fázi po CMP potvrdili (Samuel et al., 2015, p. 128). Výsledek této studie tedy potvrzuje, že terapie s využitím VR přináší zlepšení v koordinaci pohybu paretické horní končetiny. Jak již bylo řečeno v diskuzi k hypotézám 1 a 2, parametr Hand path ratio je těžko měřitelný klinickými testy. Zlepšení výsledku testu znamená zlepšení koordinace a kvality provedení pohybu. Parametr Hand path ratio jako jediný ze všech měřených testů prokázal signifikantně větší efekt VR v porovnání s konvenční terapií.

V ostatních měřených parametrech nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve výsledku terapie mezi skupinami. Ke stejným závěrům dospěli i jiní autoři, kteří porovnávali efekt terapie VR oproti konvenční terapii.

Bylo provedeno srovnání nezávislým t-testem mezi VR a kontrolní skupinou před a po terapii. Nebyly objeveny signifikantní rozdíly mezi kontrolní a experimentální skupinou ve FMA u pacientů v akutní fázi po CMP (Kwon et al., 2012, p. 382). Yin et al. také ve své studii neprokázali statisticky významný rozdíl v porovnání konvenční terapie s terapií VR. Souhrnná délka terapií byla u obou skupin shodná, 30 minut denně po dobu 2 týdnů. Po dvou týdenní terapii ani po kontrolním měření po měsíci od ukončení terapie nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi skupinami v ARAT ani FMA-M (Yin et al., 2014, pp. 1111-1113). Choi et al. zkoumali efekt čtyř týdenní pohybové terapie za pomoci komerčních her s prvky virtuální reality (angl. Commercial gaming-based virtual reality movement therapy) v porovnání s ergoterapií. Nebyl signifikantní rozdíl mezi skupinami ve FMA-M. Kontrolní skupina absolvovala 30 minut ergoterapie denně, experimentální 30 minut komerčních videoher s prvky VR. Ergoterapie má stejný efekt jako komerční hry s prvky VR na motorickou funkci HK u pacientů po CMP v subakutní fázi (Choi et al., 2014, p. 489). Lohse et al. v systematickém review 26 studií zhodnotili zařazení VR do terapie jako velice přínosné pro zlepšení funkce paretické horní končetiny (Lohse et al., 2014, pp. 1, 5-8).

Všechny uvedené studie potvrzují naše výsledky. V experimentální skupině dochází k signifikantnímu zlepšení motorické funkce HK, avšak při porovnání experimentální vs. kontrolní skupiny není rozdíl v efektu terapie mezi skupinami signifikantní.

6.5 Vědecká otázka č. 2

Vědecká otázka č. 2 se zabývá vzájemným vztahem mezi přístrojovými a klinickými testy zaměřenými na funkci paretické horní končetiny u pacientů po CMP. Hypotézy zkoumají vzájemný vztah mezi jednotlivými klinickými testy (ARAT, FMA-M) a přístrojovými testy (Hand path ratio a Reaction time). Předpoklad korelace testů byl založen na podobnosti pohybů vykonávaných při testování nebo na podobné strategii při dosahování co nejlepšího výsledku v testu. Hodnoceny byly všechny výsledky z experimentální i kontrolní skupiny dohromady. Výsledek tedy udává pouze vztah dvou konkrétních testů bez ohledu druh terapie.

Testování v rehabilitaci je důležité pro objektivizaci výsledků terapie. Existuje mnoho klinických testů, které porovnávají různé funkce HK u pacientů po CMP. Vzrůstající počet a dostupnost robotické terapie v běžné praxi umožňuje provádět testování pacientů ve speciálních hodnotících cvičeních jednotlivých přístrojů. Tato měření mají oproti klinickým testům výhodu ve své objektivitě. Klinické testy budou vždy více či méně ovlivněny subjektivním pohledem terapeuta. Důkaz korelace testů běžně používaných v praxi s přístrojovým hodnocením by mohl zjednodušit testování v rehabilitaci. Větší využití přístrojových testů (s prokázanou korelací s dosud používanými klinickými testy) by tedy v praxi přinesl objektivnější výsledky efektu terapie a zvýšila by se tak možnost lepšího porovnání výsledků.

6.6 Diskuze k hypotéze č. 4

Hypotéza č. 4 předpokládá korelaci mezi přístrojovým testem Reaction time a klinickým testem ARAT. Předpoklad vzájemné korelace těchto testů je založen na podobné strategii při dosažení co nejlepšího výsledku v testu. U obou testů je pro dobrý výsledek důležitá rychlost provedení úkolu.

Statistické vyhodnocení vzájemného vztahu přístrojového testu Reaction time a klinického testu ARAT pomocí Spearmanova korelačního koeficientu ukázalo statisticky významnou korelaci těchto dvou testů ($p = 0,03$). Spearmanův koeficient má zápornou

hodnotu (-0,6), to znamená, že vztah mezi testy má charakter nepřímé úměry (čím vyšší hodnota ARAT, tím nižší hodnota Reaction time).

Korelaci těchto testů lze vysvětlit na základě podobného cíle při vykonávání testu. Klinický test ARAT hodnotí rychlost vykonání úkolu paretickou HK oproti zdravé HK. Přístrojový test Reaction time hodnotí rychlost reakce na objevení předmětu. Rychlost provedení určitého pohybu je tedy klíčové pro dobrý výsledek v obou testech.

Na základě signifikantní korelace se domníváme, že by bylo možné v klinické praxi považovat tyto dva testy za rovnocenné.

Studie Lee et al. se zabývala vztahem mezi akcelerometrem a klinickým testem ARAT na paretické HK u pacientů po CMP. Výsledky nepřinesly statisticky významnou korelaci ($p = 0,24$) dle Spearmanova korelačního koeficientu (Lee et al., 2015, p. 1054). Tento výsledek je v rozporu s našimi výsledky. Lze to vysvětlit tím, že akcelerometr hodnotí průměrné zrychlení či zpomalení pohybu končetiny, což je rychlost za určitý čas (m/s^2). Kdežto Reaction time hodnotí pouze aktuální rychlost reakce na podnět, tedy pouze časový údaj v sekundách (s). Porovnává tedy dvě hodnoty v odlišných fyzikálních jednotkách.

Většina softwarů robotických terapií umožňuje využití hodnotících cvičení pro objektivizaci výsledků terapie. Studie Otaka et al. zkoumala rozdíly a korelace mezi přístrojovým hodnocením zdravé a paretické HK u pacientů po CMP. Přístroj v jedenácti z dvanácti parametrů zaznamenal statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$) mezi zdravou a paretickou končetinou (Otaka et al., 2015, p. 5). To dokazuje schopnost robotického přístroje citlivě rozlišit jednotlivé parametry v hodnocení funkce horní končetiny.

6.7 Diskuze k hypotéze č. 5

Hypotéza č. 5 předpokládá vzájemný vztah mezi přístrojovým testem Hand path ratio a klinickými testy ARAT a FMA-M. Předpoklad korelace mezi jednotlivými testy byl vyhodnocen Spearmanovou korelační analýzou. Z výsledků vyplývá, že neexistuje statisticky významný vztah mezi přístrojovým hodnocením Hand path ratio a klinickými testy ARAT a FMA-M.

Naše hypotéza předpokládala vztah Hand path ratio a ARAT na základě podobné strategie při dosahování cíle. V hodnotícím cvičení Hand path ratio je cílem co nejkratší trajektorie (nejmenší výchylky) mezi dvěma předměty. Test ARAT hodnotí rychlost přemístění různých předmětů na určitou vzdálenost (čím kratší trajektorie, tím lepší výsledek).

Oba testy jsou tedy založeny na kvalitě a přesnosti provedení daného úkolu. Na základě této podobnosti jsme uvažovali o vzájemné souvislosti těchto testů.

Statistické vyhodnocení vzájemného vztahu pomocí Spearmanovy korelační analýzy přístrojového testu Hand path ratio a klinického testu ARAT neprokázalo statisticky významnou korelaci mezi těmito dvěma testy ($p = 0,35$).

Náš experiment tedy úvahu o předpokladu vzájemného vztahu testů nepotvrdil. Vzhledem k nízkému počtu probandů by při bylo zajímavé studii opakovat s větším počtem probandů, případně ji doplnit o výzkum ve zdravé populaci.

Korelace Hand path ratio byla provedena i s druhým testem hodnotícím motorickou funkci parietické horní končetiny FMA-M. Předpokladem vzájemné korelace byla možná souvislost těchto testů z hlediska koordinace a kvality provedení pohybu. Přístrojový test Hand path ratio udává index vzdálení se od ideální trajektorie pohybu, tím hodnotí koordinaci a kvalitu pohybu. Klinický test FMA-M hodnotí provedení různých úkolů. Pro dobrý výsledek v testu je důležité provést pohyb kvalitně.

Podle výsledků našeho výzkumu neexistuje statisticky významná korelace mezi přístrojovým testem Hand path ratio a klinickým testem FMA-M ($p = 0,9$). Naše úvahy o vzájemném vztahu testů se tedy nepotvrdily.

Otaka et al. zkoumali vzájemný vztah přístrojových a klinických testů u pacientů s postižením HK po CMP. Studie se účastnilo 56 probandů v chronickém stádiu po CMP. Jejich výsledky ukazují statisticky významnou korelaci mezi FMA a Path length ratio - obdoba Hand path ratio (Otaka et al., 2015, p. 8). Tento výsledek se neshoduje s výsledky naší studie. Důvodem by mohl být typ přístroje, který byl použit pro analýzu dat. Robotický exoskelet (KINARM) umožňoval pohyb pouze v horizontální rovině, což je v porovnání s naší studií na Armeo®Spring mnohem jednodušší pohyb. Přístrojový test Path length ratio byl hodnocen pouze ve virtuálním (1D) prostoru, kdežto klinický test FMA-M se vykonává v reálném (3D) prostoru. Tím byl porovnáván relativně jednoduchý pohyb v jedné rovině s náročným pohybem v reálném prostředí bez vyloučení gravitace.

Jiným důvodem rozporu výsledků může být malý vzorek probandů v naší studii, který neumožnil kvalitnější statistické vyhodnocení. Rozdíl byl také v tom, že náš experiment hodnotil korelaci efektu terapie (rozdíl hodnot mezi vstupem a výstupem), kdežto Otaka et al. hodnotili korelaci pouze za základě jednoho (výstupního) měření.

6.8 Limity práce

Jedním z limitů práce bylo nastavení hodnotících cvičení na Armeo®Spring, která neberou ohled na rozsah pracovního prostoru konkrétního pacienta. V hodnotících cvičeních tak několikrát nastala situace, kdy pacient objekt viděl a reagoval na něj adekvátním způsobem, a přesto nebyl schopen objekt chytit. Pokud objekt nechytil, počítač situaci zaznamenal jako neúspěšný pokus. Tím mohlo dojít k mírnému zkreslení výsledků. Dalším problémem v hodnotících cvičeních bylo příliš dlouhé trvání testu u probandů, kteří reagovali pomaleji (Reaction time) nebo jejich trajektorie měly velké výchylky (Hand path ratio). Testování potom u pacienta trvalo dlouhou dobu a při opakovaných nezdarech docházelo k demotivaci a snížení koncentrace.

Před měřením klinického testu ARAT byli pacienti instruováni, aby přemísťování předmětů prováděli co nejrychleji. Jednotlivé časy byly měřeny a poté byla porovnávána zdravá a postižená končetina. Měření se provádí celkem 38 krát. U některých pacientů jsme ke konci měření pozorovali celkové zpomalení pohybů i na zdravé končetině. Vysvětlením může být únava, nezáměr nebo nízká motivace pacienta. Tomuto nedostatku by bylo možné částečně předejít jasným sdělením délky trvání a náročnosti celého testu nebo průběžným motivováním pacienta.

Dalším limitem ve studii byl nízký počet probandů. Při statistickém zhodnocení malého počtu probandů dochází k ovlivnění celkových výsledků „extrémními výkyvy“ jednotlivých pacientů.

Pro objektivizaci dlouhodobých výsledků terapie by bylo přínosné zařadit ještě jedno nebo i dvě kontrolní měření s určitým časovým odstupem, například jeden a tři měsíce po ukončení terapie.

6.9 Přínos pro praxi

V souvislosti s výsledky naší práce lze obecně konstatovat, že díky zařazení virtuální reality do terapie, se zlepšila funkce paretické horní končetiny. Konkrétně jsme prokázali signifikantní zlepšení v senzitivitě a motorické funkci podle testu Fugl-Meyer, v rychlosti reakce na podnět dle Reaction time a v koordinaci pohybu HK mezi dvěma předměty dle Hand path ratio.

Dále bylo prokázáno, že konvenční terapie, která nevyužívá VR, zlepšuje funkci paretické horní končetiny, ale výsledky nejsou statisticky prokazatelné. Nicméně se v některých parametrech (dynamometr, FMA-S, Reaction time) statistické významnosti velmi blíží.

Testování v rehabilitaci je nezbytnou součástí terapie. Přístrojová hodnotící cvičení bývají založená na stejném principu jako některé klinické testy. Objevení vztahu a prokázání korelace mezi jednotlivými testy přináší do praxe větší objektivitu naměřených výsledků a možnost jejich přesnějšího porovnání s ostatními výsledky.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit efekt využití VR v rehabilitaci paretické horní končetiny u pacientů po CMP a zjistit vzájemný vztah mezi přístrojovými a klinickými testy, které hodnotí motorickou funkci horní končetiny. Efekt byl hodnocen u pacientů v subakutní fázi po CMP. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Probandi experimentální skupiny podstoupili 30 minutovou terapii s využitím VR na přístroji Armeo®Spring, terapie probíhala každý den po dobu dvou týdnů. Kontrolní skupina absolvovala klasickou terapii pro pacienty po CMP. Před a po dvoutýdenní terapii byli pacienti zhodnoceni klinickými a přístrojovými testy.

Ve výsledcích kontrolní skupiny jsme nezaznamenali statisticky významný efekt v žádném z měřených parametrů. Nicméně téměř ve všech hodnotách bylo zaznamenáno zlepšení (kromě koordinace pohybu horní končetiny – parametru Hand path ratio). Konvenční terapie tedy přináší zlepšení v síle stisku, senzitivitě, motorické funkci i rychlosti reakce paretické horní končetiny, ale výsledky nejsou statisticky významné.

Výsledky experimentální skupiny ukázaly statisticky významné zlepšení v klinických testech FMA-M, FMA-S a v přístrojových testech Reaction time a Hand path ratio. V ostatních měřených parametrech bylo také zaznamenáno zlepšení. Zařazení VR do terapie přineslo prokazatelné zlepšení ve zmíněných parametrech na rozdíl od kontrolní skupiny, kde efekt terapie nebyl signifikantně prokázán. VR v terapii paretické HK u pacientů po CMP tedy přináší zlepšení v síle stisku, senzitivitě, motorické funkci, rychlosti reakce i koordinaci pohybu horní končetiny.

Porovnání efektu terapie kontrolní vs. experimentální skupiny ukázalo statisticky významný rozdíl v přístrojovém hodnocení Hand path ratio ve prospěch experimentální skupiny. V ostatních hodnotách nebyl rozdíl v efektu terapií signifikantní. Z toho vyplývá, že využití VR v terapii přináší v porovnání s konvenční terapií prokazatelný efekt v koordinaci pohybu paretické HK při pohybu mezi dvěma předměty, tedy v parametru Hand path ratio.

Hodnocení vzájemného vztahu klinických a přístrojových testů ukázalo statisticky významnou korelaci mezi ARAT a Reaction time. Bylo prokázáno že, čím vyšší skóre v testu ARAT, tím nižší hodnota (rychlejší reakce) v Reaction time. V praxi tedy mají tyto dva testy stejnou výpovědní hodnotu a mohli bychom je považovat za rovnocenné.

Při opakování měření bychom navrhovali zařadit do studie více probandů, aby byl efekt terapie a korelace lépe prokazatelný. Dále by bylo zajímavé provést kontrolní měření s odstupem času i po ukončení terapie.

REFERENČNÍ SEZNAM

BASTLOVÁ, P., JURUTKOVÁ, Z., TOMSOVÁ, J., ZELENÁ, A. 2015. *Výběr klinických testů pro fyzioterapeuty*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4640-0.

BIEN, Z., STEFANOV, D. 2004. *Advances in rehabilitation robotics: human-friendly technologies on movement assistance and restoration for people with disabilities*. New York: Springer, 2004. ISBN 3540219862.

BOHANNON, R.W., ANDREWS, A. W. 1987. Interrater Reliability of Hand-Held Dynamometry. *Physical Therapy*, 67(6), pp. 931-933. 1987. dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/content/67/6/931>.

BYL, N., RODERICK, J., MOHAMED, O., HANNY, M., KOTLER, J., SMITH, A., TANG, M., ABRAMS, G. 2003. Effectiveness of Sensory and Motor Rehabilitation of the Upper Limb Following the Principles of Neuroplasticity: Patients Stable Poststroke. *Neurorehabilitation & Neural Repair* [online]. 2003, 17(3), pp. 176-191 [cit. 2016-04-28]. ISSN: 1545-9683

Dostupné z: <http://nrr.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0888439003257137>

CALABRO, R.S., RUSSO, M., NARO, A., MILARDI, D., BALLETTA, T., LEO, A., FILONI, S., BRAMANTI, P. 2016. Who May Benefit From Armeo Power Treatment? A Neurophysiological Approach to Predict Neurorehabilitation Outcomes. *PM&R* [online]. 2016, [cit. 2016-05-05]. ISSN 19341482. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1934148216000745>

CAMEIRAO, M.S., BADIA, S.B., DUARTE, E., FRISOLI, A., VERSCHURE, P.F.M.J. 2012. The Combined Impact of Virtual Reality Neurorehabilitation and Its Interfaces on Upper Extremity Functional Recovery in Patients With Chronic Stroke. *Stroke* [online]. 2012, 43(10), pp. 2720-2728 [cit. 2016-04-17]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/STROKEAHA.112.653196>

CAMEIRAO, M.S., BERMÚDEZ, S., DUARTE, E., VERSCHURE, P. 2011. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience* [online]. 2011. 29(5), pp. 287-298 [cit. 2016-04-17]. DOI: 10.3233/RNN-2011-0599.

Co je to virtuální realita. Laboratoř virtuální reality [online]. 2011. [Cit. 11.2.2015]. Dostupné z: <https://sites.google.com/a/voss-na.cz/virtualni-realita/vr>

COLOMER, C., BALDOVÍ, A., TORROMÉ, S., NAVARRO, M.D., MOLINER, B., FERRI, J., NOÉ, E. 2013. Efficacy of Armeo®Spring during the chronic phase of stroke. Study in mild to moderate cases of hemiparesis. *Neurología (English Edition)* [online]. 2013, 28(5), 261-267 [cit. 2016-05-05]. DOI: 10.1016/j.nrleng.2012.04.017. ISSN 21735808. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2173580813000813>

DOUSSOULIN, S. A., RIVAS S, CAMPOS R.S. 2012. Validation of "Action Research Arm Test" (ARAT) in Chilean patients with a paretic upper limb after a stroke. *Rev. méd. Chile* [online]. 2012, vol.140, n.1 [cited 2016-03-16], pp. 59-65 . ISSN 0034-9887. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872012000100008>.

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

EKSTRAND, E., LEXELL, J., BROGARDH, C. 2015. Isometric and isokinetic muscle strength in the upper extremity can be reliably measured in persons with chronic stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*[online]. 2015, 47(8), 706-713 [cit. 2016-04-14]. pp. 1650-1977. Dostupné z: <http://www.medicaljournals.se/jrm/content/?doi=10.2340/16501977-1990>

FEIGIN, V. L. 2007. *Cévní mozková příhoda: prevence a léčba mozkového iktu*. 1. české vyd. Praha: Galén, 2007, 207 s. ISBN 978-80-7262-428-7.

GIJBELS, D., LAMERS, I., KERKHOF, L., ALDERS, G., KNIPPENBERG, E., FEYS, P. 2011. The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2011, 8(1), [cit.2016-04-17]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/5>

HAIBACH, P.S., REID, G., COLLIER, D.H. 2011. *Motor learning and development*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2011. ISBN 0736073744.

HAND, CH. 1994. Other faces of virtual reality. Proceedings of the East-West International Conference on Multimedia. *Hypermedia and Virtual Reality, Moscow, 1994*, pp. 107-116; Dostupné z: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F3-540-61282-3>

HERNDON, R. M. 2006. *Handbook of neurologic rating scales*. 2nd ed. New York, N.Y.: Demos Medical Pub., 2006. ISBN 1888799927.

Hocoma: Armeo®Spring: *Uživatelská příručka*, Hocoma AG. 2011

HORÁČEK, O. 2006. Rehabilitace u cévní mozkové příhody. *Sanquis*. Klinika rehabilitace 2. LF UK a FN Motol, Praha, 2006(47), pp. 12-15. ISSN 1212-6535. Dostupné z: <http://www.sanquis.cz/index1.php?linkID=art205>.

HORN, U., ROSCHKA, S., EYME, K., WALZ, A.D., PLATZ, T., LOTZE, M. 2016. Increased ventral premotor cortex recruitment after arm training in an fMRI study with subacute stroke patients. *Behavioural Brain Research* [online]. 2016, 308, pp. 152-159 [cit. 2016-05-05]. DOI: 10.1016/j.bbr.2016.04.040. ISSN 01664328. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166432816302431>

HOUSMAN, S.J., SCOTT, K.M., REINKENSMEYER, D.J. 2009. A Randomized Controlled Trial of Gravity-Supported, Computer-Enhanced Arm Exercise for Individuals With Severe Hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2009, 23(5), pp. 505-514 [cit. 2016-04-18]. ISSN 1545-9683.

Dostupné z: <http://nrr.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/1545968308331148>

HSIEH, Y.-W., HSUEH, I.-P., CHOU, Y.-T., SHEU, C.-F., HSIEH, C.-L., KWAKKEL, G. 2007. Development and Validation of a Short Form of the Fugl-Meyer Motor Scale in Patients With Stroke. *Stroke* [online]. 2007, 38(11), 3052-3054 [cit. 2016-04-14]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/STROKEAHA.107.490730>

- CHOI, J-H., HAN, EY., KIM, BR., KIM, SM., IM SH., LEE, SY., HYUN, CW. 2014. Effectiveness of Commercial Gaming-Based Virtual Reality Movement Therapy on Functional Recovery of Upper Extremity in Subacute Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine* [online]. 2014, 38(4), 485- [cit. 2016-04-17]. ISSN 2234-0645. Dostupné z: <http://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.5535/arm.2014.38.4.485>
- CHRÁSKA, M. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-1369-4.
- KALINA, M. 2008. *Cévní mozková příhoda v medicínské praxi*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2008, 231 s. ISBN 978-80-7387-107-9.
- KOLÁŘ, P. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘOVÁ, B. 2014. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci - možnosti vyšetření a terapie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4266-2.
- KRÁLÍČEK, P. 2011. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-618-2.
- KWON, J-S, PARKB, M-J., YOONB, I.J., PARKA, S.H. 2012. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: A double-blind randomized clinical trial. *Neuro Rehabilitation*. 2012, (31), pp. 379-385. ISSN 1053-8135
- LAVAR, K. E, GEORGE, S, THOMAS, S., DEUTSCH E. J., CROTTY, M. 2015. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2015 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD008349.pub3>
- LEE, J-H., PARK, J.H., KIM, Y-J. 2015. Sensitivity of the accelerometer as a measurement tool for upper extremity movement by stroke patients: a comparison with the action research arm test. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2015, 27(4), pp. 1053-1054 [cit. 2016-05-01]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/4/27_jpts-2014-679/article

LEE, S-H, KIM, Y-M., LEE, B-H. 2015. Effects of virtual reality-based bilateral upper-extremity training on brain activity in post-stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2015,27(7), 2285-2287 [cit. 2016-04-17]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/7/27_jpts-2015-151/article

LIMA, N.M.F.V., MENEGATTI, K.C., YU, E., et al. 2015. Sensory deficits in ipsilesional upper-extremity in chronic stroke patients. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* [online]. 2015, 73(10), pp. 834-839 [cit. 2016-04-28]. ISSN 1678-4227. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2015001000834&lng=en&nrm=iso&tlng=en

LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ, M. 2005. *Neurorehabilitace*. 1. vyd. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-317-6.

LOHSE, K.R, HILDERMANN, CGE, CHEUNG, KL., TATLA, S., VAN DER LOOS, H.F.M. 2014. Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy. *PLoS ONE*. 2014. 9(3): doi:10.1371/journal.pone.0093318

LUQUE-MORENO, C., FERRAGUT-GARCÍAS, A., RODRÍGUEZ-BLANCO, C., HEREDIA-RIZO A.M., OLIVA-PASCUAL-VACA, J., KIPER, P., OLIVA-PASCUAL-VACA, A. 2015. 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. 2016-03-13]. ISSN 2314-6133. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/342529/>

MACIEJASZ, P., ESCHWEILER, J., GERLACH-HAHN, K., JANSEN-TROY, A., LEONHARDT, S. 2014. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2014, **11**(1), 3- [cit. 2016-03-12]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3>

MARCHAL-CRESPO, L., REINKENSMEYER J.D. 2009. Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2009,**6**(1), 20- [cit. 2016-03-12]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/6/1/20>

MLÍKA, R., JANURA, M. MAYER, M. 2005. Virtuální realita a rehabilitace. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2005, Roč. 12, č. 3, s. 112-118. ISSN: 1211-2658.

OTAKA, E., OTAKA, Y., KASUGA, S., NISHIMOTO, A., YAMAZAKI, K., KAWAKAMI, M., USHIBA, J., LIU, M. 2015. Clinical usefulness and validity of robotic measures of reaching movement in hemiparetic stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2015, 12(1), - [cit. 2016-05-01]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/12/1/66>

POLLOCK, A., FARMER, S.E., BRADY, M.C., LANGHORNE, P., MEAD, G.E., MEHRHOLZ, J., VAN WIJCK, F. 2014. Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2014[cit. 2016-04-17]. DOI: 10.1002/14651858.CD010820.pub2.

Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD010820.pub2>

PROIETTI, T., CROCHER, V., ROBY-BRAMI, A., JARRASSE, N. 2016. Upper-limb robotic exoskeletons for neurorehabilitation: a review on control strategies. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* [online]. 1-1 [cit. 2016-05-04]. ISSN 1937-3333. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7450169>

RASKIN, S. A. 2011. *Neuroplasticity and rehabilitation*. New York: Guilford Press, 2011. ISBN 1609181379.

ROCON, E., PONS, J.L. 2011. *Exoskeletons in rehabilitation robotics: tremor suppression*. 1. Ed. Berlin: Springer, 2011. ISBN 9783642176586.

ROKYTA, R. 2008. *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. 2., přeprac. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2008. ISBN 80-86642-47-X.

RUDHE, C., ALBISSER, U., STARKEY, M.L., CURT, A., BOLLIGER, M. 2012. Reliability of movement workspace measurements in a passive arm orthosis used in spinal cord injury rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2012, 9(1),37-[cit. 2016-05-04]. ISSN 1743-0003.

Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/9/1/37>

SAMUEL, GS, CHOO, M., CHAN WY, KOK, S., NG, YS. 2015. The use of virtual reality-based therapy to augment poststroke upper limb recovery. *Singapore Medical Journal*. 2015, 56 (07), pp. 127-130. ISSN 00375675. Dostupné z: <https://sma.org.sg/Publications/articles.aspx?ID=06E50156-5A7F-4AA8-ABEF-813085CAEFCA>

SAPOSNIK, G., TEASELL, R., MAMDANI, M., HALL, J., McILROY, W., CHEUNG, D., THORPE, K.E., COHEN, L.G., BAYLEY, M. 2010. Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Clinical Trial and Proof of Principle. *Stroke* [online]. 2010,41(7), pp. 1477-1484 [cit. 2016-04-18]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/STROKEAHA.110.584979>

SHIN, J-H, RYU, H., JANG, S. 2014. A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2014, vol. 11,(1) [cit. 2015-2-20]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/32>

SHIN, J-H., KIM, M-Y., LEE, J-Y., JEON, Y-J., KIM, S., LEE, S., SEO, B., CHOI, Y. 2016. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2016,13(1), - [cit. 2016-04-17]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/13/1/17>

SCHMIDT, R.A., LEE, T.D. 2011. *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. 5th ed. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 2011. ISBN 978-0-7360-7961-7.

STOKES, E.K. 2011. *Rehabilitation outcome measures*. New York: Churchill Livingstone, 2011. ISBN 0702044652.

StrokEngine-Assess [online]. <http://strokengine.ca/assess/index-en.html> [online]. 2012 [cit. 4. 2. 2013]. Dostupné na: <http://strokengine.ca/assess/index-en.html>.

TANAKA, T., KUDO, A., SUGIHARA, S., IZUMI, T., MAEDA, Y., KATO, N., MIYASAKA, T., HOLDEN, M.K. 2013. A Study of Upper Extremity Training for Patients with Stroke Using a Virtual Environment System. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2013, 25(5), 575-580 [cit. 2016-04-17]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/25/5/25_jpts-2012-368/pdf

TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. 2005. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1296-2

TROJAN, S., POKORNÝ, J. 1997. Teoretický a klinický význam neuroplasticity. *Bratislavské lékařské listy*. [online]. 1997, (12), s. 667-673. ISSN 1336-0345.[cit. 13. 12. 2014].

TYRLÍKOVÁ, I., BAREŠ, M. 2012. *Neurologie pro nelékařské obory*. Vyd. 2., rozš. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012, 305 s. ISBN 978-80-7013-540-2.

VAN DER LEE, J. H., GROOT, V., BECKERMAN, H., WAGENAAR, R.C., LANKHORST, G.J., BOUTER, L.M. 2001. The intra- and interrater reliability of the action research arm test: A practical test of upper extremity function in patients with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2001, **82**(1), 14-19 [cit. 2016-03-15]. ISSN 00039993. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999301513015>

VAN DOKKUM, L., MOTTET, D., BONNIN-KOANG, H-Y., METROT, J., ROBY-BRAMI, A., HAURET, I., LAFFONT, J. 2012. People post-stroke perceive movement fluency in virtual reality. *Experimental Brain Research* [online]. 2012, 218(1), pp. 1-8 [cit. 2016-04-17]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-011-2995-2>

VANĚŠKOVÁ, E. 2005. Testování v neurorehabilitaci. *Neurologie pro praxi*. 2005, **6**(6), 311-314 s. ISSN 1803-5280.

VÉLE, F. 1997. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.

VOTAVA, J. 2001. Rehabilitace osob po cévní mozkové příhodě. *Neurologie pro praxi*. 2001, 2(4), 184-189. ISSN 1803-5280.

WEISS, P.L., KESHNER, E.A., LEVIN, M.F. 2014. *Virtual reality for physical and motor rehabilitation*. New York: Springer, 2014. Virtual reality technologies for health and clinical applications. ISBN 1493909673.

WHO. 2004. Rehabilitace po cévní mozkové příhodě: včetně nácviku soběstačnosti: průvodce nejen pro rehabilitační pracovníky. 1. vyd. Překlad Simona Šeclová. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0592-3.

WU, C-Y., CHEN, C-L. 2012. Rasch Validation and Predictive Validity of the Action Research Arm Test in Patients Receiving Stroke Rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012, **93**(6), 1039-1045. ISSN 00039993. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999311010677>

WU, C-Y., YANG, C-L., CHUANG, L-L., LIN, K-C., CHEN, H-C., CHEN, M-D., HUANG, W.-D. 2012. Effect of Therapist-Based Versus Robot-Assisted Bilateral Arm Training on Motor Control, Functional Performance, and Quality of Life After Chronic Stroke: A Clinical Trial. *Physical Therapy*[online]. 2012, vol. 92, (8), pp. 1006-1016 [cit. 2015-2-20]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/cgi/doi/10.2522/ptj.20110282>.

YANG, X. 2009. Virtual Reality in Rehabilitation. *Rehabilitation Engineering* [online]. 2009, pp. 1-12 [cit. 3.2.2015]. ISBN 978-953-307-023-0. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/rehabilitation-engineering/virtual-reality-in-rehabilitation>

YIN, C.W., SIEN, N. Y., YING, L. A., CHUNG, S., TAN MAY LENG D. 2014. Virtual reality for upper extremity rehabilitation in early stroke: a pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2014, **28**(11), pp. 1107-1114 [cit. 2016-04-16]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: <http://cre.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0269215514532851>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

a.	arterie, tepna
ARAT	Action Research Arm Test
atd.	a tak dále
cm	centimetr, délková míra
CMP	cévní mozková příhoda
EBM	Evidence based medicine
EBP	Evidence based practice
EEG	elektroencefalografie
et al.	et alii, a kolektiv
FMA – M	Fugl-Meyer assessment - motorika
FMA – S	Fugl-Meyer assessment - senzitivita
FMA	Fugl-Meyer assessment
fMRI	funkční magnetická rezonance
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
HK	horní končetina
ICF	International Classification of Functioning, mezinárodní klasifikace funkčních poruch
kg	kilogram, váhová míra
LE	lower extremity, dolní končetina
MR	magnetická rezonance
p.	page, strana
PNF	Proprioceptivní neuromuskulární facilitace
s.	strana
TIA	tranzitorní ischemická ataka
tzv.	takzvaný
UE	upper extremity, horní končetina
VR	virtuální realita
vs.	versus
WHO	World health organization, světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Tři globální strategie pro robotickou terapii v rehabilitaci a současná realizace robotických exoskeletů.....	19
Obrázek 2 Systém Armeo®Spring.....	20
Obrázek 3 Hydraulický ruční dynamometr.....	25
Obrázek 4 Testovací sada ARAT.....	26
Obrázek 5 Hodnotící cvičení Hand path ratio.....	28
Obrázek 6 Pozice při testování síly stisku dynamometrem.....	34
Obrázek 7 Vlevo - výchozí pozice při testování ARAT, vpravo - konečná pozice testování ARAT.....	35
Obrázek 8 Hodnotící cvičení Hand path ratio (vlevo) a Reaction time (vpravo).....	36
Obrázek 9 Možnosti maximálních rozsahů exoskeletu HK na Armeo®Spring A - doprava, B – doleva, C – nahodu, D – dolů, E – od sebe, F – k sobě.....	37
Obrázek 10 Graf průměrných hodnot klinických testů před a po klasické terapii.....	39
Obrázek 11 Graf průměrných hodnot přístrojových testů před a po klasické terapii.....	39
Obrázek 12 Graf hodnocení dle dynamometru před a po konvenční terapii.....	39
Obrázek 13 Graf hodnocení dle ARAT před a po konvenční terapii.....	40
Obrázek 14 Graf hodnocení dle FMA-M před a po konvenční terapii.....	40
Obrázek 15 Graf hodnocení senzitivity dle FMA-S před a po konvenční terapii.....	41
Obrázek 16 Graf hodnocení Reaction time před a po konvenční terapii.	41
Obrázek 17 Graf hodnocení Hand path ratio před a po konvenční terapii.....	42
Obrázek 18 Graf průměrných výsledků klinických testů před a po terapii s využitím VR.....	43
Obrázek 19 Graf průměrných výsledků přístrojových testů před a po terapii s využitím VR.....	43
Obrázek 20 Graf hodnocení síly stisku dle dynamometru před a po terapii VR.....	43
Obrázek 21 Graf hodnocení dle ARAT před a po terapii VR.....	44
Obrázek 22 Graf hodnocení motorické funkce HK dle FMA-M před a po terapii.....	44
Obrázek 23 Graf hodnocení senzitivní funkce HK dle FMA-S	45
Obrázek 24 Graf hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po terapii VR.....	45
Obrázek 25 Graf hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po terapii VR.....	46
Obrázek 26 Graf A (vlevo) hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po terapii VR. Graf B (vpravo) hodnocení funkce HK dle Hand path ratio před a po klasické terapii.....	47

Obrázek 27 Graf A (vlevo) hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po terapii VR. Graf B (vpravo) hodnocení funkce HK dle Reaction time před a po klasické terapii.....	47
Obrázek 28 Graf korelace klinického testu ARAT a přístrojového testu Reaction time.....	48
Obrázek 29 Graf korelace klinického testu ARAT a přístrojového testu Hand path ratio.....	49
Obrázek 30 Graf korelace klinického testu FMA-M a přístrojového testu Hand path ratio...	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakteristika experimentální skupiny	32
Tabulka 2 Charakteristika kontrolní skupiny.....	32

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výsledky měření probandů experimentální skupiny

Příloha 2 Výsledky měření probandů kontrolní skupiny

Příloha 3 Informovaný souhlas

Příloha 4 Action Research Arm Test (ARAT)

Příloha 5 Fugl – Meyer Assessment upper extremity (FMA - UE)

Příloha 6 Hodnotící cvičení Vertikální chytání – parametr Hand path ratio

Příloha 7 Hodnotící cvičení Reaction time

Příloha 1 Výsledky měření probandů experimentální skupiny

Experimentální skupina								
Pacient	Dynamometr		ARAT		Fugl-Meyer M		Fugl-Meyer S	
	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup
1	20,0	21,1	45	55	53	59	10	12
2	4,7	4,9	40	47	50	50	10	10
3	9,3	11,5	57	57	54	57	10	12
4	20,4	20,4	57	57	54	57	10	12
5	4,5	3,8	0	10	15	36	9	12
6	20,4	20,3	51	51	46	59	6	7

Experimentální skupina				
Pacient	Reaction time		Hand Path Ratio	
	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup
1	2,179	2,018	3,412	2,958
2	1,166	0,747	2,659	2,271
3	0,932	0,812	1,412	1,229
4	0,892	0,8	1,403	1,225
5	2,027	1,436	3,698	1,907
6	1,507	1,145	2,892	1,262

Příloha 2 Výsledky měření probandů kontrolní skupiny

Kontrolní skupina								
Pacient	Dynamometr		ARAT		Fugl-Meyer M		Fugl-Meyer S	
	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup
7	17,1	17,1	40	47	50	50	10	12
8	9,3	11,3	45	55	53	59	10	10
9	0	0	0	0	11	6	11	11
10	18,1	21,3	54	57	47	62	10	12
11	3,1	7,3	0	0	2	41	10	12
12	31	36,4	56	56	61	58	11	12

Kontrolní skupina				
Pacient	Reaction time		Vertikální chytání	
	Vstup	Výstup	Vstup	Výstup
7	1,24	1,162	1,297	1,269
8	2,094	1,686	1,481	1,411
9	2,116	2,116	2,65	2,247
10	1,18	1,061	1,245	1,336
11	0	0	2,269	2,623
12	0,827	0,713	1,267	1,499

Příloha 3 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

výzkumný projekt: Diplomová práce: **Hodnocení efektivity terapie s využitím virtuální reality pomocí přístrojových a klinických testů na horní končetině u pacientů po CMP**

období realizace: leden 2015 – duben 2016

řešitelé projektu: Mgr. et Mgr. Lucie Szmeková, Bc. Jana Havelková

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je zhodnocení efektu virtuální reality v terapii horní končetiny po cévní mozkové příhodě s využitím zařízení Armeo®Spring.

Z účasti na projektu pro Vás nevyplývají žádná známá zdravotní rizika. Během měření na přístroji budete pod neustálým dohledem a v případě jakéhokoliv problému bude experiment okamžitě zastaven. V průběhu měření můžete kdykoliv vyjádřit nesouhlas s jeho průběhem a měření bude ukončeno. Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mě s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu, který podal informaci účastníkovi v projektu:

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis účastníka v projektu (zákonného zástupce):

V _____ dne: _____

Příloha 4 Action Research Arm Test (ARAT)

ACTION RESEARCH ARM TEST (ARAT)

Jméno pacienta:

Jméno terapeuta:

Datum:

Instrukce

ARAT obsahuje čtyři subtesty: úchop, stisk, štipcový úchop a globální pohyby. Jednotlivé úkoly v každém subtestu jsou uspořádány tak, že:

- když pacient zvládne provést první úkol na hodnocení 3 body, není potřeba vykonávat žádné další a za daný subtest obdrží maximum (18) bodů
- když pacient dostane za první a druhý úkol 0 bodů, není potřeba provádět z daného subtestu žádné další a subtest je hodnocen minimem (0) bodů
- při jiném hodnocení, musí být provedeny všechny úkoly v subtestu.

Aktivita

Úchop

- zvednout dřevěné kostky, míček a brousek ze stolu (výška 83cm) a přemístit je na polici (do výšky 37cm nad stolem, vzdálené 45cm od okraje stolu)

1. dřevěná kostka 10 cm³ (při hodnocení 3 body, získá maximum bodů za subtest = 18)
2. dřevěná kostka 2,5 cm³ (při hodnocení 0 bodů, získá minimum bodů za subtest = 0)
3. dřevěná kostka 5 cm³
4. dřevěná kostka 7,5 cm³
5. kriketový míček (průměr 7,5cm)
6. brousek

Stisk

1. nalít vodu z jedné sklenice do druhé (při hodnocení 3 body, získá maximum bodů za subtest = 12)
2. přemístit válec (průměr 2,25cm, délka 11,5cm) z jedné strany stolu na druhou (při hodnocení 0 bodů, získá minimum bodů za subtest = 0)
3. přemístit válec (průměr 1,5cm, délka 16cm) z jedné strany stolu na druhou
4. nasadit podložku na šroub

Štipcový úchop

- zvednout kuličky různého průměru ze stolu a přemístit je na polici (do výšky 37cm nad stolem)

1. kulička o průměru 6mm mezi prostředníček a palec (při hodnocení 3 body, získá maximum bodů za subtest = 18)
2. kulička o průměru 1,5cm mezi ukazováček a palec (při hodnocení 0 bodů, získá minimum bodů za subtest = 0)
3. kulička o průměru 6mm mezi prsteníček a palec
4. kulička o průměru 6mm mezi malíček a palec
5. kulička o průměru 1,5cm mezi prostředníček a palec
6. kulička o průměru 1,5cm mezi prsteníček a palec

Globální pohyby

1. umístit ruku za hlavu (při hodnocení 3 body, získá maximum bodů za subtest = 9)
2. umístit ruku na temeno hlavy (při hodnocení 0 bodů, získá minimum bodů za subtest = 0)
3. umístit ruku na pusu

Hodnocení: celkové skóre 0-57 bodů

Hodnocení jednotlivých úkolů:

0 - pacient neprovede žádnou část úkolu

1 - provede úkol jen částečně

2 - provede celý úkol, ale za dlouhý čas (přibližně dvojnásobně dlouhou dobu než zdravou rukou)

3 - provede úkol normálně

Příloha 5 Fugl – Meyer Assessment upper extremity (FMA - UE)

A. UPPER EXTREMITY, sitting position				
I. Reflex activity		none	Can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)				
II. Volitional movement within synergies, without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/external rotation, elbow flexion, forearm supination).	Shoulder retraction	0	1	2
	elevation	0	1	2
	abduction (90°)	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
			0	1
Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee.	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
	Forearm pronation	0	1	2
Subtotal II (max 18)				
III. Volitional movement mixing synergies, without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine	cannot be performed, hand in front of SIAS	0	1	2
	hand behind of SIAS (without compensation)			
	hand to lumbar spine (without compensation)			
Shoulder flexion 0°-90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement	0	1	2
	complete flexion 90°, maintains 0° in elbow			
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible	0	1	2
	limited pronation/supination, maintains position			
	complete pronation/supination, maintains position			
Subtotal III (max 6)				
Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0°-90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement	0	1	2
	abduction 90°, maintains extension and pronation			

Shoulder flexion 90°-180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement complete flexion, maintains 0° in elbow	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30°-90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains extension full pronation/supination, maintains elbow extension	0	1	2
Subtotal IV (max 6)				
IV. Normal reflex activity evaluated only if full score of 6 points achieved on part IV				
biceps, triceps, finger flexors	0 points on part IV or 2 of 3 reflexes markedly hyperactive 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)				
Total A (max 36)				

B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance is taken maintains position against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion/volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	Cannot perform volitionally Limited active range of motion Full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance is taken maintains position against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion/volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	Cannot perform volitionally Limited active range of motion Full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction	cannot perform volitionally	0	1	2
	jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction			
Total B (max 10)				

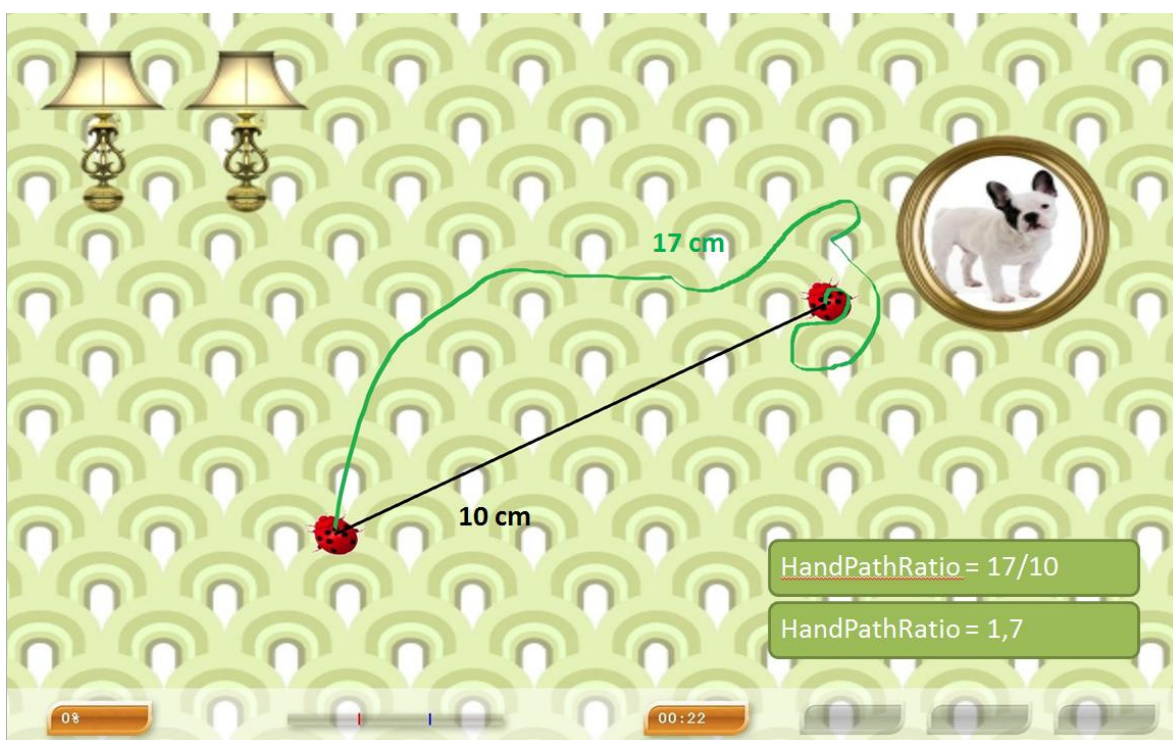
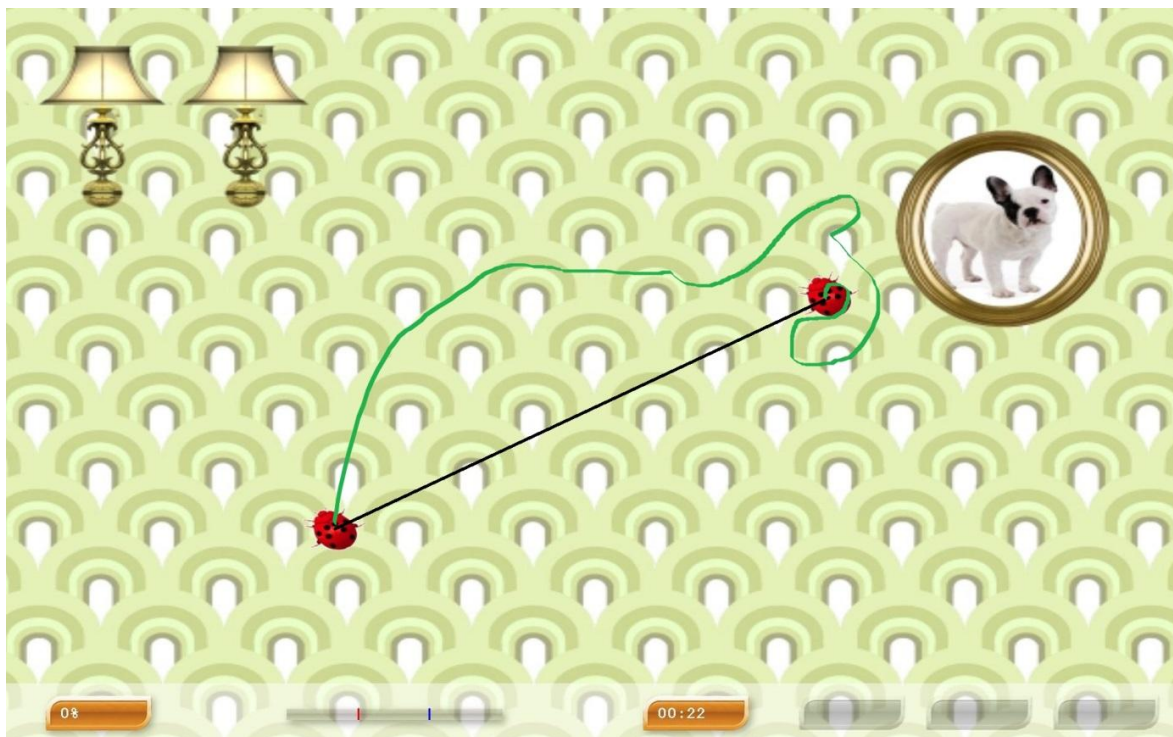
C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90°flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive extension		0	1	2
GRASP				
A - flexion in PIP and DIP (digits II-V) Extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
B - thumb adduction scrap of paper between thumb and 2nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
C - opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2nd finger pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
D - cylinder grip cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition in digits I and II	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
E - spherical grip fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)				

D. COORDINATION/SPEED after one trial with both arms, blindfolded, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible				
Tremor		0	1	2
Dysmetria	pronounced or unsestematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		>5s	2-5s	<1s
Time	more than 5 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side maximum difference of 1 second between sides	0	1	2
Total D (max 6)				

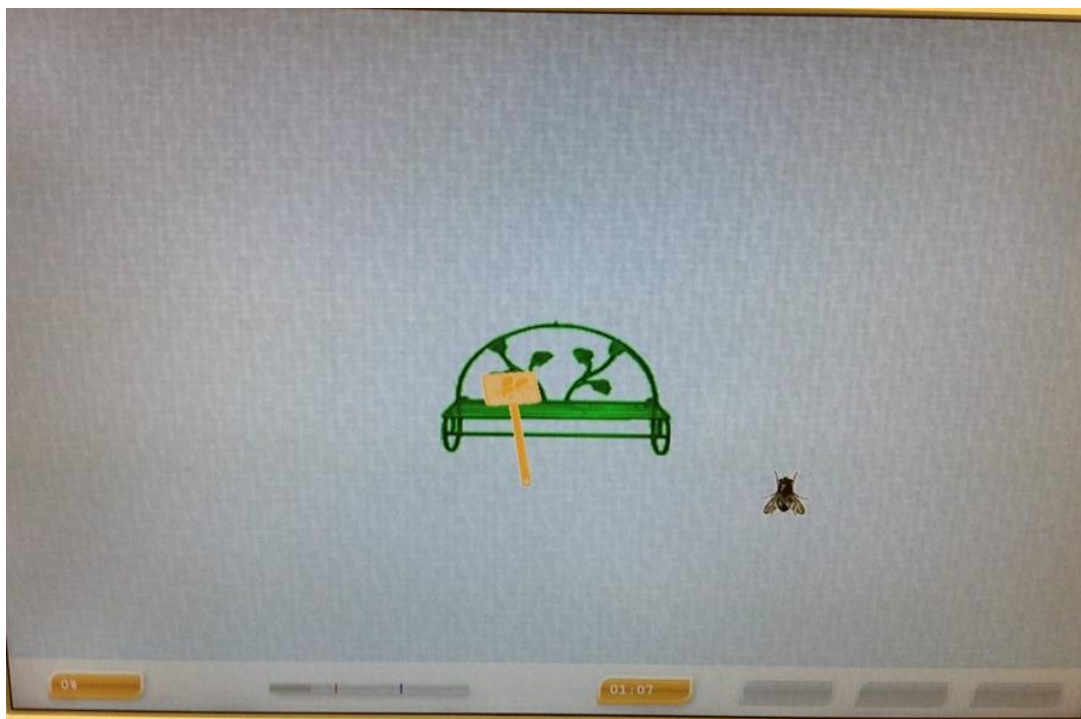
Total A-D(max 66)

H. SENSATION , upper extremity blind-folded, compared with unaffected side		anesthesia	hypoesthesia dysesthesia	normal
Light touch	upper arm, forearm palmar surface of the hand	0 0	1 1	2 2
		absence less than 3/4 correct	3/4 correct considerable difference	correct 100% little or no difference
Position	shoulder	0	1	2
Small alterations in the position	elbow	0	1	2
	wrist	0	1	2
	thumb (IP joint)	0	1	2
Total H (max 12)				

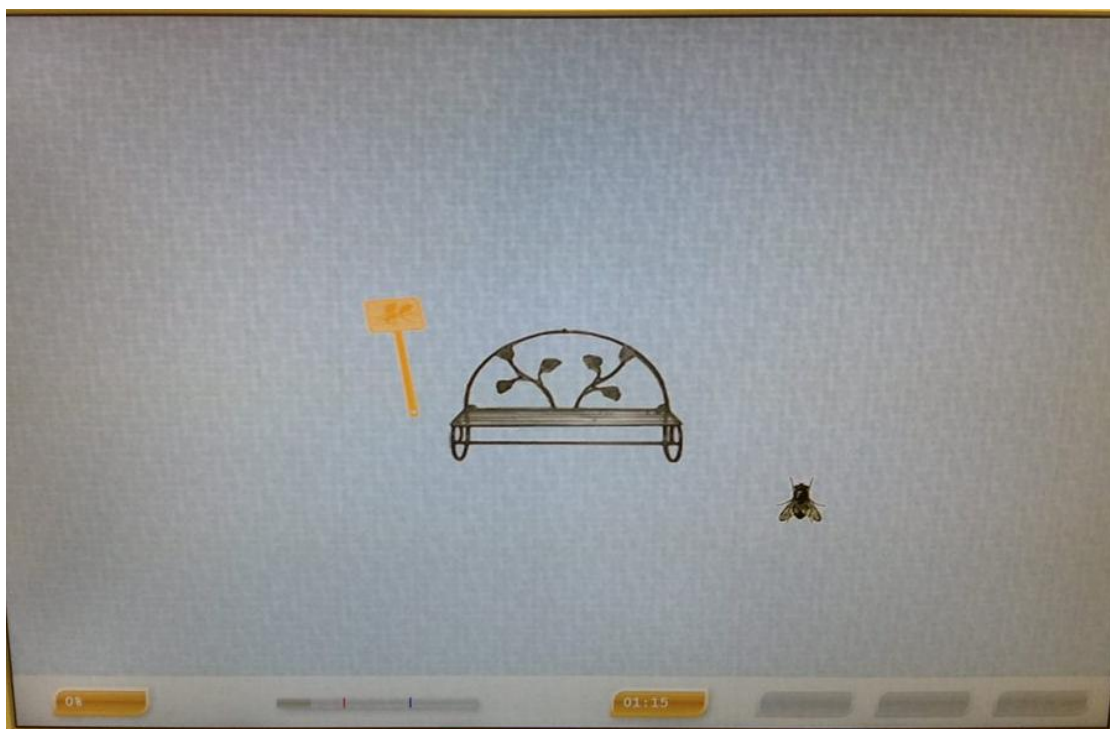
Příloha 6 Hodnotící cvičení Vertikální chytání – parametr Hand path ratio



Příloha 7 Hodnotící cvičení Reaction time



Výchozí pozice – následuje opuštění plácačky z police



Opuštění police – plácačka opustila polici (špatným směrem)