

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

**Zrcadlová terapie horní končetiny  
u hemiparetiků**

Diplomová práce

Autor: Bc. Marie Juříčková

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

Olomouc 2016

## **ANOTACE**

**Název práce v ČJ:** Zrcadlová terapie horní končetiny u hemiparetiků

**Název práce v AJ:** Mirror therapy of upper limb in stroke patients

**Datum zadání:** 31. 1. 2015

**Datum odevzdání:** 9. 5. 2016

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Marie Juříčková

**Vedoucí práce:** Mgr. et Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

**Oponent práce:** Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

### **Abstrakt v ČJ:**

Cílem diplomové práce byla objektivizace efektu zrcadlové terapie horní končetiny u hemiparetiků po cévní mozkové příhodě pomocí klinického testu Action Research Arm test a dynamometru. Teoretická část shrnuje poznatky týkající se jak zrcadlové terapie, tak problematiky narušené funkce ruky z hlediska dosahu, úchopu a síly u pacientů po cévní mozkové příhodě. Experimentální část hodnotí vliv zrcadlové terapie na sílu stisku použitím ručního hydraulického dynamometru a funkčnost horní končetiny pomocí klinického testu Action Research Arm test u pacientů po CMP. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin, které podstoupily standardní fyzioterapii, experimentální skupina měla do programu navíc zařazenou zrcadlovou terapii.

**Abstrakt v AJ:**

The aim of the thesis was to objectify the mirror therapy effect on upper limb function in stroke patients by using a clinical test Action Research Arm test and dynamometer. The theoretical part summarizes the findings about mirror therapy, so the issue of impaired hand function in terms of reach, grip and strength in patients after stroke. Experimental part focused on the verification of the mirror therapy effect on grip strength using a hydraulic hand dynamometer and functionality of the upper limb using clinical test Action Research Arm test in patients after stroke who were divided into two groups. Both groups underwent standard physiotherapy treatment. In addition, the experimental group received the mirror therapy.

**Klíčová slova v ČJ:** zrcadlová terapie, cévní mozková příhoda, hemiparéza, funkce horní končetiny, síla stisku, dynamometr, funkční testy.

**Klíčová slova v AJ:** mirror therapy, stroke, hemiparesis, upper limb function, grip force, dynamometry, Action Research Arm test.

**Rozsah:** 54 stran čistého textu, 92 stran včetně seznamů a příloh

**Místo zpracování:** Olomouc

**Místo uložení:** Ústav fyzioterapie, FZV UP – sekretariát/děkanát

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. et Mgr. Petry Bastlové, Ph.D. a v referenčním seznamu použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne 9. 5. 2016

.....

podpis

## **Poděkování**

Velmi děkuji vedoucí své diplomové práce Mgr. et Mgr. Petře Bastlové Ph.D. za cenné rady a věcné připomínky, jež mi ochotně poskytovala v průběhu odborného vedení magisterské práce a taktéž za podporu a vstřícnost. Dále děkuji Mgr. Dagmar Tečové za pomoc při statistickém zpracování dat a personálu Fakultní nemocnice Olomouc za jejich pomoc a ochotu při realizaci výzkumného měření.

# OBSAH

ÚVOD.....	8
1 TEORETICKÝ PŘEHLED POZNATKŮ.....	9
1.1 Zrcadlová terapie.....	9
1.1.1 Neurofyziologický princip zrcadlové terapie .....	9
1.1.2 Účinky zrcadlové terapie .....	13
1.1.3 Průběh zrcadlové terapie .....	14
1.2 Funkce ruky po cévní mozkové příhodě .....	15
1.2.1 Klasifikace vzorů úchopu .....	16
1.2.2 Účast motorického systému na kontrole dosahu a úchopu.....	17
1.2.3 Role sensorického systému v kontrole dosahu a úchopu .....	18
1.2.6 Muskuloskeletální podíl na dosahu a úchopu.....	21
1.2.7 Kinematika dosahu a úchopu.....	22
1.2.8 Fáze úchopu a zvedání ve vztahu k síle stisku .....	24
1.2.9 Koordinace pohybu .....	25
1.2.10 Synergie a frakcionace .....	26
1.2.11 Čas dosahu a úchopu .....	26
1.2.12 Zotavení funkce ruky.....	27
1.2.13 Testování funkcí ruky.....	28
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY .....	30
2.1 Cíl práce .....	30
2.2 Vědecké otázky a hypotézy.....	30
2.2.1 Vědecká otázka číslo 1 .....	30
2.2.2 Vědecká otázka číslo 2 .....	31
3 METODIKA .....	32
3.1 Charakteristika testovaného souboru .....	32

3.2 Metody měření a jejich průběh .....	32
3.2.1 Action research arm test (ARAT).....	32
3.2.2 Hydraulický ruční dynamometr.....	33
3.3 Realizace zrcadlové terapie .....	34
3.4 Statistické zpracování.....	36
4 VÝSLEDKY .....	37
4.1 Výsledky k vědecké otázce č. 1 .....	37
4.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2 .....	42
5 DISKUZE .....	43
5.1 Diskuze k teoretickým poznatkům.....	43
5.2 Diskuze k výběru použitých měřících metod.....	47
5.2.1 ARAT .....	47
5.2.2 Dynamometr .....	50
5.3 Diskuze k vědecké otázce č. 1.....	51
5.4 Diskuze k vědecké otázce č. 2.....	53
5.5 Limity testovaného souboru.....	55
5.6 Diskuze k metodice terapie .....	56
ZÁVĚR .....	61
REFERENČNÍ SEZNAM .....	62
SEZNAM ZKRATEK .....	83
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
SEZNAM GRAFŮ .....	85
SEZNAM TABULEK .....	86
SEZNAM PŘÍLOH.....	87
PŘÍLOHY .....	88

## ÚVOD

Následkem cévní mozkové příhody může vzniknout motorický, senzorický, percepční či kognitivní deficit, který ovlivňuje funkci horní končetiny jedince. Paréza horní končetiny je přítomna až u 80 % pacientů. Udává se, že až 2 třetiny pacientů po půl roce od vzniku CMP nezískají zpět funkční použití HK a jenom 5-20 % dosáhne plného funkčního zotavení. Z hlediska rehabilitace pak toto postižení přispívá k disabilitě a je spojené se snížením kvality života. Existují mnohé léčebné postupy pro pacienty po cévní mozkové příhodě, které se obecně zaměřují na používání paretické části těla k znovuzískání funkce. Použitím zrcadlové terapie však může být funkčního zlepšení dosaženo pomocí pohybu zdravé končetiny.

Cílem diplomové práce byla objektivizace efektu zrcadlové terapie horní končetiny u hemiparetiků po cévní mozkové příhodě. Její účinnost byla hodnocena pomocí klinického testu Action Research Arm test a dynamometru. Pro zpracování teoretického podkladu práce byly zpracovány informace z odborných monografií a vědeckých studií, které byly vyhledány v databázích PubMed, ProQuest, Google Scholar a EBSCO v období od února 2015 do května 2016. Celkem bylo vyhledáno 425 vědeckých prací a v práci bylo použito celkem 122 odborných zdrojů. Experimentální část práce zahrnovala vstupní a výstupní hodnocení funkce ruky pomocí standardizovaného testu Action Research Arm test a hodnocení síly stisku hydraulickým ručním dynamometrem. Měření se zúčastnily dvě skupiny pacientů po cévní mozkové příhodě, u nichž probíhala standardní rehabilitační léčba, která byla u experimentální skupiny navíc doplněna o zrcadlovou terapii.



# 1 TEORETICKÝ PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Zrcadlová terapie

Zrcadla slouží jako velmi dobrý nástroj, poskytující zpětnou vazbu v reálném čase (McCabe, 2011, p. 170). Zrcadlová terapie (dále jen ZT) je relativně nová intervence (Thieme et al., 2012, p. 315), která se používá jiným způsobem než tradiční techniky. Jedná se o jednoduchou, levnou metodu, prováděnou samotným pacientem za účelem zlepšení funkce horní končetiny (dále jen HK) či zmenšení bolestivosti (McCabe, 2011, p. 170; Yavuzer et al., 2008, p. 393).

Prvními představiteli této zrakové iluze pomocí zrcadla byli Ramachandran a Rogers-Ramachandran (1996, p. 377), kteří ji poprvé použili pro léčbu fantomových bolestí, kde obraz pohybu zdravé končetiny jedince v zrcadle vedl k navození kinestetických pocitů v amputované končetině. Tento fakt dále rozvinul výzkumy s použitím zrcadla i u dalších skupin pacientů (Ezendam et al., 2009, p. 2136). Úspěchy použití zrcadlové terapie se pak postupně objevovaly při léčbě komplexního regionálního bolestivého syndromu, těžkých hyperestézií ruky a poškození periferních nervů (Yavuzer et al., 2008, p. 393; Invernizzi et al., 2013, p. 312; Rosén, Lundborg, 2005, p. 107; Thieme et al., 2012, p. 315). Později byla ZT zavedena také u pacientů s hemiplegií, kde se ukázala jako potencionálně velmi atraktivní technika a dala tak další naději léčbě stavů po CMP (Thieme et al., 2012, p. 315; Lamont et al., 2011, p. 369; Sathian et al., 2000, p. 73; Young-Rim et al., 2014, p. 7).

### 1.1.1 Neurofyziologický princip zrcadlové terapie

Studie mozkových struktur pomocí funkčních zobrazovacích metod mají za cíl prokázat efekt zrcadlové terapie, a tím poskytnout neurofyziologické důkazy pro její aplikaci při léčbě pacientů s hemiparézou (Mei Toha, Fong, 2012, p. 85; McCabe, 2011, p. 171). Přesný neurální mechanismus, který je základem účinnosti této terapie, však není stále plně objasněn (Sathian et al., 2000, p. 75; Mei Toha, Fong, 2012, p. 85). ZT se zaměřuje na vizuální aferenci prostřednictvím pozorování nepostižené části těla v zrcadle. Odraz pohybu zdravé končetiny se virtuálně přenáší do prostoru končetiny postižené, a vytváří tak vizuální iluzi její lepší schopnosti pohybu (Thieme

et al., 2012, p. 315; Young-Rim et al., 2014, p. 7; Lamont et al., 2011, p. 369). Pomocí pozorování této iluze dojde k přeprogramování motorického děje a mozek je tak v podstatě oklamán odrazem zdravé končetiny v zrcadle, kterou pokládá za vlastní (Lamont et al., 2011, p. 369; Carvalho et al., 2013, p. 41). Neurální síť zodpovědná za kontrolu pohybu konkrétní části těla, tedy může být použita ke kontrole pohybu kontralaterální části těla (Altschuler et al., 1999, p. 2035-2036).

Mechanismus ZT pracuje s opravami nesouladu mezi motorickým a senzoryickým systémem (McCabe, 2011, p. 171). Souvisí s konvergencí vizuálních a somatosenzorických zpětných signálů v parietálním kortexu (Ramachandran, Rogers-Ramachandran, 1996, p. 378). Vizuální vstup může být za jistých okolností dostačující k vyvolání kinestetického vnímání (Sathian et al., 2000, p. 73). Efekt terapie tedy plyne jak z iluze kinestetického vnímání, tak z vizuální iluze zapříčiněné zrcadlem (Funase et al., 2007, p. 10,20).

U pacientů po CMP je často narušen senzomotorický systém chybějící zpětnou vazbou z postižené HK. Tím je zotavení motorických funkcí závislé na jejím rozšíření, které může být poskytnuto ve formě vizuálního feedbacku právě prostřednictvím ZT (Altschuler et al., 1999, p. 2035; Stevens, Stoykov, 2003, p. 1090). Jestliže není končetina dlouhodobě vnímána jako tělu vlastní, pak mají senzoryické informace z této končetiny menší význam. Proto je terapie prospěšná pro zlepšení vnímání vlastnictví HK pomocí senzoryické percepce (McCabe, 2011, p. 171). Výsledné zlepšení motorických funkcí je přisuzováno neurální plasticitě (Sathian et al., 2000, p. 75; Lamont et al., 2011, p. 369). V užším pohledu se vysvětluje pomocí dvou hypotéz, a to hypotézy primárního motorického kortexu a hypotézy zrcadlových neuronů (Mei Toha, Fong, 2012, p. 85).

#### ***1.1.1.1 Hypotéza primárního motorického kortexu***

Primární motorický kortex mozku, lokalizovaný v posteriorní části frontálního laloku, má vztah především k tvorbě a provádění pohybu. V průběhu zrcadlové terapie je jeho excitabilita modulována pohybem jak zdravé končetiny, tak i pasivním pozorováním zdánlivého pohybu postižené končetiny, která se odráží v zrcadle. Primární motorický kortex tedy příliš nerozlišuje, zdali se jedná o skutečnou končetinu, nebo o odraz v zrcadle, a tím umožňuje zrcadlové terapii efektivní klamání

mozku (Garry et al., 2005, p. 118; Lamont et al., 2011, p. 369). ZT facilituje normalizaci rovnováhy hemisfér, která je důležitá pro motorické zotavení a podporuje kortikální reorganizaci cíleně k funkčnímu zotavení (Michielsen et al., 2011, p. 227-228).

Hamzei et al. (2012, p. 484) studovali neurální plasticitu v primárním senzomotorickém kortexu při provádění ZT, přičemž analyzovali aktivaci pravého dorzálního a levého ventrálního premotorického kortexu, primárního senzomotorického kortexu a suplementární motorické oblasti. ZT tedy ovlivňuje neurální obvody, které reprogramují motorickou aktivitu pozorováním iluzorního pohybu. Klamná vizuální zpětná vazba zrcadlové iluze normálního pohybu postižené končetiny zřejmě může nahradit neadekvátní proprioceptivní informaci. Tím posílí premotorický kortex, který přijímá vizuální vstup a podílí se významně na kortikospinální projekci (Mei Toha, Fong, 2012, p. 85; Yavuzer et al., 2008, p. 396; Sathian et al. 2000, p. 73). Je tedy evidentní, že jak motorická, tak percepční aktivita modulují excitabilitu primárního motorického kortexu (Lamont et al., 2011, p. 369; Yavuzer et al., 2008, p. 396). Benefit ZT tedy není výsledkem motorického tréninku, ale vzájemné interakce mezi percepční a motorickou aktivitou na kortikální úrovni (Ezendam et al, 2009, p. 2148).

### ***1.1.1.2 Hypotéza zrcadlových neuronů***

Zrcadlové neurony byly poprvé nalezeny v konkrétní oblasti premotorického kortexu opic pozorujících pracovníka výzkumu jak jí ovoce (Rizzolatti, Craighero, 2004, p. 169). Další experimenty prováděné opět u zvířat ověřily existenci zrcadlových neuronů v parieto-frontálním okruhu (Gazzola et al., 2007, p. 1674; Cattaneo, Rizzolatti, 2009, p. 558). Název tyto buňky následně získaly kvůli jejich připodobnění k zrcadlu, zobrazujícímu motorickou aktivitu uvnitř mozku (Carvalho et al., 2013, p. 41).

U člověka se tyto bimodální neurony s vizuálně motorickými vlastnostmi nacházejí v různých oblastech, jako je frontotemporální oblast gyrus temporalis superior (Yavuzer et al., 2008, p. 397; Invernizzi et al., 2013, p. 312; Lamont et al., 2011, p. 370), inferiorní frontální, inferiorní parietální, premotorický a occipitální kortex (Carvalho et al., 2013, p. 42; Matthys et al. 2009, p. 675). Během pozorování

iluzorního pohybu byla zaznamenána aktivita gyrus temporalis superior, který je spojen s pozorováním biologického pohybu a systémem zrcadlových neuronů a současně v gyrus occipitalis superior, který přijímá vizuální informace a překládá je do motorických příkazů. Ačkoli se sulcus temporalis superior uvádí ve vztahu k systému zrcadlových neuronů, je tato oblast spojována s různým chováním a její přesná funkce není stále zcela jasná (Invernizzi et al., 2013, p. 315).

Některé studie ukázaly, že primární motorická oblast člověka je aktivována následně po aktivaci Brocovy oblasti, a to jak při pozorování, tak imitování pohybu. Tyto studie ukazují, že se primární motorický kortex aktivuje společně s Brocovou oblastí jako systém zrcadlových neuronů (Funase et al., 2007, p. 108; Rizzolatti, Craighero, 2004, p. 169). I experimenty Coopera et al. (2012, p. 393) demonstrovaly existenci zrcadlových neuronů pomocí sledování oscilací nad senzomotorickou oblastí mozku u člověka během pozorování zívání druhého člověka.

Poskytnutím vizuálního vstupu pomocí ZT zřejmě může dojít k stimulaci těchto zrcadlových neuronů a jejich obnově (Ramachandran, Altschuler, 2009, p. 1702). Nicméně v práci Michielsena et al. (2011, p. 395) nebyla při pozorování pohybu v zrcadle prokázána aktivita v oblasti motorického kortexu či v oblasti systému zrcadlových neuronů, ale ukázala se zvýšená aktivita v mediální oblasti superiorního parietálního kortexu a posteriorní cingulární korové oblasti, které jsou spojené s povědomím o sobě a s prostorovým vnímáním během bimanuálního pohybu.

### ***1.1.1.3 Role zrcadlových neuronů při představě***

Zrcadlové neurony jsou součástí neurálního systému, kde se pozorováním určitého pohybu aktivuje daná kortikální oblast, a to nejen prováděním určité aktivity, ale také jejím pozorováním či představováním zejména tehdy, pokud je prováděna jedincem stejného druhu. Pozoruje-li tedy člověk pohybovou aktivitu druhého člověka, dojde ke zvýšení excitability primárního motorického kortexu, konkrétně části náležící svalům, které se zapojují při této konkrétní aktivitě (Fadiga et al., 2005, p. 213; Buccino et al., 2004, p. 370). Kromě toho aktivace není závislá na paměti, což znamená, že dokážeme identifikovat komplexní pohyby a nevědomě napodobovat co vidíme, slyšíme nebo vnímáme (Maeda et al., 2002, p. 1333).

Zrcadlové neurony jsou tedy všeobecně chápány jako systém podporující učení nových dovedností pomocí jejich zrakové kontroly (Yavuzer et al., 2008, p. 397). Předpokládá se tedy, že nacvičujeme nebo napodobujeme každý pozorovaný pohyb, což naznačuje, že tyto buňky používáme k učení všeho, od prvních základních kroků až k více jemným a přesným pohybům. Napodobování je zapojeno do učení transformací kódovaného zrakového vstupu do činnosti pozorujícího (Koski et al., 2003, p. 460-461). Pro zdůraznění procesu napodobování byly provedeny studie, kde jedinci pozorovali a současně napodobovali pohyb prstů, nebo jen pozorovali identický podnět, avšak bez odpovědi na něj. Výsledky ukázaly, že kortikální aktivace v napodobovacích úkolech byla signifikantně vyšší, oproti úkolům bez napodobování (Iacoboni et al., 1999, p. 2527; Nishitani, Hari, 2000, p. 918).

ZT se vztahuje k motorické představě (Invernizzi et al., 2013, p. 315; Yavuzer et al., 2008, p. 396), která zlepšuje zotavení motoriky posílením motorických obvodů, zodpovědných za provedení pozorované aktivity (Carvalho et al., 2013, p. 44). Zrcadlové neurony zahrnují interakce mezi mnoha modalitami, jako jsou zrak, motorické příkazy a propiocepce, které podporují nábor zrcadlových neuronů, kortikální reorganizaci a funkční zotavení u pacientů po CMP, což předpokládá jejich účinek v zrcadlové terapii (Ramachandran, Altschuler, 2009, p. 1702; Carvalho et al., 2013, p. 45-46). Jsou zapojeny do imitativního učení skrz interakci s neurální motorickou oblastí u člověka (Carvalho et al., 2013, p. 46) a jejich aktivitu je možné spustit již při velmi malé intenzitě zevního stimulu (Giromini et al., 2010, p. 233).

### **1.1.2 Účinky zrcadlové terapie**

Přesvědčivost aktuálních důkazů o účincích zrcadlové terapie u pacientů po CMP je pouze mírná, což je dáno zřejmě tím, že se nachází v poměrně rané fázi svého vývoje. Mezi účinky uváděné různými autory nicméně patří zejména zlepšení hybnosti, rychlosti, obratnosti, přesnosti a rozsahu pohybu končetiny, dále pak vyšší síla stisku a pozitivní efekt z hlediska funkčního zotavení HK (Rothgangel, 2011, p. 1; Yavuzer, 2008, p. 393; Mei Toha, 2012, p. 88). Jsou však známy také nežádoucí účinky, které se mohou vyskytnout po aplikaci zrcadlové terapie, jako jsou bolest a senzorické problémy (McCabe, 2011, p. 174).

Efekt zrcadlové terapie závisí na různých faktorech. Vzhledem k omezeným důkazům nebyla prokázána závislost úspěchu jejího použití na závažnosti motorické poruchy, ani zdali je efektivnější s terapií začít v akutním či chronickém stádiu. Musíme brát totiž v potaz, že pacienti v akutním a subakutním stádiu mohou na terapii odpovídat lépe díky kombinaci této terapie s dalšími terapeutickými přístupy v nemocničním prostředí a je nutné počítat také s možností spontánního zotavování (Mei Toha, Fong, 2012, p. 88).

Naproti tomu nedostatečné trvalé zlepšení funkce končetiny u chronických pacientů může být zase vysvětleno i tím, že se pacienti snaží upravovat svoje běžné pohybové aktivity a formovat je kvůli postižení tak, aby pro ně nebyly překážkou (Mei Toha, Fong, 2012, p. 88). Jedná se tedy o jakési naučené nepoužívání končetiny, které způsobí, že nedojde k přenesení zlepšených motorických funkcí postižené končetiny do běžných denních aktivit, což může vysvětlit nedostatek trvalého zlepšení funkce horní končetiny (Sawaki et al., 2008, p. 507). Tento fenomén však nebyl pozorován ve studii, kde pacienti po skončení ZT pokračovali v používání postižené končetiny. Má-li být tedy efekt ZT udržován, je důležité takzvané nucené používání postižené horní končetiny (Sathian et al., 2000, p. 75).

### **1.1.3 Průběh zrcadlové terapie**

Zatím neexistují na důkazech založené protokoly pro aplikaci ZT v praxi, není stanovena přesná frekvence a trvání terapie a nebyl stanoven přesný závěr týkající se optimálního průběhu terapie. K dispozici není srovnání, zda by se měly terapeutické protokoly lišit u různých stavů a nebyly nalezeny ani absolutní kontraindikace. V důsledku těchto skutečností má zrcadlová terapie tendenci spíše k neoficiálnímu předávání mezi terapeuty, čímž se v průběhu času sbírají zkušenosti o jejích modifikacích (McCabe, 2011, p. 170-1; Mei Toha, Fong, 2012, p. 85; Lamont et al., 2011, p. 369). Pro bezpečné použití této terapie v klinické praxi je proto důležitá dobrá znalost teoretických poznatků a jejich účinků, stejně tak jako individuální přizpůsobení konkrétnímu pacientovi na základě symptomů a reakci na léčbu (McCabe, 2011, p. 171).

Fukumura et al. (2007, p. 1039) popsali tři typy možností použití zrcadlové terapie. V první z nich si pacient při pohledu do zrcadla pouze představuje,

že pohybuje postiženou končetinou stejným způsobem jako zdravou. Další možností je bimanuální trénink, tedy sledování pohybu nepostižené končetiny v zrcadle se současným pohybem či snahou tento pohyb synchronizovaně napodobit také postiženou končetinou. A poslední, kdy terapeut pasivně pomáhá pohybu postižené končetiny pacienta a synchronizuje ho s pohybem nepostižené končetiny, která se odráží v zrcadle. V některých studiích bylo zjištěno, že bimanuální trénink je ve srovnání s unimanuálním efektivnější pro facilitaci motorických funkcí HK (Carson, 2005, p. 655; Summers et al., 2007, p. 76).

## **1.2 Funkce ruky po cévní mozkové příhodě**

Ruka je nástroj, jímž člověk vstupuje do interakce s okolím (Mayer, Hluštík, 2004, p. 9). Vyznačuje se vynikající přesností a flexibilitou. Když se setká s objektem, konfrontují se dva překrývající se světy senzomotorických a kognitivních funkcí. Na předměty saháme, uchopujeme je, zvedáme, manipulujeme s nimi a působíme jimi na jiné předměty (Castiello et al., 2005, p. 726). Dosah a úchop jsou propojeny především funkčně, bez stereotypních strukturálních vztahů. Protože jsou obě funkce řízeny odlišnými neurálními mechanismy, je pro jejich efektivní fungování důležitá vzájemná koordinace. Jedna komponenta tedy ovlivňuje druhou, jak můžeme vidět při přemísťování uchopovaného objektu, kde narušení dosahu ovlivní taktéž úchop a naopak (Paulignan et al., 1990, p. 431). Proto u pacientů s neurologickým deficitem často nalzáme postižení obou funkcí, což je mimo jiné dáno dysfunkcí mnoha systémů kontrolujících motoriku HK (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 532).

Mezi faktory podílející se na senzomotorické kontrole HK řadíme nejen přítomnost strukturální patologie, ale v potaz musíme brát i věk daného jedince, jeho zkušenost s úkolem, typ úkolu a také vlastnosti konkrétního předmětu (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 477). Za klíčové elementy pro úchop, dosah a manipulaci považujeme lokalizaci cíle pomocí koordinovaného pohybu očí a hlavy, dále pak transport paže a ruky v prostoru s posturální kontrolou a samotné uchopování zahrnující formování úchopu, uchopení, uvolnění a manipulaci v ruce.

Na kontrole těchto komponent se podílí specifické neurální a muskuloskeletální subsystémy zahrnující rozsah kloubního pohybu, specifické vlastnosti svalu a biomechanické vztahy mezi spojením tělesných segmentů. Neurální komponenty pak

obsahují motorické postupy koordinace očí, hlavy, trupu a pohybů HK, koordinaci transportní i úchopové fáze dosahu, senzorycké procesy zahrnující souhru vizuálního, vestibulárního a somatosenzoryckého systému a procesy vyšší úrovně nezbytné pro adaptační a anticipační aspekty manipulačních funkcí (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 478).

Mezi častá poškození HK po CMP patří paréza, ztráta funkčního pohybu, abnormální svalový tonus, senzorycké disturbance a patologické synergie v kontralaterální končetině k místu léze (Lang et al. 2013, p. 104; Young-Rim et al., 2014, p. 7). Dále je také ohrožena schopnost aktivovat a inaktivovat příslušné svaly a koordinovat pohyb mezi sousedními klouby (Levin, 2009, p. 96). Tyto poruchy jsou výsledkem přímého poškození primárního motorického a somatosenzoryckého kortexu, sekundární senzomorycké kortikální oblasti, subkortikálních struktur či kortikospinálního traktu (Lang et al., 2013, p. 104).

Nejčastější porucha přítomná po CMP je paréza. Jedná se o snížení schopnosti volní aktivace motorických jednotek, zapříčiněná poškozením složek kortikospinálního systému. Chudá nebo chybějící volní kontrola motorických jednotek znamená, že svaly a skupiny svalů nemohou být aktivovány ve správném čase, koordinovaným způsobem ani dostatečnou silou. Klinicky se paréza projevuje jako slabost a vede k zpomalenému, méně přesnému a méně efektivnímu pohybu ve srovnání s pohybem zdravých jedinců (Lang et al., 2013, p. 105; Sathian et al., 2011, Kamper, Rymer, 2001, p. 673).

Snížená volní síla svalů paretické HK vede ke kompenzační aktivaci přídatných svalů HK, které se podílejí na atypických pohybových trajektoriích během dosahu. Názory na příčiny snížení síly se však rozcházejí. Důkazy byly poskytnuty pro faktory, jako jsou nedostatek excitace v descendentních drahách, změny v časoprostorových vzorech svalové aktivace s neefektivními vztahy silových momentů, změněné vlastnosti a funkce motorických jednotek a dále pak atrofie svalových vláken a kontraktury (Levin et al. 2000, p. 367; McCrea et al., 2005, p. 2999).

### **1.2.1 Klasifikace vzorů úchopu**

Úchopové vzory se liší v závislosti na funkci, velikosti a tvaru uchopovaného předmětu (Johansson, Flanagan 2007, p. 3). Napier (1956, p. 902, 906) klasifikuje



lidský úchop buď jako silový, nebo precizní. Tyto dva typy pak mohou být používány samostatně, či kombinovaně pro téměř všechny typy předmětů. Kromě tvaru a velikosti předmětu je úchopový vzor determinován také zamýšlenou aktivitou.

Anatomické rozdíly typu úchopu nalzáme v postavení palce a ostatních prstů. Při silovém stisku směřují bříška palce a prstů směrem do dlaně, aby umožnily přenesení síly na předmět, zatímco při precizním úchopu jsou síly směřovány mezi palec a prsty. Odlišnosti mezi těmito dvěma typy úchopů můžeme vidět i v manipulačních dovednostech, kdy precizní úchop umožňuje pohybování objektem vzhledem k ruce a uvnitř ruky, zatímco silový úchop nikoliv (Shumway-Cook, 2012 Woollacott p. 490).

Kromě dělení úchopu na silový a precizní, bývají úchopy klasifikovány také podle primární vlastnosti daného objektu dle zaujímaného tvaru ruky, který můžeme pozorovat nejen při úchopu a manipulaci s objekty, ale také během dosahu při předpřipravení tvaru ruky pro následný úchop. Úspěšný úchop předmětu vyžaduje přizpůsobení ruky tvaru, velikosti a použití předmětu a dále adekvátní načasování pohybu prstů ve správném momentu ve vztahu k transportu (Castiello et al., 2005, p. 727).

### **1.2.2 Účast motorického systému na kontrole dosahu a úchopu**

Výrazně stranově diferencovaná kontrola ruky vyžaduje zapojení primárního motorického kortexu. Pletencové funkce jsou naproti tomu řízeny mnohem více bilaterálně a aktivuje se spíše suplementární motorická area, premotorická oblast a regiony subkortikální. (Mayer, Hlušík, 2004, p. 10). Cesty středního mozku a mozkového kmene tedy spíše kontrolují proximální svaly během dosahu, zatímco pyramidové cesty jsou vyžadovány zejména pro jemnou kontrolu úchopových pohybů (Castiello et al., 2005, p. 728).

Ruka je zvláště dobře zastoupena a široce rozložena ve frontální a parietální oblasti, v thalamu a bazálních gangliích (Grichting et al., 2000, p. 1661). Informace z primárního motorického kortexu je předána také mozečku, který má specifickou roli v kontrole pohybu ruky během dosahu, přičemž se udává, že až 93 % jemu náležících neuronů je více aktivních během dosahu a úchopu, než v průběhu jednoduchého stisku objektu (Robertson, 2000, p. 118-119). Tyto struktury jsou společně

se senzorickými informacemi pro kontrolu dosahu a úchopu rozhodující (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 481-482). Zručnost ruky je tudíž zranitelná při lézích v kterékoli z těchto struktur, stejně tak jako v ascendentních a descendentních drahách (Grichting et al., 2000, p. 1661).

Během dosahu je přemísťování ruky k cíli prováděno paralelně s tvarováním prstů pro úchop předmětu. Předpokládá se, že příslušné motorické systémy podílející se na dosahu a úchopu zahrnují oddělené descendentní motorické cesty. Toto tvrzení vychází také z vývoje, kdy se dosah u novorozenců objevuje dříve, než tvarování úchopu, který se objeví až v korelaci s dozráváním spojení mezi kortikospinálním traktem a motorickými neurony primárního motorického kortexu (Bruner a Koslowski 1972, p. 4-9).

Informace z primárního motorického kortexu je předána buňkám v míše skrz kortikospinální trakt, jakožto primárnímu neurálnímu substrátu pro nezávislé pohyby prstů. Proto léze těchto oblastí vytváří hluboký deficit v kontrole individuálních prstů, zatímco synergistická flexe všech prstů při silovém úchopu zůstává intaktní. Fakt, že jsou neurony motorického kortexu aktivní během jemných, přesných pohybů, zatímco při silovém stisku se stávají neaktivní, ukazuje jejich větší spojení spíše s vnitřními interosseálními svaly ruky, než se svaly předloktí (Muir, Lemon, 1983, p. 312; Lang, Schieber, 2004, p. 1722).

### **1.2.3 Role senzorického systému v kontrole dosahu a úchopu**

Senzorický systém je používán k opravě chyb při vybavování pohybu, zajišťování přesnosti během finální pohybové části a také napomáhá tvoření plánu pohybu (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 482). Nezbytnou komponentou všech dosahových pohybů je vizuální a somatosenzorická kontrola, která je zodpovědná za správné iniciální řízení směru končetiny k cíli a za iniciální koordinaci mezi končetinovými segmenty. Proprioceptivní mapa ruky samotná však nemůže adekvátně kódovat pozici ruky při dosahu, a proto musí být somatosenzorický vstup kalibrován zrakem. Pokud tedy jedinec nevidí svou ruku před započítím pohybu, dochází k chybám v dosahu cíle. (Jeannerod, 1990 in Shumway-Cook, Woollacott, 2012).

### ***1.2.3.1 Vizuální systém***

Senzorický vstup z vizuálního systému jde skrz dvě paralelní cesty, zahrnuté v přímo cíleném dosahu. Jedna se vztahuje k percepci a rozpoznání objektu a druhá je spojená s lokalizací objektu a akčním systémem při manipulaci s objektem. Percepční dráhy jdou z vizuálního kortexu do temporálního, zatímco lokalizační a akční dráhy z vizuálního kortexu do parietálního laloku. Vizuální informace o charakteristikách uchopovaného objektu je navíc používána pro předprogramování sil, používaných při precizním úchopu (Jeannerod, 1990 in Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 482).

Centrální léze postihující zpracování vizuálních signálů může poškodit schopnost lokalizovat cíl nebo objekt v prostoru (Porro et al., 2005, p. 205). Jedinci s parietální lézí vykazují problémy spjaté s očními pohyby a mohou mít problém s přerušením vizuální fixace (Castiello et al., 2005, p. 729).

### ***1.2.3.2 Somatosenzorický systém***

Propriocepce přispívá k centrální reprezentaci, která je potřebná pro finální dosažení pohybu. Kožní receptory ruky podávají informaci o akci ruky, zahrnující její kinematiku i postavení (Castiello et al., 2005, p. 727). Taktilní cit konečků prstů je zvláště důležitý pro přizpůsobení amplitudy sil používaných k stisku a zvednutí při precizním úchopu. Somatosenzorický feedback je tedy rozhodující pro kontrolu síly prstů (Seo et al., 2015, p. 385; Johansson, Westling, 1984, p. 550)

Schopnost produkce a regulace síly je důležitý aspekt úchopu a zvedání. Pokud je síla stisku příliš těsná, objektem se nedá manipulovat, pokud je příliš volná, dojde k jeho upuštění. Při precizním úchopu jsou síly pro stisk a zvedání generovány současně (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 544). Kožní receptory detekují klouzání předmětu a aktivují cesty, které zvýší aktivitu svalů prstů, zlepši sílu úchopu a zpomalí akceleraci ruky v ramenních a loketních svalech. Bylo zjištěno, že zamezením kožnímu feedbacku anestezií prstů dochází ke kompenzaci nedostatku informací zvýšením síly stisku a ke ztrátě koordinace mezi úchopem a zátěžovými silami. Kritickou oblastí pro tuto kontrolu je právě somatosenzorický kortex (Witney et al., 2004, p. 641).

Jestliže dojde vlivem CMP k poškození somatosenzorické kortikální oblasti či ascendentní somatosenzorické cesty, má nervový systém menší schopnost

monitorovat a opravovat pohyb. Klinický obraz je globální, generalizovaně postihující celou polovinu těla s dopadem na funkci ruky. Snížená somatosenzorika a specificky narušená diskriminační schopnost hemiparetiků přispívá ke změně timingu a nastavení sil během úkolů vyžadujících precizní úchop. Kromě toho, snížení citlivosti na tlak a narušení dvoubodové diskriminace signifikantně postihuje regulaci úchopových a elevačních sil. Narušená somatosenzitivita prstů vede k nepřesné koordinaci síly stisku, častému padání předmětů a nešikovnosti (Lang et al., 2013, p. 105; Robertson, Jones 1994, pp. 1109-1014; Seo et al., 2015, p. 385).

Alterovaný neurální vstup vede k abnormálním vzorům svalové aktivity zahrnujícím spasticitu a abnormální svalové synergie. Abnormální svalová aktivace vzorů ruky po CMP je charakterizována sníženou aktivitou vnitřních extenzorových svalů a hyperaktivitou vnějších flexorů. Každá svalová aktivita vyžaduje precizní přímou kontrolu síly prstů, kde hrají důležitou roli právě zejména palmární a dorzální interosseální svaly, které snižují možnou produkci síly ve specifickém směru v průměru o 80-90 % (Mottram et al., 2010, p. 3169-3170; Seo et al., 2015, p. 385-6; Lang and Schieber, 2004, p. 1722; Cruz et al., 2005, p. 1112-13).

### ***1.2.3.3 Plánování pohybu a záměr pohybu***

V posteriorním parietálním kortexu existují určité oblasti spojené s plánováním a záměrem pohybu. Mediální intraparietální oblast je specializována pro plánování dosahu HK a oblast anteriorní intraparietální (dále jen AIP) pro plánování úchopu. Laterální intraparietální oblast ovládá senzorickou pozornost a také pohyb očí směrem k objektu požadované pro dosah specifického objektu. AIP je spolu s premotorickým, senzomotorickým kortexem a ostatními oblastmi posteriorního parietálního kortexu aktivní během precizního úchopu. Zatímco AIP neurony reprezentují celou akci, premotorické neurony jsou spjaty jen s její konkrétní částí (Andersen, Buneo, 2002, p. 189,214; Binkofski et al., 1998, pp. 1253,1258). Léze anteriorního parietálního laloku vede k somatosenzorickým deficitům, které limitují precizní úchop a manipulaci v ruce. Léze AIP oblasti vede spíše k deficitům v úchopu, zatímco dosah zůstává relativně intaktní (Castiello et al., 2005, p. 729).

Mozek potřebuje určité výpočty k tomu, aby vytvořil pořadí přesného dosahu, a musí být schopen odlišit aktuální pozici ruky a cílovou pozici. Postižením posteriorní

parietální oblasti dojde k přerušení spojení mezi vizuálním a propioceptivním vstupem, takže pozice ruky a objektu v prostoru nejsou dále spojeny jedna s druhou. Léze v posteriorním parietálním kortexu tedy způsobí problém nejen s dosahem ve správném směru (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 484; Andersen, Buneo, 2002, p. 189,214), ale také s nastavením orientace rukou vůči předmětu při dosahu a potíže s úmyslným formováním prstů i ruky tak, aby odráželo velikost a tvar uchopovaného objektu (Jeannerod, 1996).

#### ***1.2.3.4 Dopředná a zpětná kontrola dosahu a úchopu***

Efektivní dosah zahrnuje zpětnovazebné i dopředné kontrolní a opravné procesy pro předpověď podmínek úkolu a překážek, které by mohly narušit trajektorii pohybu HK. Senzorická informace z propioceptorů či vizuálního systému poskytne zpětnou vazbu aktuální pozice HK a porovná ji s referenčním signálem, reprezentujícím požadovaný stav pozice HK. Rozdíl mezi senzoryčným vstupem a referenčným signálem je pak použit pro aktualizaci výstupu, představující aktivaci konkrétních svalů HK nutných k udržení požadované pozice.

Dopředná kontrola naproti tomu využívá předchozí zkušenosti k předpovědi následků ještě předtím, než jsou stimulovány zpětnovazebné senzory, a tudíž snižuje spoléhání se na zpětnovazební kontrolu. Dopředná kontrola je nepřetržitě aktualizovaná skrz informaci z předešlé zkušenosti a aktivuje svaly ve správné úrovni. Například při chytání míče používáme vizuální informaci o jeho trajektorii pohybu, abychom předvídali kam směřovat pohyb končetin (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 484-486).

#### **1.2.6 Muskuloskeletální podíl na dosahu a úchopu**

Dosah zahrnuje komplexní interakce mezi muskuloskeletálním a neurálním systémem. Důležitými komponentami, které umožňují úchop a upuštění předmětů jsou rotace lopatky, správný pohyb hlavice humeru, schopnost supinace předloktí, flexe ramene i lokte a extenze zápěstí společně s dostatečnou mobilitou ruky. Mezi motorické aspekty dosahu řadíme správný svalový tonus, sílu svalů i koordinaci. Více specificky pak vhodnou aktivaci svalů stabilizujících lopatku, hrudní koš a humerální hlavicí během dosahu HK a aktivaci svalů ramene, lokte a zápěstí pro transport paže.

Trup se výrazně podílí na rychlosti a dráze transportu HK při dosahu, kdy je rotace trupu kontrolována glenohumerální horizontální abdukci a skapulární retrakci v takovém pořadí, aby byl pohyb ruky udržován v rovném směru (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 489; Kaminski et al., 1995, p. 457-8).

Posturální kontrola, definovaná jako schopnost kontrolovat pozici těla v prostoru za účelem stability a orientace, je nezbytná pro schopnost pohybovat HK bez destabilizace zbytku těla. Posturální požadavky se liší podle typu daného úkolu a pozice těla, které mohou ovlivňovat rychlost a přesnost pohybu HK. Stoj vyžaduje více rozsáhlou aktivaci svalů dolních končetin a trupu z důvodu nutného předcházení nestabilitě, a tím zvyšuje posturální požadavky (Friedli et al., 1984, p. 619-620).

U pacientů s neurologickými deficity není často jednoduché odlišit relativní podíl neurálních a muskuloskeletálních problémů podílejících se na abnormálním dosahu. Problémy motorické kontroly, postihující inerciální charakteristiky systémů, vyvolávají koordinační problémy dokonce i tehdy, jsou-li aktivační vzory normální. Příkladem může být zvýšená ztuhlost, která změní tyto charakteristiky a způsobí obtížnější iniciaci pohybu. Interakce mezi biomechanikou pohybu a neurálními kontrolními mechanismy je proto velmi důležitá (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 489).

### **1.2.7 Kinematika dosahu a úchopu**

Kontrola pohybů HK závisí na cíli úkolu. Dosahování předmětů proto můžeme dělit do dvou komponent, kontrolovaných oddělenými oblastmi mozku. Pokud je HK používána k míření či udeření objektu, jsou všechny segmenty HK kontrolovány jako celek a čas pohybu je kratší, než při dosahu spojeném s úchopem předmětu, kde se naopak ukazuje, že je ruka kontrolována nezávisle na ostatních segmentech HK. Paže tedy provádí pohyby spojené s transportem a ruka pohyby spojené s úchopem předmětu. Odlišnosti vidíme i v přípravné fázi úchopu, kde je akcelerační fáze dosahu mnohem kratší než decelerační, zatímco při udeření cíle prstem vysokou rychlostí, je naopak akcelerační fáze delší než decelerační (Marteniuk et al., 1987, p. 374-375).

Kinematika úchopu je dále závislá také na vlastnostech předmětu, jako je fragilita, struktura, hmotnost a velikost kontaktního povrchu. Hmotnost předmětu ovlivňuje pozici prstů. Těžší předměty je potřeba uchopit přesněji s rozsáhlejším

úchopem, než předměty lehčí. Úchop předmětů s kluzkým povrchem zase vyžaduje větší přiblížení parametrů ve srovnání s uchopováním předmětů s drsným povrchem (Castiello et al., 2005, p. 727).

Při dosahu dochází k specifickému tvarování ruky už v průběhu jejího přemisťování směrem k uchopovanému předmětu. Toto přednastavení ruky je taktéž ovlivněno velikostí, tvarem a materiálem předmětu, ale i vnějšími faktory, jako je orientace a vzdálenost objektu od těla a jeho lokalizace v prostoru. Tvar ruky tedy odráží geometrický tvar předmětu během dosahu a perfektním se stává při kontaktu s předmětem (Santello et al., 2002, p. 1435).

Okamžik, ve kterém je otevření palce s prsty největší, nazýváme jako maximální úchopový otvor. Jedná se o jasně identifikovatelný orientační bod, který tvoří 60-70 % trvání dosahu a vysoce koreluje s velikostí objektu. Velikost maximálního otevření úchopu, uskutečňovaná výhradně pohybem prstů proti palci, je proporcionální vzhledem k velikosti předmětu, přičemž při přibližování HK k předmětu se zpočátku velikost otevření mezi palcem a nataženými prsty rapidně zvyšuje na maximum, a poté snižuje dle odpovídající velikosti objektu (Castiello et al., 2005, p. 726-7; Marteniuk et al., 1987, p. 374-5). Vědci zkoumali, zda existuje neměnný vztah alespoň v nějaké komponentě mezi dosahem a úchopem, přičemž zjistili pevný poměr právě ve velikosti maximálního otvoru úchopu vzhledem k celkovému času pohybu. Tento poměr je neměnný při různých časových variantách pohybu a rychlosti i odlišném iniciálním postavení prstů. Z těchto poznatků vyplývá silná indikace k funkčnímu spojování dosahu s úchopem (Jeannerod, 1996).

Z hlediska biomechaniky ruky může i abnormální řízení síly úchopu ztěžovat úchopové schopnosti a funkce ruky. Jestliže individuální svalová slabost přetrvává, pak sensorická intervence samotná nemůže dostatečně opravit narušený směr síly prstů. Uchopení předmětu tak, aby nevyklouzl, totiž vyžaduje směřování síly prstů k předmětu v určitém dovoleném úhlu, definovaném jako úhel tření. Pokud leží směr síly prstů mimo tento úhel, stříhové síly se stávají větší než maximální přípustné třecí síly a způsobí sklouznutí prstů po předmětu vedoucí ke ztrátě úchopu. Tento fakt byl zjištěn právě také u pacientů v chronickém stádiu po CMP, kteří aplikují sílu úchopu daleko od kolmého směru vzhledem k povrchu předmětu, ve srovnání se zdravými jedinci stejného věku. Tato úhlová odchylka síly prstů je zřejmě způsobena změněným neurálním vstupem do svalů (Seo et al., 2015, p. 383-386).

### 1.2.8 Fáze úchopu a zvedání ve vztahu k síle stisku

Zvedání předmětů se skládá z několika fází. První fází zahajuje kontakt prstů s objektem, jehož ustálením začíná druhá fáze, kdy se začne zvyšovat síla stisku a zátěžová síla (zatížení na prstech). V další fázi zátěžová síla překoná váhu předmětu a dojde k pohybu. V poslední fázi se pak síla stisku i zátěžová síla sníží krátce potom, co se objekt dostane do kontaktu s podložkou. Tento typ schématu organizační kontroly dovoluje velkou flexibilitu ve zvedání předmětů různé hmotnosti, která ovlivňuje trvání zátěžové fáze. Těžší předměty totiž vyžadují větší zátěžové síly před začátkem pohybu, aby pak byly použity správné síly úchopu během zátěžové fáze. Toto schéma také vyžaduje limitované senzorní zpracování na konci jedné fáze, které slouží jako spoušť pro fázi následující (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 492).

Poměr úchopových a zátěžových sil musí být nad určitou úrovní, která zajistí bezpečný úchop bez vyklouznutí předmětu. Dva stejně těžké předměty nemusí nezbytně vyžadovat stejnou sílu úchopu, pokud jsou jinak kluzké. Ukazuje se, že CNS při výběru správných úchopových parametrů používá jak předešlé zkušenosti, tak aferentní informace. Pokud nastane nesoulad mezi očekávanými a opravdovými vlastnostmi předmětu, aktivují se receptory bříšek prstů, schopné snadno detekovat dřívější začátek pohybu, než jaký je očekávaný a přispívají taktéž k volbě parametru úchopu (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 492-493).

Za klíčový systém spojený s předvídáním kontroly síly stisku je považován mozeček. Ve studiích prováděných na opicích bylo nalezeno, že mozečkové struktury se vstupem z kožních receptorů byly aktivovány několik milisekund potom, co na předmět působily perturbace simulující klouzání. Mozečkové neurony také vykazovaly anticipační zvýšení aktivace se zvýšením síly stisku. Mozeček tedy hraje roli v organizaci předvídání, zatímco primární, premotorická a suplementární motorická oblast nevykazují prediktivní odpovědi tohoto typu. Pacienti s mozečkovými lézemi mají chudou předpovědní kontrolu sil úchopu, především spojenou s timingem těchto sil, zatímco pacienti s hemiparézou mají normální timing prediktivních sil úchopu, ale snížené amplitudy odpovědi (Witney et al., 2004, 637-8; Monzée, Smith 2004, p. 230-5).



### 1.2.9 Koordinace pohybu

Zdravý nervový systém používá k produkci hladkého, efektivního pohybu časovou a prostorovou koordinaci (Levin et al., 2009, p. 97), kdy se úhly loketních a ramenních kloubů mění synchronizovaně ve vzájemném poměru (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 533). Trajektorie pohybu jsou pak rovné, hladké s dobře tvarovaným rychlostním profilem. Nervový systém je schopný integrovat mnohonásobné stupně volnosti těla a produkovat neměnné trajektorie ruky při provádění mířících pohybů. Při dosahu předmětu, který je umístěný ve větší vzdálenosti, než je délka paže, přispívá k přemístění ruky do koncového bodu trajektorie navíc pohyb trupu (Rossi et al., 2002, p. 659). Iniciální podíl pohybu trupu na přemístění ruky je neutralizován odpovídající kompenzační rotací v rameni a lokti (Levin et al., 2009, p. 97).

Neurologicky postižený systém má však deficit v provádění vhodných kompenzačních úprav kloubů HK k udržení žádoucí trajektorie ruky během dosahu a v závislosti na lokalizaci léze po CMP nemusí být schopen rozlišit optimální soubor vztahů mezi svaly a segmenty pro provádění koordinovaných pohybů. Můžeme pak vidět inkoordinaci více kloubů, vedoucí k abnormálním trajektoriím pohybu (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 533; Levin, 1996, p. 281-282), charakterizovanou segmentovanými pohyby a ztrátou koordinačního spřažení mezi synergistickými svaly a klouby, které pak může postihnout také správné načasování zahájení pohybu paže a ruky s následným zpožděním a zvýšenou variabilitou pohybu (Esparza et al., 2003, p. 495).

Segmentace pohybu plyne z nedostatku koordinace mezi pohyby lokte a ramene a vede k obtížné regulaci aktivního rozsahu v těchto kloubech s tendencí k přestřelování, či míjení cíle (van Vleet, Sheridan 2009, p. 182). Jedinci s hemiparézou mají prostorové a časové koordinační deficity konkrétně v pohybech mezi sousedními klouby HK, v transportní fázi dosahu, ve formování úchopu a v kontrole síly precizního úchopu. Při analýzách kinematické variability dosahu u těchto pacientů byl nalezen deficit ve specifických vzorech zapojování kloubů, a taktéž ve schopnosti rychle kompenzovat chybné pohyby ve výkonných funkcích. Snížená kapacita produkování a koordinování pohybů paže, ruky a trupu v koherentní akci může vést k nadměrnému používání trupu při transportu HK, a tím k neobratnému a pomalému pohybu. Po CMP je kontrola rozsahu pohybu ve specifických kloubech

limitována a pohyby trupu se více a dříve podílejí na přepravě ruky pro dosažení objektů (Levin et al., 2009, p. 98-99).

### **1.2.10 Synergie a frakcionace**

Normální pohyb HK zdravých jedinců je charakterizován synergiemi, tedy pevnými vztahy mezi segmenty HK pracujícími společně, které snižují množství proměnných kontrolovaných CNS ve srovnání s kontrolou jednotlivých kloubů. Jedna cesta tak kontroluje mnoho stupňů volnosti zahrnutých v komplexním pohybu. Nervový systém vlastní centrální reprezentaci pohybu ve formě určitého motorického obrazu, představující pohyb, kterého má být dosaženo. Nejedná se tedy nikoliv jen o impulsy potřebné k dosažení tohoto cíle (McCrea et al., 2005, p. 2999).

U hemiparetiků bývají tyto synergie při dosahu narušené, dochází k abnormálnímu spojování mezi loketními a ramenními silovými momenty paretické končetiny, které způsobuje obtížnou extenzi lokte při současné flexi ramene. Dobré zotavení patologických synergií je charakterizováno frakcionací, tedy zvýšením individuální kontroly svalů a kloubů se schopností provádět izolované pohyby v jednotlivých kloubech (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 536; McCrea et al., 2005, p. 2999). Frakcionace pohybu je schopnost volně pohybovat jedním segmentem nezávisle na ostatních a je esenciální pro motorickou kontrolu zručnosti HK. Tato schopnost selektivní aktivace svalů bývá u pacientů po CMP snížena vlivem poškození kortikospinálního systému a je demonstrována napříč všemi segmenty HK (Lang et al., 2013, p. 104).

### **1.2.11 Čas dosahu a úchopu**

U pacientů po CMP bývá pohyb HK pomalejší. Čas pohybu během cíleně řízeného dosahu může být prodloužen až čtyřikrát ve srovnání se zdravými jedinci. Prodloužená je také doba pohybu při dosahu pohybujícího se předmětu. Předpokládá se, že důvodem tohoto zpoždění v timingu svalové aktivity může být potřebou delšího času pro rozlišení rychlosti pohybujícího se cíle. Dosah je také charakterizován zpožděním reakčního času, který definujeme jako periodu mezi stimulem a začátkem volní odpovědi svalů. Pokud je volní pohyb navíc vizuálně iniciovaný, reakční čas

bude o to delší, kvůli zvýšení synaptického zpracování ve vizuálním systému (Levin et al., 2000, p. 353; Levin, 1996, p. 281-293).

### **1.2.12 Obnovení funkce ruky po CMP**

Nedostatek kyslíku a poškození vláken vedoucích z mozku do míchy, společně s přítomností otoku v časných stádiích mozkového postižení, způsobují paralýzu s poškozeným neurálním vedením. Během této doby obdrží mozek pouze negativní zrakový feedback, což zřejmě ještě více podporuje formu naučené paralýzy skrze fungování zbylých zrcadlových neuronů (Carvalho et al., 2013, p. 44). V průběhu prvních dnů či týdnů dochází k dočasnému přerušení kortikofugálních signálů, které pak přetrvává ve formě naučené paralýzy i po odeznění otoku (Ramachandran, Altschuler, 2009, p. 1700). V tomto případě může právě zrcadlová terapie potenciálně reaktivovat kortikální motorické neurony, a urychlit tak funkční zotavení širokého rozsahu senzomotorických poruch (Carvalho et al., 2013, p. 45).

Přestože je mozek po CMP schopen signifikantního zotavení (Carvalho, 2013, p. 41), nastává funkční zotavení manuálních dovedností HK pomalu a obvykle zaostává za zotavením lokomočním (Grichting et al., 2000, p. 1661). Udává se, že zotavení funkcí HK postupuje nejrychleji v průběhu prvních třech měsíců po CMP, pak se zpomalí po šestém měsíci a neurologického plató dosahuje na konci prvního roku (Young-Rim et al., 2014, p. 7).

Protože dosahové, úchopové i manipulační úkoly vyžadují koordinaci řady kloubů a svalů, je zotavení každého tohoto segmentu nezbytné předtím, než je obnovena plná funkce. Přičemž obnovení funkce proximálních segmentů často postupuje rychleji než distálních, proto i když pacienti získají znovu sílu v rameni a lokti, funkce jejich prstů a ruky často není obnovena, což je limituje v ADL. Proto je získání zručnosti ruky a prstů kritickou komponentou rehabilitace u hemiparetiků (Young-Rim et al., 2014, p. 7). Rychlost i přesnost pohybu se v průběhu času zlepšuje jak u dosahu, tak úchopu. Na základě neurofyziologických výzkumů můžeme předpovídat, že se dosahová fáze zotaví dříve a kompletněji než úchopová (Lang et al., 2006, 1605-8).

### **1.2.13 Testování funkcí ruky**

Hodnocení funkcí HK pomocí testů určuje přítomnost a závažnost poruch a jejich podíl na ztrátě pohybu a funkce HK. Systematické postupy hodnocení poruch jsou důležité pro klinická rozhodnutí. Nicméně ne všechna motorická zlepšení zaznamenaná klinickými testy se přenáší také do činností běžného života po propuštění pacientů domů. Například i pacienti s dobrým obnovením funkce HK podle klinických testů pak nedokážou plně využít HK v každodenních činnostech. Jedním z důvodů může být nedostatečné zotavení vyšších stupňů funkcí motorické kontroly, vedoucí k neschopnosti provádět rychlé, přesné a koordinované pohyby (Levin et al. 2009, p. 94-108).

#### **1.2.13.1 Dynamometr**

Síla stisku, obvykle hodnocená ručním dynamometrem, je dobrým klasifikátorem funkce HK u jedinců po CMP a může odrážet globální deficit celé paretické HK. Maximální síla stisku je jednoduchá na měření a je běžně používána v klinické praxi pro zhodnocení slabosti svalu a zotavení po CMP. Používá se jak v klinické praxi, tak ve vědeckých výzkumech jako hodnotící, diskriminační, prediktivní parametr v odlišných skupinách populace, díky rychlému, objektivnímu a snadno realizovatelnému použití (Martins et al., 2015, p. 498; Bertrand et al. 2015, p. 356). Měření síly stisku se ukázalo jako velmi dobrá metoda pro detekci časného zotavení a předpověď finálního výsledku i navzdory faktu, že mechanický dynamometr má omezenou senzitivitu dolního a horního konce rozsahu síly stisku (Sunderland et al., 1989, p. 1267).

Uváděné referenční hodnoty pro měření umožňují diferenciaci mezi jedinci různého věku, pohlaví i klinickou identifikaci svalové slabosti a adekvátního terapeutického plánování. Síla úchopu ukazuje také prediktivní hodnotu a vztah k faktorům jako je mortalita, zvýšené riziko pádů a funkční úpadek (Martins et al., 2015, p. 498). Měření síly stisku u pacientů po CMP bylo zprvu odmítáno. Důvodem bylo, že měření samotné síly ignoruje roli poškozené koordinace svalových skupin ve vytváření nedostatečného motorického výkonu a druhým pak, že zvýšená flexe prstů rozvíjí spasticitu. Je však evidentní, že slabost svalu je primární komponentou hemiplegie, která se zlepšuje s funkčním zotavením (Sunderland et al. 1989, p. 1267).

### ***1.2.13.2 Action Research Arm test***

ARAT byl vynalezen pro pacienty s hemiparézou pro vyšetření kritérií souvisejících s omezením funkce HK. Zahrnuje 19 položek rozdělených do 4 skupin (úchop, sevření, špetka, hrubý pohyb). Položky v každém subtestu jsou založeny na čtyřbodové ordinální stupnici od 0 do 3, kde 3 představuje normální provedení pohybu. Položky jsou uspořádány hierarchicky, což umožňuje přeskočení určitých položek, pokud pacient nebyl schopný provést položky předcházející nebo je naopak zvládl v normálním rozsahu. Skóre 57 indikuje normální provedení pohybu HK (Lang et al., 2013, p. 107).

## 2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

### 2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je objektivizace efektu zrcadlové terapie horní končetiny u hemiparetiků po cévní mozkové příhodě pomocí klinického testu ARAT a dynamometru.

### 2.2 Vědecké otázky a hypotézy

#### 2.2.1 Vědecká otázka číslo 1

*Má zrcadlová terapie vliv na funkční aktivitu ruky u pacientů po CMP?*

**H 01:** Není statisticky významný rozdíl v síle stisku ruky před a po aplikaci zrcadlové terapie.

**H A1:** Je statisticky významný rozdíl v síle stisku ruky před a po aplikaci zrcadlové terapie.

**H 02:** Není statisticky významný rozdíl v hodnotě skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie.

**H A2:** Je statisticky významný rozdíl v hodnotě skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie.

**H 03:** Není statisticky významný rozdíl ve změně hodnot síly stisku před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

**H A3:** Je statisticky významný rozdíl ve změně hodnot síly stisku před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

**H 04:** Není statisticky významný rozdíl ve změně výsledku ARAT testu před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

**H A4:** Je statisticky významný rozdíl ve změně výsledku ARAT testu před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

### 2.2.2 Vědecká otázka číslo 2

*Existuje vzájemný vztah mezi změnou funkční aktivity horní končetiny a síly stisku ruky u pacientů po CMP?*

**H 05:** Není statisticky významný rozdíl mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku před a po zrcadlové terapii.

**H A5:** Je statisticky významný rozdíl mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku před a po zrcadlové terapii.

## **3 METODIKA**

### **3.1 Charakteristika testovaného souboru**

Měření se zúčastnilo celkem 17 probandů s diagnózou CMP, z toho 15 mužů a 2 ženy s věkovým průměrem 64 let (rozmezí 36 až 75 let). Z toho 8 s pravostrannou hemiparézou a 9 s levostrannou. Randomizovaně byli rozděleni do experimentální (n = 10) a kontrolní (n = 7) skupiny. Všichni probandi byli hospitalizováni na lůžkové části Rehabilitačního oddělení Fakultní nemocnice Olomouc, byli informováni o průběhu měření a terapie a podepsali informovaný souhlas. U všech byla prováděna standardní fyzioterapie, přičemž u pacientů v experimentální skupině byla do programu navíc zařazena zrcadlová terapie v počtu minimálně pěti sezení v průběhu dvou týdnů. Měření síly stisku pomocí dynamometru a zhodnocení funkční aktivity HK použitím testu ARAT bylo u obou skupin prováděno na začátku a konci terapie.

Jako vylučující kritéria pro účast byly stanoveny kognitivní poruchy, jež by mohly ovlivnit pochopení instrukcí pro testování či terapii a dále úrazy a postižení horních končetin z jiných příčin než CMP.

### **3.2 Metody měření a jejich průběh**

#### **3.2.1 Action research arm test (ARAT)**

ARAT hodnotí motorickou obnovu jemné i hrubé motoriky horní končetiny z hlediska síly, rychlosti, obratnosti a koordinace. Testování probíhalo vsedě na židli naproti středu testovacího boxu (viz příloha 1, s. 88), který byl umístěn na polohovacím stole, jehož výška byla přizpůsobena výšce pacienta. Sed byl nastaven tak, aby v pacientovi nevzbuzoval pocit diskomfortu a umožnil kontakt zad se zádovou opěrkou, který musel být zachován po celou dobu měření. Vzdálenost pacienta od testovacího zařízení byla stanovena tak, aby byl schopen dotknout se nataženou horní končetinou zadní svrchní hrany testovacího boxu. Testovaná horní končetina spočívala ve výchozí pozici na stole v těsné blízkosti plstěné rohože, a to buď vpravo při testování pravé horní končetiny, nebo vlevo při testování levé. Netestovaná horní končetina spočívala volně na druhé straně pracovní plochy.



Hodnoceny byly obě horní končetiny, začínala vždy zdravá. Pacient byl před každým provedením jednotlivého úkolu poučen slovně, popřípadě s názornou ukázkou, aby věděl jak přesně daný typ úkolu provést. Zároveň mu bylo zdůrazněno, že každý úkol musí provést co největší rychlostí, jaké je schopen. Časomíra byla spuštěna na povel tři, dva jedna start, poté se končetina přemístila z výchozí pozice, provedla konkrétní úkol a časomíra byla zastavena až v okamžiku, kdy se HK vrátila zpět do výchozí pozice. Test obsahoval celkem 19 položek, z toho 16 vyžadovalo manipulaci s předměty, které byly umístovány do předem definovaných prostor testovacího boxu. Test byl rozdělen do jednotlivých podtestů dle prováděného typu aktivity (uchopení, sevření, špetka, hrubý pohyb). Každá položka byla bodově hodnocena dle schopnosti provedení pohybu na stupnici od 0 do 3 následujícím způsobem:

**0** - nelze provést pohyb, pacient neprovede žádnou část úkolu

**1** - částečné provedení pohybu

**2** - úplné provedení pohybu, ale za delší časový interval

**3** - úplné provedení pohybu v daném časovém intervalu

Nejvyšší možné dosažitelné skóre činilo 57 bodů, přičemž platí, čím vyšší počet bodů, tím nižší stupeň postižení. Test je uspořádán hierarchicky dle složitosti jednotlivých úkonů, pokud je tedy pacient schopný vykonat první úkol daného podtestu v plné míře ve stanoveném časovém intervalu, není potřeba provádět úkoly následující v témže podtestu. V tomto měření však byly testovány všechny položky bez ohledu na míru funkčních schopností pacienta, jejichž výsledné časy a bodové hodnocení byly písemně zaznamenány do formuláře, který je součástí testovací sady testu ARAT (viz příloha 2, s. 89)

### **3.2.2 Hydraulický ruční dynamometr**

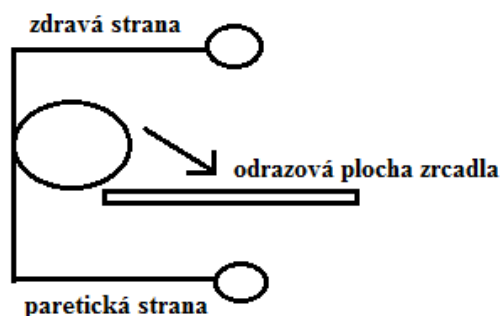
Hydraulický ruční dynamometr (viz příloha 3, s. 90) slouží k zhodnocení síly stisku. Měření jsme realizovali vsedě na židli s opřenými zády o opěrku židle v pohodlné pozici pro pacienta. Postavení testované HK bylo následující: připažení paže, flektovaný loket do devadesáti stupňů, střední postavení předloktí mezi pronací

a supinací, neutrální pozice zápěstí. Pacientovi byl vložen do ruky dynamometr zajištěný ochranným poutkem, kvůli minimalizaci rizika poškození přístroje a následně nastaven držák rukojeti do jedné z pěti možných poloh odpovídající velikosti pacientovi ruky a přijatelnosti této pozice pro pacienta. Poloha byla zaznamenána a použita pro výstupní měření, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Před každým měřením bylo nutné resetovat vrcholný ukazatel do nulové pozice. Poté byl pacient vyzván, aby provedl stisk rukojetě dynamometru co největší silou, celkem třikrát s krátkou pauzou mezi jednotlivým měřením. Tyto tři hodnoty byly následně zprůměrovány a zaznamenány jako jedna konečná výsledná hodnota maximálního stisku uvedená v kilogramech.

### **3.3 Realizace zrcadlové terapie**

Zrcadlová terapie proběhla u probandů v experimentální skupině minimálně pětkrát v průběhu pobytu na rehabilitačním oddělení. Doba trvání jednoho sezení činila dvacet minut. Terapie probíhala v klidné místnosti s odstraněním rušivých elementů pod vedením fyzioterapeuta. K účelům terapie bylo použito zrcadlo o rozměrech 40 x 50 cm, zbavené nečistot a umístěné na polohovacím stole. Z okolí zrcadla byly odstraněny předměty, které by mohly působit rušivě na vnímání odrazu končetiny. Ze stejných důvodů bylo rovněž nutné, aby si pacient odložil případné šperky a jiné předměty z horních končetin.

Při samotné zrcadlové terapii pacient zaujímal pohodlnou polohu vsedě na židli u zrcadla (viz příloha 4, s. 91), které bylo umístěno v midsagitální rovině pacienta a vhodně natočeno takovým způsobem, aby zachytilo odraz ruky pacienta bez uklánění hlavy a umožnilo provádění pohybů. Postižená končetina byla ukryta před zrakem pacienta na druhé straně zrcadla, ve stejné vzdálenosti od zrcadla jako končetina zdravá (viz obr. 1, s. 35).



**Obrázek 1.** Umístění zrcadla při zrcadlové terapii

Na začátku terapie byl pacient velmi důkladně seznámen s touto metodou, kdy mu bylo zrcadlo představeno jako trik pro mozek, který pomáhá opravovat zkreslený vjem postižené končetiny prováděním iluze pohybu zdravou končetinou. Pacientovi bylo navíc zdůrazněno, že efektivita této terapie je založena na schopnosti uvěřit zrakové iluzi, proto se mi jako přínosné jevílo vštípit pacientovi, aby se snažil vnímat zrcadlo spíše jako okno, přes které se dívá na druhou končetinu, než jako odraz v zrcadle. Před samotným započítím terapie byl pacient vyzván, aby se díval na odraz zdravé končetiny v zrcadle a snažil se uvěřit, že je skutečná. Jakmile se pacient sžil s touto představou, byl vyzván, aby lehce a pomalu prováděl bilaterální pohyby, přičemž neustále sledoval obraz v zrcadle po celou dobu terapie.

V průběhu terapie pacient prováděl řadu pohybových úkolů takovým způsobem, aby se pohyb postižené končetiny co nejvíce podobal pohybu končetiny zdravé, a to takovou rychlostí, jaká byla pro pacienta nejvíce přijatelná. Cvičební jednotka se skládala ze dvou typů pohybů. První typ tvořily jednoduché základní pohyby, druhý typ pak funkční úkoly zaměřené na pohyby s použitím různých pomůcek. Zde jsou příklady prováděných pohybů:

#### Jednoduché pohyby

- 1) zatlačení dlaněmi do podložky
- 2) střídání supinace a pronace
- 3) dorzální flexe v zápěstí
- 3) střídání ulnární a radiální dukce s dlaní položenou na stole
- 4) abdukce a addukce prstů
- 5) pěst a extenze prstů

- 7) hrabání prsty
- 8) opozice palce a jeho dotyk s jednotlivými prsty

#### Funkční pohyby

- 1) mačkání míčku
- 2) koulení míčku
- 3) stříhání nůžkami
- 4) práce s plastelínou (mačkání, válení, koulení)
- 5) utírání stolu textilií

### **3.4 Statistické zpracování**

Statistické zpracování bylo provedeno pomocí programu Statistica CZ verze 12. Za statisticky signifikantní byly považovány výsledky na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ .

Pro první dvě hypotézy byl statisticky významný rozdíl odhalen porovnáním dvou závislých proměnných pomocí Wilcoxonova párového testu. Další dvě hypotézy byly zpracovány prostřednictvím Mann-Whitney U-testu porovnáním dvou nezávislých skupin. U poslední hypotézy byla použitím regresní analýzy zjišťována statisticky významná závislost.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Výsledky k vědecké otázce č. 1

*Má zrcadlová terapie vliv na funkční aktivitu ruky u pacientů po CMP?*

**H 01:** Není statisticky významný rozdíl v síle stisku ruky před a po aplikaci zrcadlové terapie.

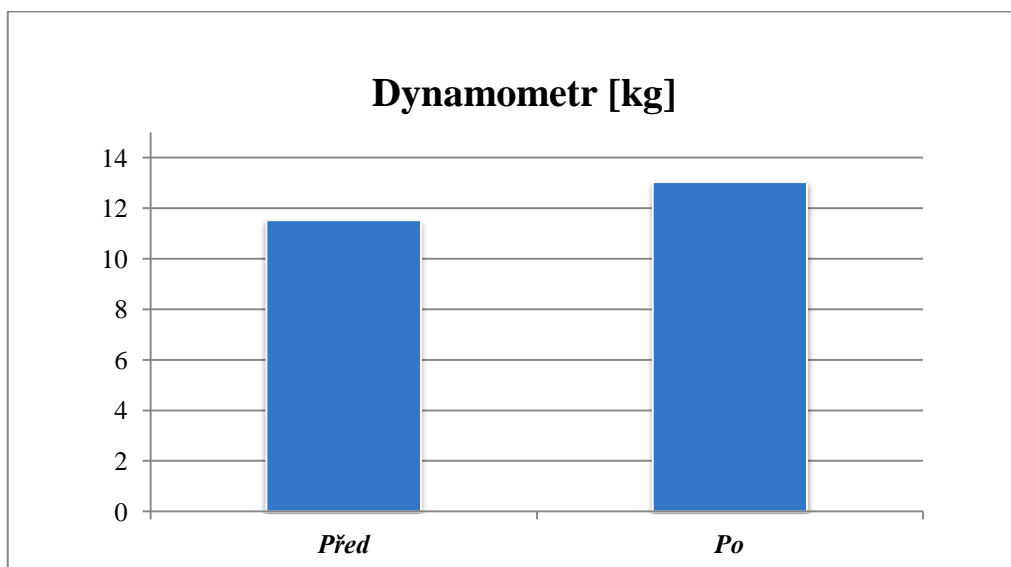
**H A1:** Je statisticky významný rozdíl v síle stisku ruky před a po aplikaci zrcadlové terapie.

Porovnáním dvou závislých proměnných pomocí Wilcoxonova párového testu byl odhalen **statisticky významný rozdíl** na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$  pro hodnotu síly stisku před a po aplikaci zrcadlové terapie. **Nulovou hypotézu** proto **zamítáme** a potvrzujeme hypotézu alternativní. V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty síly stisku před a po aplikaci zrcadlové terapie, které jsou dále znázorněny také pomocí grafu č. 1.

**Tab. 1** Hodnoty síly stisku ruky u experimentální skupiny

	Dynamometr [kg]	
	<i>Před</i>	<i>Po</i>
<b>1</b>	12,67	16,67
<b>2</b>	5,67	4,33
<b>3</b>	0,00	0,00
<b>4</b>	0,00	0,00
<b>5</b>	36,33	36,00
<b>6</b>	18,00	22,67
<b>7</b>	11,33	13,33
<b>8</b>	15,67	19,00
<b>9</b>	0,00	2,33
<b>10</b>	15,67	16,00

**Graf 1** Hodnoty síly stisku před a po aplikaci zrcadlové terapie



**H 02:** Není statisticky významný rozdíl v hodnotě skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie.

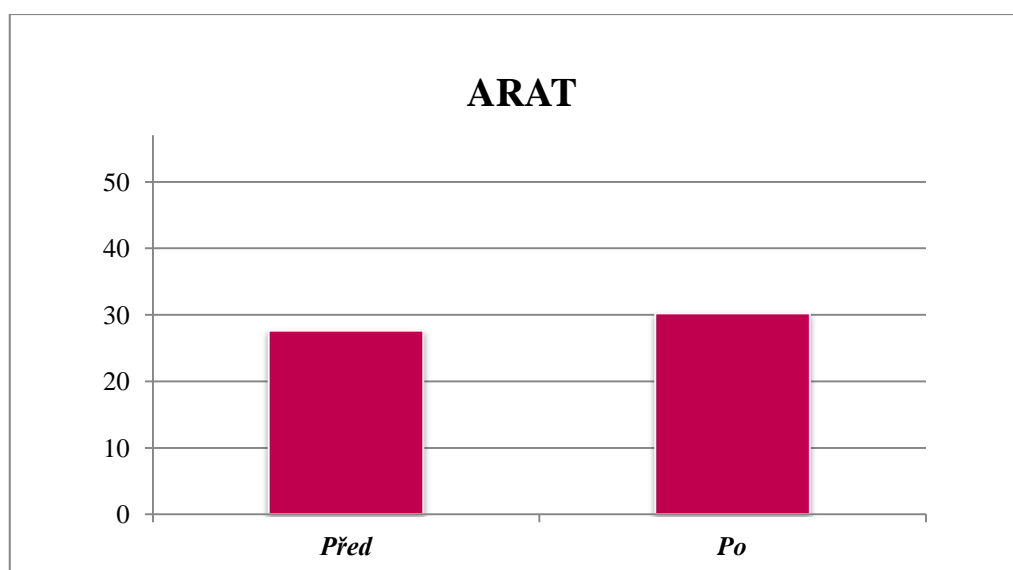
**H A2:** Je statisticky významný rozdíl v hodnotě skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie.

Porovnáním dvou závislých proměnných pomocí Wilcoxonova párového testu byl odhalen **statisticky významný rozdíl** na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$  pro hodnotu skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie. **Nulovou hypotézu** proto **zamítáme** a potvrzujeme hypotézu alternativní. V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty celkového skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie, které jsou dále znázorněny také pomocí grafu č. 2.

**Tab. 2** Hodnoty celkového skóre ARAT testu u experimentální skupiny

	ARAT	
	<i>Před</i>	<i>Po</i>
<b>1</b>	38	49
<b>2</b>	0	0
<b>3</b>	0	0
<b>4</b>	0	0
<b>5</b>	55	57
<b>6</b>	55	57
<b>7</b>	35	38
<b>8</b>	35	41
<b>9</b>	4	6
<b>10</b>	54	54

**Graf 2** Hodnoty celkového skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie



**H 03:** Není staticky významný rozdíl ve změně hodnot síly stisku před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

**H A3:** Je statisticky významný rozdíl ve změně hodnot síly stisku před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

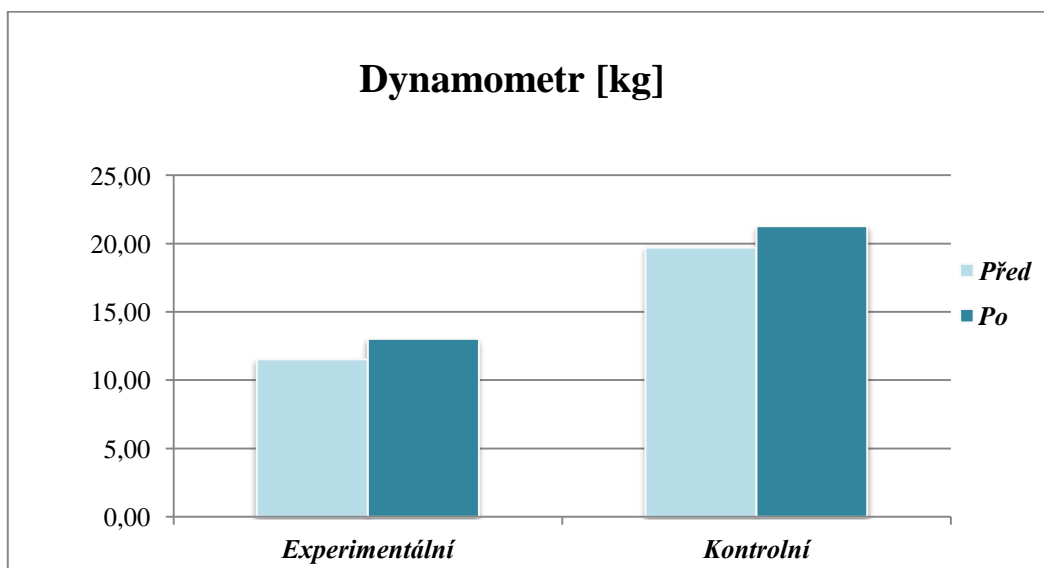
Na základě Mann-Whitney U-testu porovnáním dvou nezávislých skupin **nebyl odhalen statisticky významný rozdíl. Nulovou hypotézu nelze zamítnout.**

V tabulce č. 3 jsou pro doplnění uvedeny hodnoty síly stisku u kontrolní skupiny a v grafu č. 3 znázorněny hodnoty síly stisku před a po terapii u obou skupin.

**Tab 3.** Hodnoty síly stisku ruky u kontrolní skupiny

	<b>Dynamometr [kg]</b>	
	<i>Před</i>	<i>Po</i>
<b>1</b>	18	21,33
<b>2</b>	1,67	5,33
<b>3</b>	37,67	40,67
<b>4</b>	19	21,67
<b>5</b>	11,67	13,67
<b>6</b>	29	29,00
<b>7</b>	21	17,33

**Graf 3** Hodnoty síly stisku před a po terapii u experimentální a kontrolní skupiny



**H 04:** Není staticky významný rozdíl ve změně výsledku ARAT testu před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.

**H A4:** Je staticky významný rozdíl ve změně výsledku ARAT testu před a po terapii mezi kontrolní a experimentální skupinou.



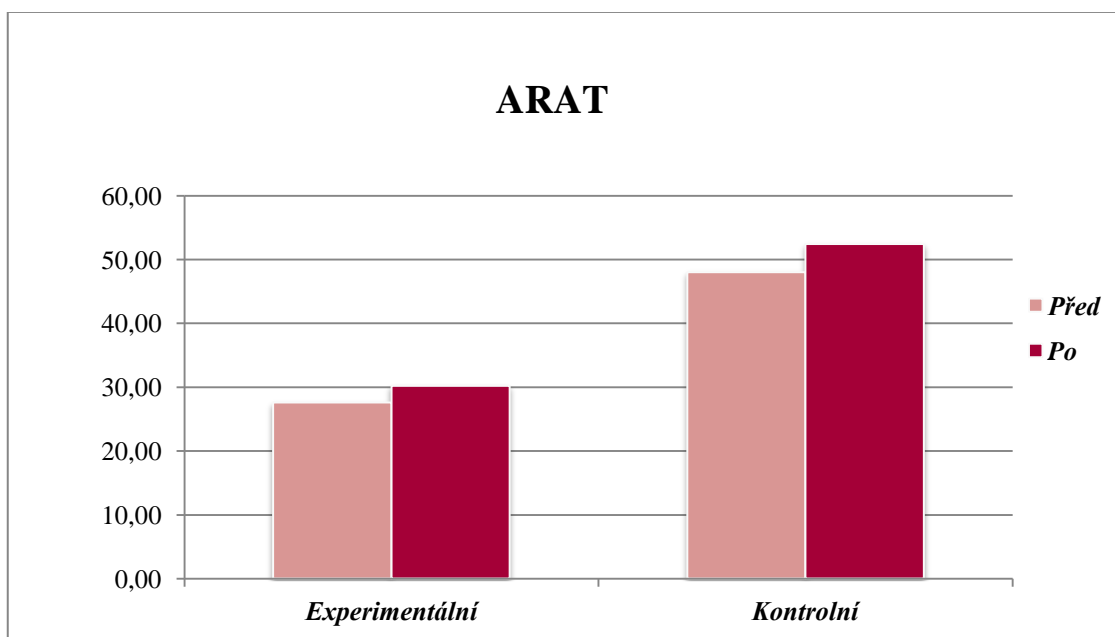
Na základě Mann-Whitney U-testu porovnáním dvou nezávislých skupin **nebyl odhalen statisticky významný rozdíl. Nulovou hypotézu nelze zamítnout.**

V tabulce č. 4 jsou pro doplnění uvedeny hodnoty skóre testu ARAT u kontrolní skupiny a v grafu č. 4 znázorněny hodnoty skóre testu ARAT před a po terapii u obou skupin.

**Tab. 4** Hodnoty celkového skóre testu ARAT u kontrolní skupiny

	ARAT	
	<i>Před</i>	<i>Po</i>
<b>1</b>	57	57
<b>2</b>	8	33
<b>3</b>	57	57
<b>4</b>	50	52
<b>5</b>	57	57
<b>6</b>	57	57
<b>7</b>	50	54

**Graf 4** Hodnoty skóre ARAT testu před a po terapii u experimentální a kontrolní skupiny



## 4.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2

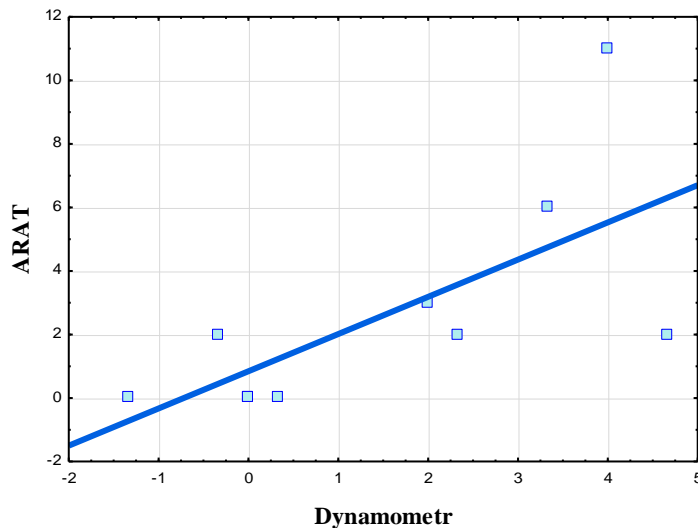
*Existuje vzájemný vztah mezi změnou funkční aktivity horní končetiny a síly stisku ruky u pacientů po CMP?*

**H 05:** Není statisticky významná závislost mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku před a po zrcadlové terapii.

**H A5:** Je statisticky významná závislost mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku před a po zrcadlové terapii.

Použitím regresní analýzy byla zjištěna hodnota signifikance  $p < 0,05$ . Mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku existuje **statisticky významná závislost**, která je znázorněna pomocí grafu č. 5. **Nulovou hypotézu zamítáme** a potvrzujeme hypotézu alternativní.

**Graf 5** Závislost rozdílu hodnot ARAT testu na rozdílu hodnot síly stisku u experimentální skupiny



## 5 DISKUZE

Účel této kapitoly spočívá v diskutování limitů práce, získaných výsledků měření a jejich následným porovnáním s odbornou literaturou, která je aktuálně k dispozici.

Cílem práce byla objektivizace efektu zrcadlové terapie horní končetiny u hemiparetiků po cévní mozkové příhodě použitím klinického testu ARAT a dynamometru.

### 5.1 Diskuze k teoretickým poznatkům

Problematika poškození funkce HK, která často následuje CMP, zahrnuje obtížný pohyb a koordinaci paže, ruky i prstů, s dopadem na každodenní aktivity pacienta, jako je sycení, oblékání, hygiena a další. Toto funkční omezení přetrvává přibližně u poloviny přeživších i nadále a přispívá k disabilitě spojené se snížením kvality života (Yavuzer et al., 2008, p. 393; Thieme et al., 2012, p. 315; Levin et al. 2009, p. 94).

Existuje mnoho léčebných postupů založených na neurofyziologickém mechanismu, mezi nimi také zrcadlová terapie, vedoucí k funkčnímu zotavení pomocí kortikální reorganizace. Studie ukazují, jak interakce mezi zrakovým, propriocepčním a motorickými příkazy podněcuje nábor zrcadlových neuronů, čímž poskytují kortikální reorganizaci a funkční zotavení pacientů po CMP (Carvalho et al., 2013, p. 41).

Rehabilitační terapie se obecně zaměřuje na používání paretické části těla k znovuzískání funkce, použitím ZT však můžeme zlepšení funkce dosáhnout pomocí pohybu zdravé končetiny (Ramachandran, 2005, p. 371). Jeví se jako atraktivní volba pro klinické účely, mimo jiné i díky jednoduché a relativně levné realizaci (Young-Rim et al., 2014, p. 7; Yavuzer et al., 2008, p. 393), jejíž hlavní myšlenka spočívá v určitém přeškolení mozku pomocí série pohybů, prováděných zdravou končetinou jedince, jež se odráží v zrcadle a vytváří iluzi pohybu postižené končetiny. Aplikace techniky MT, založené na funkci systému zrcadlových neuronů, ukazuje dobré výsledky u pacientů po CMP především tehdy, je-li kombinovaná s dalšími terapiemi (Carvalho et al., 2013, p. 5-6). Neměla by se proto používat samostatně, ale jako součást multidisciplinárního rehabilitačního programu (Lamont et al., 2011, p. 369; McCabe, 2011, p. 170).

Podmínkou provedení aktivity spojené s manipulací s objektem je správná kontrola kinematiky, dynamiky a interakce HK s prostředím (Gentili et al., 2007, p. 20; Patak et al., 2004, p. 148). Celá HK je systém s mnoha stupni volnosti, jejichž komplexní interakcí dosáhneme cílové pozice. Ramenní segment v průběhu dané aktivity zodpovídá za začátek pohybu a zajišťuje akceleraci i deceleraci loketního kloubu, který pak reguluje kinematiku dalších kloubů HK za účelem stabilizace a dosažení konečné pozice. I když může být představa konkrétního pohybu stejná, provedení dosahu a úchopu se u každého jedince liší. Nervový systém zvolí vhodné synergie a v závislosti na možnostech i zkušenostech daného jedince naplánuje pohyb (Vandenberghé et al., 2010, p. 500-507).

Cílené pohyby HK pacientů po CMP se však od pohybů prováděných zdravými jedinci v mnohém liší. Jsou charakterizovány snížením rychlosti i rozsahu pohybu, zvýšením variability pohybu a většími pohybovými chybami. Tyto následky jsou zapříčiněné segmentací i prostorovou a časovou inkoordinací mezi sousedními klouby a signifikantně korelují s úrovní motorického postižení (Cirstea, Levin, 2000, p. 940; Schaefer et al., 2012, p. 250-251). Navzdory tomuto faktu, však můžeme vidět, že dokonce i jedinci s velmi těžkou motorickou poruchou mohou být schopni dosáhnout cílové pozice. To je dáno použitím různých kompenzačních strategií, jimiž doplňují pohyb o nové stupně volnosti, které za normálních okolností zdravý jedinec nepoužívá. Míra jejich použití souvisí se stupněm motorického postižení. Jedinci s těžším postižením používají tyto stupně ke kompenzaci motorického deficitu, zatímco jedinci s lehkým postižením se více blíží pohybovým vzorům prováděným zdravými jedinci (Cirstea, Levin, 2000, p. 940). To můžeme vidět ve studii Raghavana et al. (2010, p. 3034-43), kteří porovnávali kinematiku prstů pacientů po CMP při zvedání předmětů a našli, že pacienti raději používají kvalitativně odlišné strategie flexe prstů, než aby použili porušenou normální verzi, která je přirozená pro zdravé jedince.

Ve srovnání se zdravými jedinci je u pacientů po CMP trajektorie ruky při dosahu objektů více zakřivená a má pomalejší vrchol rychlosti. Dosah i úchop je navíc modifikován na základě toho, jakým způsobem a za jakým účelem má být objekt uchopen. Při úchopu třemi prsty byl u jedinců po CMP zaznamenán delší čas dosahu a nižší vrchol síly stisku, než při použití palmárního úchopu. (Schaefer et al., 2012, p. 250-262). Dále pacienti používají nadbytečné síly stisku při zvedání objektu palcem

a ukazovákem a během dosahu kompenzují motorické poruchy, mimo jiné větší abdukci ramene a širším otevřením ruky (McDonnell et al., 2006, pp. 1476-7).

Zpomalené zpracování sensorické informace, narušená interkortikální inhibice, zvýšený vliv drah mozkového kmene a následné změny vnitřních vlastností motoneuronů, které následují CMP, mohou být zodpovědné za zpoždění v zahájení a ukončení úchopu. Deficit v manipulaci s objekty se tedy nevztahuje jen ke správnému zaujetí postavení úchopu při otevření a zavření dlaně, ale také k včasnému uvolnění drženého předmětu, které je možné i při limitované aktivitě extenzorů, a to vlivem gravitace v kombinaci s relaxací flexorů prstů. Problém však nastává udržovanou aktivitou flexorů prstů, která je až trojnásobně delší v porovnání se zdravou stranou, což může způsobit vážné potíže ve schopnosti upuštění předmětů u pacientů po CMP (Seo et al., 2009, p. 3108-14).

Ukazuje se, že jedinci po CMP mají větší potíže s dosahem předmětu, pokud je umístěn ve větší vzdálenosti od těla. Tím může porušená aktivace proximálních svalů, která je pro daleký dosah nezbytná, ovlivnit úchop (Kamper et al., 2002, p. 707). Dále je postižena také schopnost adaptace dosahu na měnící se požadavky úkolů, což má následný dopad na provádění běžných denních činností, které vyžadují kontinuální modifikaci a adaptaci dosahu a úchopu vzhledem k měnícím se podmínkám, souvisejícím s odlišnou velikostí, tvarem a hmotností předmětů (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 546-547).

Manipulace s předměty uvnitř ruky vyžaduje komplexní interakci mezi prsty a koordinaci sil (Häger-Ross, Schieber 2000, p. 8542). Je známo, že porucha ruky po CMP není omezena pouze slabostí, ale je spojena i s nedostatečnou kontrolou pohybu prstů (Grichting et al., 2000, p. 1661). U HK je narušena koordinace během dosahu a kontrakce i relaxace agonistů a antagonistů předloktí (Levin et al., 2000, p. 353). U pacientů chybí normální korelace mezi rozevřením prstů a velikostí objektu, která následně vede k nešikovnému úchopu. Nicméně bylo zjištěno, že je tento deficit mnohem méně výrazný, když byl neutrální laboratorní předmět, jako například dřevěný blok, nahrazen dobře známým běžně používaným předmětem. To znamená, že pro běžně používané předměty jsou kognitivní vlivy a předešlé znalosti používány k rozlišení velikosti objektu. Význam přisuzovaný objektu tak může modulovat klasické uchopovací okruhy (Castiello et al., 2005, p. 729).

Funkčnost ruky a prstů je kritickou komponentou rehabilitačního procesu a je nutné mít na mysli, že i když se v zrcadlové terapii soustředíme především na distální část horní končetiny, přesto může její zotavení probíhat pomaleji, než části proximální (Young-Rim et al., 2014, p. 7-10). CMP často postihuje kontrolu síly i schopnost jejího správného použití. S tím pak souvisí funkční omezení, které se odráží v zručnosti úchopu (Kurrilo et al., 2005, p. 138; Seo et al., 2009, p. 3108). Po poškození mozku dochází u mnoha pacientů k ztrátě síly a přesnosti pohybu. Častým funkčním problémem pozorovaným po CMP je neschopnost používání postižené HK v určitých kloubních úhlech. Tento fenomén lze zřejmě přičíst právě spíše ztrátě síly, než ztrátě kontroly (Ada et al., 2003, p. 724, 729).

Bohannon (1991, p. 219-224) našel korelaci mezi maximální svalovou silou v loketních flexorech a deficitem ve volném rozsahu pohybu pacientů po CMP. Tvrdil, že skrz vztah síla-délka svalu v kombinaci s celkovým snížením maximální síly je pohyb narušen v závislosti na úhlu, ve kterém jsou agonisté více zkráceni, nebo nataženi.

U zdravých jedinců jsou síly stisku při úchopu předmětu zpravidla jen o málo vyšší než minimum, kterého je potřeba pro zabránění vyklouznutí předmětu. Pacienti po CMP však používají výrazně větší síly stisku, když drží a zvedají předměty a přemísťují je vertikálně z jednoho bodu do druhého (Johansson a Westling 1984, p. 550-551). Tyto nadbytečně vysoké síly stisku mohou bránit správnému provádění pohybu prstů a vést k těžkým deficitům v manuálních aktivitách běžného života. Pokud je konstantní precizní úchop mezi palcem a ukazovákem narušen zevním zvýšením zátěže, která náhle naruší postavení prstů, musí dojít k odezvě v nastavení stisku tak, aby navrátil jejich správné umístění, přičemž míra schopnosti návratu koreluje se ztrátou senzibility prstů. Dále bylo zjištěno, že průměrný poměr mezi maximální silou stisku a zátěžové síly u pacientů po CMP byl přibližně o 100 % vyšší během zvedání předmětu a až o 120 % vyšší během přenesení předmětu z jednoho bodu do druhého ve srovnání se zdravými jedinci. Dále bylo nalezeno časové prodloužení mezi nástupem síly stisku a začátkem akcelerace, čili času, kterého je potřeba, aby se předmět mohl začít pohybovat. Tento čas slouží k poskytnutí informace o koordinaci mezi svalovými příkazy k distálním svalům prstů uchopujícím objekt a více proximálních svalů HK zapojených při aktuálním zvedacím pohybu. Z toho důvodu se předpokládá, že pacienti po CMP mající problém v koordinaci mezi

prsty a svaly paže, potřebují více času k tomu, aby zajistili bezpečný úchop a uvedli předmět do pohybu (Nowac et al., 2003, p. 857-858).

Nedostatečné generování síly ve svalech paretické HK vede ke kompenzační aktivaci přídatných svalů HK, které se podílí na atypických pohybových trajektoriích během dosahu (McCrea, 2005, p. 2999). Prvními volnými pohyby, které se navracejí po CMP, jsou stereotypní masové vzory flexorových a extenzorových synergií. Teprve s pokračujícím zotavováním se u pacientů rozvíjí schopnost produkovat pohyby i mimo tyto synergistické vzory. Lum et al. (2003, p. 211-217) odhalili, že abnormální neurální spojení mezi motorickými neurony během volního úsilí společně se silovými nepoměry přispívají k synergiím kloubních točivých momentů v paretické končetině. Silové nepoměry jsou vysvětlovány větším zhoršením aktivace v určitých svalových skupinách ve srovnání s jejich antagonisty po CMP. Jedinci s většími silovými nepoměry pak mají tendenci k tvoření větších točivých momentů.

Porušení kontroly síly stisku je tedy podstatným atributem narušeného provádění pohybu postižené HK po CMP. Navíc značně zvýšená síla stisku může facilitovat dřívější únavu svalů ruky, snižovat schopnost provádění jemných manipulačních úkonů s uchopovanými předměty, a tím přispět k větší úrovni neschopnosti v aktivitách běžného denního života (Nowac et al., 2003, p. 859).

## **5.2 Diskuze k výběru použitých měřících metod**

### **5.2.1 ARAT**

Tak jako pro jakýkoliv jiný výzkum bylo i pro naši práci důležité vybrat správné měřící techniky, jež dokážou senzitivně odhalit změny ve funkci HK před a po terapii. První z nich byl test ARAT. Zvládnutí jednotlivých položek ARAT testu komplexně klade nároky na koordinaci, rychlost, zručnost i rozsah pohybu horní končetiny.

Jedná se o standardizovaný přístup, který je schopen detekovat klinicky významné změny funkce HK v akutní i chronické fázi po CMP a zjistit tak míru funkčního zotavení (Mc Donnell et al., 2008, p. 220). Lang et al. (2006, p. 1609) uvedli, že hodnocení ARAT testu je snadno zpracovatelné a samotný průběh testu nevyžaduje složité instrukce. Výhodu viděli také v urychlení času díky možnosti přeskočení jednotlivých položek u pacientů, kteří nejsou schopni provést nejjednodušší

úkol v daném subtestu a dále ve snížení pravděpodobnosti ovlivnění výsledků únavou, která je velkým problémem v mnoha vyšetřeních spojených s funkčními poruchami v brzké době po CMP. Zjistili, že je schopný detekovat pravdivé změny pacientových funkčních schopností HK v několika prvních málo týdnech, či měsících po CMP a to dokonce s jistotou, že zlepšení o 6 a více bodů reprezentuje reálnou a důležitou změnu.

Hsieh et al. (1998, pp. 109-110) podpořil spolehlivost a platnost ARAT testu v hodnocení zotavení funkcí HK u pacientů po CMP srovnáním s výsledky získanými pomocí jiných dobře ověřených měřících technik, hodnotících taktéž motorické postižení HK. Studie Chen et al. (2012, p. 1044) taktéž potvrdila jeho vysokou spolehlivost a dostatečnou prediktivní platnost během zotavení a léčby, a to zejména u pacientů s mírnou až středně těžkou motorickou dysfunkcí HK po CMP. Navíc podpořila pravidla ARAT testu, že pokud jedinec dosáhne nejvyššího skóre v první položce subtestu, následující položky mohou být přeskočeny a automaticky hodnoceny taktéž nejvyšším stupněm, tedy třemi body. Pokud naopak jedinec obdrží nejnižší stupeň hodnocení v druhé položce subtestu, zbylé položky mohou být taktéž přeskočeny s tím, že výsledné skóre subtestu bude nula. Navíc zhodnotili, že úkoly posledního subtestu, konkrétně položení ruky za hlavu a umístění ruky na temeno hlavy hodnotí motorickou funkci HK z jiného aspektu, který se liší od zbývajících položek.

Van Der Lee et al. (2002, p. 646-650) naproti tomu zaznamenali, že použití subtestů takovým způsobem, jak je popisováno v originálním návodu testu, tedy že se použije pouze vybraný subtest, odpovídající předchozí znalosti o pacientových schopnostech, odpovídá pouze patnáct položek. Koh (2006, p. 379) ve své práci zmínil, že nelze předpokládat, že stejná změna skóre testu znamená také stejnou změnu funkčního zlepšení a na základě výsledků navíc doporučil, aby bylo při testování upřednostněno provedení všech devatenácti položek jako celku, namísto použití čtyřech subtestů. Jisté negativní výsledky přinesla také studie Sydney et al., (2012, p. 262) kde bylo zaznamenáno, že množství s úchopem spojených změn, které byly nalezeny u pacientů po CMP, neodpovídalo zjištěnému skóre v ARAT testu.

Nicméně ve studii Van der Lee et al. (2001, p. 110-113) byla mimo potvrzení vysoké spolehlivosti a platnosti ARAT testu u pacientů po CMP zjištěna také jeho souběžná platnost v porovnání s komponentami Fugl Mayer assesment (dále jen FMA)



pro HK, kde je mobilita HK hodnocena více analytickým způsobem oproti ARAT testu. Oba testy jsou však senzitivní k hodnocení zotavení po CMP. Přestože se oba testy ukázaly jako schopné dostatečně spolehlivě detekovat klinicky relevantní změny, byl ARAT test podstatně více citlivý ke zlepšení funkce HK, než motorická část FMA pro HK v chronickém stádiu po CMP. ARAT silně koreluje také s dalšími škálami hodnotící funkci HK jako je například Box a Blocks test (Invernizzi, 2013, p. 311-317).

Co se týče určitých limitů ARAT testu v naší práci, je nutno podotknout, že samotné měření bylo prováděno jedním vyšetřujícím, což klade velké nároky na schopnost sledovat více aspektů najednou, jako je právě čas, provedení úkolu či držení trupu v kontaktu se zádovou opěrkou židle. ARAT víceméně hodnotí schopnost dosáhnout daného cíle úkolu s důrazem zejména na časovou hodnotu, avšak způsob provádění daného typu úkolu příliš nebere v potaz. Samotné měření času je samo o sobě limitováno možností subjektivní chyby z důvodu měření času ručními stopkami. Pro zvětšení přesnosti měření by proto bylo vhodné použít například videozáznam, kterým by se také lépe detekovalo, zdali skutečně nedošlo k odlepení trupu od zádové opěrky, které je důležité z hlediska role, kterou trup v rámci dosahu a úchopu zaujímá, a také k případnému porovnání zlepšení efektivity pohybu.

Celkový výsledek je součtem konkrétních přiřazených hodnot, přičemž mezi bodovým ohodnocením dvěma a třemi body se jedná pouze o rozdíl v čase. U některých pacientů bylo zaznamenáno časové zlepšení, které se ale neodrazilo na výsledku, protože nedošlo k překročení dané časové hranice, a to často jen o minimum, které mohlo být právě způsobeno chybou při měření stopkami. Mimo jiné má na výsledky tohoto měření vliv řada faktorů, které nelze objektivně zhodnotit, jako je soustředěnost pacienta, snaha, únava či nervozita, a také připuštění možnosti jisté disimulace výsledků.

Provádění jednotlivých úkolů ARAT testu klade taktéž nároky na kognitivní funkce, které by bylo vhodné před samotným měřením ověřit. Určitým limitem této práce by mohla být taktéž chybějící informace o sensorických funkcích, jelikož sensorický deficit může ovlivňovat provádění konkrétních úkolů, zejména těch, jež se pojí s velmi jemnými pohyby, jako například manipulace s malou kuličkou.

Co se týká samotného výsledku testu, je nutné podotknout, že dosažení maximálního skóre ještě nemusí nutně znamenat, že je končetina funkčně naprosto

v pořádku a pacient ji dokáže bez problému používat při aktivitách běžného denního života. Právě naopak můžeme vidět, že se mohou pacienti stále potýkat s určitou nešikovností, která může být přítomná i přesto, že dosáhli plného počtu bodů.

### **5.2.2 Dynamometr**

Druhou námi použitou vyšetřovací metodou byl hydraulický ruční dynamometr, jenž se uvádí jako vůbec nejčastěji používaný přístroj pro vyšetření maximální síly stisku. Jedná se o jednoduchou metodu vhodnou k detekci slabosti HK, která je spojena se silou flexe lokte a abdukce ramene (Bertrand 2015, p. 356). Během úchopu předmětu extenzory předloktí stabilizují zápěstí a flexorový mechanismus ruky a předloktí vytváří sílu, která je detekována dynamometrem (Shea, 2007, p. 1).

Bylo zjištěno, že maximální síla stisku velmi úzce koreluje s funkčním stavem HK u pacientů po CMP (Boissy et al., 1999, p. 360), a stejně tak s mírou funkčního zotavení (Harris and Eng, 2010, p. 139, Heller et al. 1987, p. 718), je tedy spolehlivou měřicí metodou pro pacienty s hemiparézou, která může sloužit k dokumentaci vývoje parézy (Bertrand 2015, p.356). Měření síly stisku celou rukou je běžně používáno díky klinicky vyzorované schopnosti detekovat minimální síly dokonce i u pacientů s velmi těžkým postižením HK. Je tedy vhodnější pro měření pacientů s různým rozsahem stupně postižení HK po CMP oproti měření síly precizního úchopu, který je omezen na méně vážné stupně parézy (Kurrilo, 2005, p. 138).

Heller et al. (1987, p. 717) taktéž považuje měření síly stisku za nejvíce senzitivní test v průběhu iniciálního zotavení, protože dokáže dobře zhodnotit nízké hodnoty rozsahu. Proto se domnívá, že by měření síly stisku mělo předcházet jiným měřicím metodám pro funkci HK. Sunderland et al. (1989, p. 1267) navíc navrhli, že měření síly stisku v prvním měsíci po CMP může posloužit jako dobrý předpovědní signál pro kapacitu paretické HK k provádění úkolů v následujících šesti měsících. Síla stisku má tedy vysokou senzitivitu pro předpověď pozdějšího zlepšení. Mnohé další studie navíc ukázaly, že měření iniciální síly HK po CMP ve spojení s vyšetřením funkčních pohybů HK, jsou velmi dobrými prognostickými faktory zotavení HK.

### 5.3 Diskuze k vědecké otázce č. 1

Cílem první vědecké otázky bylo zhodnotit vliv ZT na funkční aktivitu ruky u pacientů po CMP. První dvě hypotézy se zabývaly zhodnocením rozdílu síly stisku a rozdílu celkového skóre ARAT testu před a po aplikaci ZT. Přičemž byl zjištěn statisticky významný rozdíl u obou hypotéz, který potvrdil hypotézy alternativní, tedy že je statisticky významný rozdíl ve změně hodnot jak síly stisku, tak hodnot skóre ARAT testu před a po aplikaci ZT. Zjištěné výsledky prvních dvou hypotéz by tedy mohly vést k závěru, že námi prováděná ZT byla efektivní. Nicméně musíme vzít v potaz, že tyto výsledky nebraly v úvahu hodnoty zjištěné u kontrolní skupiny, jež obdržela pouze standardní rehabilitační terapii bez ZT. Právě tento aspekt byl následně zhodnocen v dalších dvou hypotézách, kde byl porovnáván rozdíl hodnot síly stisku i rozdíl celkového skóre ARAT testu experimentální skupiny v porovnání se skupinou kontrolní. Zde však nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ani v síle stisku a ani v celkovém skóre ARAT testu při porovnání těchto dvou skupin pacientů. Zařazení ZT u experimentální skupiny se tedy neukázalo jako více efektivní oproti srovnání s kontrolní skupinou z hlediska zlepšení funkční aktivity HK. Čímž se poměrně rozcházíme se zjištěnými výsledky nalezenými ve většině studií, kde se ZT ukazuje jako efektivní.

Nalezená studie, která však taktéž nezaznamenala efekt MT na zlepšení funkce HK, byla prováděna Yeldanem et al. (2015, p. 3521) u pacientů v brzkém stadiu po CMP, která začínala přímo na akutní neurologické jednotce a pokračovala formou ambulantní terapie v celkovém trvání 3 týdnů, 20 minut denně. Program ZT zahrnoval různé aktivity ADL, které byly individuálně upraveny pro každého pacienta. Terapie začínala velkými hrubými pohyby a pokračovala k více jemným pohybům s postupnou gradací komplexity. Tito pacienti byli následně porovnání s kontrolní skupinou, která ZT nepodstoupila, přičemž výsledky testů neukázaly staticky signifikantní zlepšení funkce HK ani u jedné skupiny pacientů.

Thieme et al. (2012, p. 317-319) prováděli evaluaci efektu ZT na senzomotorické funkce, ADL a kvalitu života u pacientů s těžkou parézou HK v průběhu 3 měsíců po vzniku CMP. Pacienti byli rozděleni do tří skupin na individuální ZT, skupinovou a kontrolní skupinu. Při individuální i skupinové terapii měli pacienti za úkol pohybovat i postiženou HK za zrcadlem, tak jak bylo možné. První týden prováděli pouze izolované pohyby prstů, zápěstí, předloktí, lokte

a ramen, ve druhém a třetím týdnu pak byly do terapie zařazeny pohyby jako pokládání míče či kostky v odlišných směrech, utírání pracovní plochy tkaninou a další, přičemž typy pohybů, opakování a série terapeut v individuální skupině přizpůsoboval pacientovým schopnostem. Kontrolní skupina dodržovala totožný protokol jako předešlé skupiny, s tím rozdílem, že odrazová plocha zrcadla byla nahrazena dřevěnou plochou. Pacienti se tak dívali přímo na pohyb své nepostižené končetiny a simultánně si představovali, že ten samý pohyb provádí taktéž postiženou končetinou. Délka trvání jednoho sezení činila maximálně 30 minut s celkem 20 sezeními během pěti týdnů. Primární vstupní a výstupní měřicí metody před a po terapii mimo jiné zahrnovali FMA a ARAT. Přičemž výsledné skóre ARAT testu se po intervenci signifikantně zlepšilo u všech tří skupin pacientů a nebyly zaznamenány signifikantní skupinové rozdíly. Motorické skóre FMA testu pro HK se zvýšilo taktéž u všech pacientů bez rozdílů mezi jednotlivými skupinami.

Podobná studie Invernizziho et al. (2013, p. 311-313), která však byla na rozdíl od předešlé úspěšná, hodnotila, zdali doplnění konvenční terapie o MT může zlepšit motorické zotavení HK u pacientů po CMP v subakutním stadiu s parézou HK. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Obě skupiny obdrželi konvenční terapii, přičemž experimentální skupina měla do programu navíc zařazenou MT v délce trvání 30 minut denně v průběhu prvního týdne a v následujících dvou týdnech prodlouženou na 1 hodinu. Primárním hodnotícím testem byl stejně jako v naší práci ARAT test. Cvičební jednotka používala flekčně-extenční pohyby ramene, lokte a zápěstí a pronačně-supinační pohyby předloktí. Kontrolní skupina prováděla identické cvičení stejného trvání, avšak s překrytou odrazovou plochou zrcadla. Po měsíci léčby došlo k statisticky signifikantnímu zlepšení u obou skupin, nicméně pacienti s MT vykazovali větší zlepšení v hodnotách ARAT ve srovnání s kontrolní skupinou.

V nedávné studii se Kyunghoom et al. (2016, p. 484-485) taktéž snažili odhalit efekt MT na funkci HK a na aktivity běžných denních činností. Podmínkou zařazení do studie byla hemiparéza trvající alespoň 6 měsíců. 12 pacientů tvořilo skupinu s MT a 13 skupinu s konvenční terapií. Jednalo se o ambulantní pacienty. Terapie byla aplikována 30 minut denně, 5 dní v týdnu v celkovém trvání 4 týdnů. Rozdíly funkce HK byly měřeny testem ARAT s následným porovnáním rozdílů v každé skupině, a také mezi skupinami. Byl odhalen signifikantní rozdíl v obou skupinách po 4 týdnech terapie, avšak skupina s MT vykazovala navíc signifikantní zlepšení ve srovnání

s kontrolní skupinou jak ve funkci HK, tak v ADL. Program MT zahrnoval dosahové, úchopové i manipulační aktivity jako skládání ručníku, utírání stolu, mačkání houby, obracení karet, psaní na stroji. Kontrolní skupina se zaměřovala na zlepšení funkce HK pomocí ADL tréninku různých aktivit.

Studie hodnotící vliv ZT na sílu stisku byla prováděna Sathianem et al. (2000, p. 75), který zjistil, že dva týdny intenzivní zrcadlové terapie zlepšují sílu stisku u pacientů v chronickém stadiu a stejně tak i pohyb horní končetiny. Stevens a Stoykov (2003, p. 1090-1092) zkoumali efektivitu použití ZT po dobu 4 týdnů u dvou hemiparetiků v chronickém stadiu po CMP. Samotná ZT trvala přibližně 30 minut a probíhala v průběhu prvního týdne takovým způsobem, že se pacienti nejprve učili identifikovat odraz ruky v zrcadle a sžít se s představou, že je tato ruka opravdová schopná volného pohybu. V následujících týdnech prováděli relativně jednoduché manipulační úkoly s objekty. A poslední týden byly do terapie zařazeny komplexní manipulační úkoly jako například kreslení geometrických tvarů. Výkon paretické HK se po intervenci zlepšil, což bylo dokázáno zvýšením výsledků vyšetření i funkčnosti a sníženým časem pohybu. Zlepšení výkonu nad hranici vstupního měření navíc stabilně přetrvávalo více než tři měsíce poté. Měření bylo prováděno opakovaně, a to před začátkem terapie, třikrát v průběhu terapie a 1. a 3. měsíc po terapii. K hodnocení byly mimo jiné použity testy FMA a měření síly stisku. FMA se výrazně zvýšil v průběhu intervence s mírným zvýšením během tří následujících měsíců. První pacient měl značné neměnné zvýšení v síle stisku postižené končetiny, zatímco druhý pacient projevoval globální zlepšení, avšak s nepravidelným průběhem změn. U obou pacientů byl navíc významně snížen čas pohybu pro provádění tří položek z Jebsen testu (zvedání lehkých a těžkých plechovek na nízkou policičku a přetáčení karet).

#### **5.4 Diskuze k vědecké otázce č. 2**

Druhá vědecká otázka si klade za cíl zhodnotit, zdali existuje vzájemný vztah mezi změnou funkční aktivity HK a síly stisku ruky u pacientů po CMP. Přičemž bylo zjištěno, že mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku před a po ZT existuje statisticky významná závislost. Zjištěná vzájemná korelace mezi ARAT testem a dynamometrem může napomoci k rozhodnutí, jaký test je vhodné zvolit

k měření funkce HK pro individuální skupiny pacientů a dává možnost volby mezi testy, které máme právě k dispozici.

Vztah mezi silou stisku, ARAT testem a dalšími čtyřmi testy hodnotícími taktéž funkci HK zkoumali Beebe a Lang (2009, pp. 96-101) u pacientů v průběhu prvního půl roku po vzniku CMP, kde zaznamenali vzájemnou korelaci všech testů včetně reakce na změny v průběhu zotavení, čímž potvrdili vhodnost použití těchto testů pro měření pacientů s hemiparézou v průběhu prvních šesti měsíců zotavení.

Lang et al. (2006, p. 1609) taktéž zjišťovali souvislost mezi ARAT testem a měřením stupně postižení síly. Jeho nálezy, že měření síly HK má nejpevnější spojení právě s ARAT testem souhlasil, ze současným stanoviskem, že ohrožení motorických funkcí po CMP je přímým výsledkem slabosti svalů. Canning (2004, p. 304) zjistili, že ztráta síly flexorů a extenzorů lokte přispívá více signifikantně k fyzické disabilitě než ztráta zručnosti a schopnosti koordinace svalové aktivity v provádění motorických úkolů po CMP. Bohannon et al. (1991, p. 684) našli, že izometrická síla flexorů lokte měřená ručním dynamometrem koresponduje s prováděním tří jednotlivých manévřů skládajících se z pohybů ruky do úst. I jeho výsledky tedy naznačují, že jak deficit aktivního pohybu, tak svalová síla mohou být důležité pro funkci HK. Podobně Boissy et al. (1999, p. 354) hodnotili vztah mezi silou stisku paretické HK a její funkcí, mimo jiné pomocí testů FMA a Box and blocks u pacientů v chronickém stádiu CMP. Zjistili, že síla stisku vysoce koreluje s funkčními poruchami HK.

Měření síly stisku tedy může být považováno za reprezentativní náhradu k zhodnocení motorické poruchy. Patten (2004, p. 293) poskytl důkazy, které naznačují, že ačkoli slabost, přítomná u hemiparetiků, není jediným aspektem postižení, signifikantně narušuje pohybové funkce, čímž přispívá k motorické disabilitě a s tím spojené schopnosti daného jedince provádět aktivity běžných denních činností po CMP. Proto zkoumání různých aspektů slabosti jako rozsah síly, nízká produkce síly, únavnost, nadbytečné používání síly i neefektivní produkce síly může poskytnout lepší pochopení specifické povahy motorického postižení, a tím identifikovat potenciální strategie k zmírnění efektu a podpoření funkčního provádění a participaci v aktivitách.

## 5.5 Limity testovaného souboru

Limitem práce byla variabilita souboru z hlediska věku probandů, pohlaví, dominance končetin, místa léze, postižení konkrétní struktury, stádia nemoci i tíže neurologického deficitu a přítomnosti celkových klinických příznaků. Stejně tak musíme vzít v potaz faktory spontánního zotavení, které probíhá u každého jedince v různé míře a po různě dlouho dobu.

Protože je ZT pouze terapií doplňkovou, nesmíme opomenout vliv dalších terapií, které probíhají u pacientů v období hospitalizace na rehabilitačním oddělení, jejichž účinky ovlivňují značnou mírou výsledky měření. Každý pacient má do programu zařazenou individuální terapii, skládající se z různých léčebných postupů, sestavenou konkrétním terapeutem tak, aby se zaměřila nejvíce na nejmarkantnější problémy pacienta. Nejednalo se tedy o standardizovaný léčebný proces zaměřený pouze na funkci HK.

Dominance HK mohla sehrát roli ve stranovém porovnání obou končetin, které bylo základem obou námi zvolených testů. U některých pacientů byla totiž postižená končetina zároveň jejich dominantní, což mohlo ovlivnit výsledky jinou mírou oproti pacientům se zdravou dominantní končetinou.

Dalším nedostatkem ohledně stranového porovnání může být také zjištění, zaznamenané některými studii, že unilaterální mozkové léze se nemanifestují pouze v končetině kontralaterální k místu léze, jak je obecně známo, ale existují i jisté deficity, postihující schopnost dosahu taktéž na ipsilaterální straně, tedy v končetině, kterou považujeme za zdravou (Haaland et al., 2004, p. 1145; Nowak et al. 2007, p. 3181-3182). Studie zkoumající motorické problémy v ipsilaterální končetině zjistili, že lehce zhoršená rychlost a síla jsou faktorem, který přispívá k problémům spojených s dosahem i ve zdravé HK (Bae et al., 2015, p. 759).

Zjištěné bilaterálně se manifestující poruchy ve funkci ruky po CMP zřejmě souvisí s poznatkem, že 10-30 % vláken v laterálním kortikospinálním traktu je nezkřížených (Shumway-Cook, Woollacott, 2012, p. 478). Je však otázkou jak velké tyto deficity v ipsilaterální končetině ve skutečnosti jsou a zdali je dokáže test ARAT či dynamometr vůbec detekovat.

Jiné zajímavé zjištění, které by mohlo ovlivnit stranové porovnání funkce HK při testování je, že deficit dosahu a úchopu se může lišit v závislosti na straně léze. Tretriluxana et al. (2009, p. 679) zkoumali roli specializace hemisfér

ve vizuomotorické transformaci přednastavení tvaru úchopu a koordinaci mezi transportem a úchopem u jedinců po CMP. Čas pohybu se prodloužil u skupiny pacientů s pravostrannou hemiparézou, zatímco u levostranné nikoliv. Autoři se domnívají, že levá hemisféra je specializována pro vizuomotorickou transformaci přednastavení úchopu, zatímco pravá je spojená s koordinací transportu a úchopu.

Je také nutné brát v potaz, že efekt terapie může být odlišný ve vztahu ke stupni závažnosti parézy a spontánnímu zotavení motorických funkcí, jehož stupeň a rozsah závisí na postižené oblasti mozku a stupni disability, přičemž se udává, že u většiny pacientů probíhá zotavení v největší míře v průběhu prvních třech měsíců od cévní mozkové příhody, poté se typicky zpomaluje po šesti měsících a fáze plató dosahuje na konci prvního roku (Myung Mo et al., 2012, p. 690; Young-Rim et al., 2014, p. 7). To je důvod k předpokladu, že by zrcadlová terapie mohla být nejvíce efektivní právě v období prvních tří měsíců od vzniku CMP. Většina předešlých studií týkajících se zrcadlové terapie byla prováděna u pacientů v chronickém stádiu nemoci. Jsou však známy i takové, ve kterých autoři zaznamenali zlepšení i u pacientů v akutním stádiu, a to dokonce s těžkým až kompletním motorickým postižením (Invernizzi et al., 2013, p. 312). Dohle et al. (2009, p. 212-214) použili MT u 36 pacientů s těžkou hemiparézou v subakutním stádiu v délce trvání 6 týdnů 30 minut denně, 5 dní v týdnu. U 25 pacientů s distální plegií HK na začátku terapie došlo vlivem MT k zlepšení motorického zotavení a povrchového cití distální části.

I přes tvrzení, že se iniciální těžká paréza ukazuje jako negativní prognostický faktor pro chudé zotavení (Kwakkel, 2003 p. 2181), můžeme vidět, že zařazení zrcadlové terapie k obvyklým rehabilitačním postupům právě u takových pacientů může být efektivnější pro podporu zotavení než obvyklé rehabilitační postupy.

## **5.6 Diskuze k metodice terapie**

Samotné vypracování metodického postupu zrcadlové terapie bylo založeno na poznacích zjištěných z dříve prováděných studií. Důvodem bylo dosáhnout co možná nejvyšší efektivity ZT. I zde však byly určité limity, které je nutné zmínit. Za vůbec největší limit považují množství celkového počtu provádění ZT, které bylo v porovnání s nalezenými studii opravdu nízké. Proto by bylo pro další výzkumy



jistě vhodné zařadit větší počet terapií, případně zaučit a motivovat pacienta natolik, aby byl schopen terapii provádět samostatně, avšak správným způsobem.

Za nejvíce stěžejní v rámci provádění ZT a jejího následného efektu považuji samotnou charakteristiku pacientů, a to jak z hlediska kognitivních schopností, tak celkového přístupu a motivace pacienta, jež se odráží v jeho snaze a schopnosti uvěřit zrakové iluzi, která je u každého pacienta odlišná, avšak pro efekt ZT naprosto nezbytná. V příštích studiích bych proto doporučovala klást velký zřetel právě na tuto schopnost s ujištěním se, že pacient skutečně pochopil, co od něj terapie vyžaduje. Z tohoto důvodu by bylo přínosem zhodnotit kognitivní schopnosti pacienta před začátkem terapie, například použitím Mini Mental State Examination jako ve studii Young-Rim et al. (2014, p.7). Dále považuji jako více přínosné nezahltit pacienta hned při prvních terapiích řadou úkonů, které musí provádět, ale nechat mu právě dostatek času, aby byl schopen sžít se s představou odraženého pohybu. Z hlediska této problematiky se mi jevilo jako vhodné představit pacientovi zrcadlo spíše jako okno, přes které se dívá na postiženou končetinu. Tohoto poznatku jsem u některých pacientů využila. U jednoho pacienta však byla schopnost uvěření této iluze natolik markantní, že po odstranění zrcadla nastal opačný problém, kdy pacient nemohl věřit, že s končetinou najednou reálně pohybovat nelze. Zaujetí pacientova stanoviska tedy považuji za klíčové, proto navrhuji při příštích terapiích zaznamenávat si pacientovi subjektivní pocity, jak terapii snáší, jestli je pro něj příjemná, dokáže se vžít do iluze a vnímá tuto terapii jako přínosnou. K těmto postojům pacienta bych následně přihlédla při konečném výstupním měření.

Co se týče kapacity volných prostor pro provádění ZT, museli jsme v některých případech přistoupit k variantě provádění ZT přímo na pokoji pacienta, kde nebylo možné úplné odstranění rušivých elementů. Tím mohla být efektivita ZT značně snížena, protože schopnost koncentrace zde hraje velmi důležitou roli. Nicméně i při provádění ZT v samostatné místnosti nebylo zajištění podmínek zcela ideální, co se týče například stranové jednotvárnosti místnosti, tedy ideálně čtyři bílé stěny.

Velmi důležité jsou i charakteristiky týkající se zrcadla a jeho umístění. Zde nepovažuji standardní umístění zrcadla u každého pacienta za vhodné. Z hlediska vnímání odrazu se mi jevilo jako více přínosné, aby si pacient individuálně nastavil úhel posunutí zrcadla od své střední osy dle vlastní potřeby. Určitý nedostatkem, zaznamenaným pouze některými pacienty, bylo i minimální rozostření obrazu linií

ruky, což mohlo negativně ovlivnit schopnost vnímání končetiny. Stejně tak striktní odstranění předmětů z HK, které by mohly ovlivnit terapii, nebylo vždy možné. Minimalizovat rušivé artefakty jsme se snažili alespoň řádným očištěním zrcadla a odstraněním předmětů v okolí zrcadla.

Zvolené pohyby v průběhu ZT zahrnovaly dva základní typy, a to jednoduché analytické pohyby a pohyby funkční, které byly prováděny s použitím různých pomůcek. Dle studií se jako více efektivní ukazuje především zařazení pohybů funkčních. Studie ukazují jejich pozitivní efekt na funkci horní končetiny, který na rozdíl od zařazení pouze analytických pohybů přetrvává i po skončení terapie. Studie často porovnávají rozdíl efektivity těchto dvou typů pohybů. Zde nemáme možnost porovnání, protože do terapie byly zařazeny oba typy. Proto by bylo vhodné v dalších výzkumech experimentální skupinu rozdělit na dvě podskupiny pacientů, z nichž jedna obdrží pouze terapii s jednoduchými pohyby a druhá pouze s funkčními. Rozdíl je vysvětlován větší koncentrací pacienta při provádění funkčních úkolů, které jsou pro něj zajímavější, než jen opakování neúčelných pohybů (Young-Rim et al., 2014, p. 6, 11). Baek 2009 našel, že opakování jednoduchých pohybů při ZT vedlo sice k zlepšení v průběhu prvních čtyřech týdnů léčby, avšak poté bylo následováno pozvolným snížením funkce. Pozitivní efekt terapie se tedy po čase vytrácel. Yoo 2010 taktéž naznačil, že funkční zlepšení komplexních pohybů je limitováno, pokud je terapie zaměřena pouze na jednoduché pohyby, jako je pronace supinace nebo flexe a extenze prstů, které omezují funkční zotavení složitějších pohybů prováděných HK. Tento předpoklad byl také podpořen studií Wu et al. (2000, pp. 99-100) ve funkčně orientovaném programu kde pacienti zdvihali minci. Zde se ukázalo, že léčba byla více efektivní, když byla použita mince, než když byl tento samý pohyb prováděný bez ní. Young-Rim et al. (2014, pp. 6-10) porovnávali, jak se liší efekt ZT u pacientů po CMP v chronickém stádiu, jestliže jsou používány jednoduché pohyby HK oproti ZT, při které pacienti prováděli pohyby funkční spojené s úkoly každodenních činností. Terapie zaměřená na jednoduché pohyby obsahovala podobně jako naše pět základních pohybů, a to střídání pronace a supinace předloktí, flexi a extenzi zápěstí i prstů, počítání prstů a opozici jednotlivých prstů, přičemž každý pohyb byl zopakován celkem desetkrát. Funkčně orientovaná ZT byla zaměřená na manipulaci s míčkem, kleštěmi, sprejem, tmelem, mincí, lžící, těžkou plechovkou a ručníkem. Po celkem patnácti třicetiminutových terapiích se zrcadlem se funkce HK zlepšila u obou skupin

pacientů, nicméně u těch, kteří prováděli v průběhu ZT pouze jednoduché pohyby, nebylo toto zlepšení po ukončení terapie nadále udržováno, právě naopak došlo dokonce k poklesu. Oproti tomu u pacientů, kteří měli do terapie zařazeny pohyby funkční, pokračovalo zlepšení funkce HK i po ukončení terapie.

Podobně Stevens a Stoykov (2003, pp. 1090-92) zaznamenali celkové zlepšení funkce HK na základě FMA testu u pacientů, kteří prošli ZT. Přičemž funkce HK se zlepšila průměrně o 21 % u pacientů používajících pouze jednoduché pohyby a o 31 % u pacientů s pohyby funkčními. Tohoto jevu si povšimnul také Baek (2009), který zjistil, že efekt léčby se po čase snížil, když byli pacienti požádáni, aby prováděli stále stejné jednoduché pohyby při ZT. Během několika prvních týdnů kdy se pacienti plně koncentrovali na provádění pohybu, měla terapie pozitivní efekt, v průběhu času se však pacienti začali nudit jednoduchými pohyby a terapii odmítali, zatímco zařazení funkčních pohybů u druhé skupiny pacientů udržovalo jejich koncentraci.

Důvod rozdílných výsledků jednoduché terapie proti funkčně orientované může být vysvětlen jak únavou, tak jistým odporem pacientů vůči jednoduchým pohybům, které nejsou pro pacienta tolik zajímavé a postrádají pro něj smysl, po delší době se pak pacient nudí jejich prováděním a ztrácí tím soustředěnost, která je pro tuto terapii nezbytná (Young-Rim et al. 2014, p. 11; Carvalho et al., 2013, pp. 45-6).

Právě tento problém se mohl objevit i v naší práci, kde byly typy úkolů omezeny pouze na ty, které jsem pacientovi sama zadala, a proto mohl být přínos zlepšení funkce HK limitován. Proto by mohlo být přínosem omezit zařazení jednoduchých úkolů, které více predisponují k rozvoji nepozornosti a únavy a rozšířit naopak výběr funkčních pohybů, které si pacient sám zvolí dle svých zájmů.

Všechny pohyby byly při ZT prováděny takovým způsobem, že se pacienti snažili pohybem postižené končetiny co nejvíce napodobit pohyby končetiny zdravé. Tento způsob byl zařazen do naší práce záměrně na základě výsledků některých studií (Yavuzer et al., 2008, p. 395, Summerse et al., 2007, pp. 80-81), kde se bilaterální provádění pohybů ukázalo jako více prospěšné pro facilitaci motorických funkcí. Protože jsou obě ruce jedince spojeny v čase a prostoru (Jackson et al., 1999, p. 247), může být efekt MT dán správným použitím obou rukou během terapie.

Je známo, že bilaterální pohyb během cvičení pohybů ADL zlepšuje určité aspekty provádění úkolů, jako jsou rychlost, čas, kontrola postoje a další, ve srovnání s pohybem pouze postižené končetiny (Young-Rim et al. 2014, p. 11). Přestože ZT

nezahrnuje pohyby postiženou končetinou, zdá se, že má podobný neurologický efekt a produkuje benefity podobné těm, které pramení z bilaterálního tréninku. Optická iluze pacienta, že provádí pohyb také postiženou končetinou, může díky aktivaci zrcadlových neuronů indukovat pohyb postižené strany za zrcadlem. Tím může ZT zlepšit provádění pohybu obou rukou a to i tehdy, pokud se pacient pouze pokouší o pohyb postiženou HK (Franz, Packman, 2004, p. 174-5). Z hlediska nuceného používání horní končetiny, které má na funkci HK pozitivní účinek, nemůžeme s jistotou vyloučit, zdali zlepšení funkce končetiny u probandů nesouvisí spíše než se samotnou zrcadlovou terapií právě s bilaterálním tréninkem (Whitall et al. 2011, p. 126), který může facilitovat vyvážení asymetrie hemisférické kortikomotorické excitability po CMP, a tím způsobit zlepšení motorických dovedností postižené končetiny (Murase et al., 2004, p. 400). Ve studii Michielsen et al. (2011, p. 395) byla ZT použita u pacientů po CMP, kteří prováděli unimanuální a bimanuální úkoly, přičemž našli signifikantní zvýšení aktivity v konkrétní části mozku a zlepšení schopnosti pohybu právě během provádění bimanuálních úkolů, zatímco během unimanuálních nikoliv. Na základě těchto poznatků mi proto přišlo vhodnější, aby si každý pacient zvolil sám rychlost provádění pohybů v závislosti na schopnostech postižené HK, a tím eliminoval diskrepance mezi obrazem a skutečným pohybem.

Lee (2010) použil FMA vyšetření HK po 10 MT k zhodnocení funkce jednotlivých částí postižené končetiny a zaznamenal zlepšení funkce ramene, lokte, předloktí, zápěstí i ruky. Současné studie se při ZT, stejně jako v naší práci, však převážně zaměřují na funkci distálních kloubů, než na funkci kloubů proximálních. Je nutné vzít v potaz, že přirozeně se rychlost zotavení distálních kloubů realizuje pomaleji než proximálních, a to i přesto, že se MT zaměřuje na distální klouby (Young-Rim Paik et al. 2014, p. 7).

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla objektivizace efektu zrcadlové terapie horní končetiny u hemiparetiků po cévní mozkové příhodě hodnocena pomocí klinického testu ARAT a dynamometru. Použitím testu ARAT byla zhodnocena funkční schopnost pacienta provádět jemné i hrubé pohyby horní končetinou a pomocí dynamometru maximální síla stisku. Probandi byli rozděleni do dvou skupin. Obě skupiny podstoupily standardní rehabilitační léčbu, experimentální skupina měla však do programu navíc zařazenou zrcadlovou terapii.

Ačkoli byl na základě statistického zpracování výsledků zjištěn statisticky významný rozdíl jak v hodnotě síly stisku, tak ve změně celkového skóre ARAT testu před a po zrcadlové terapii u experimentální skupiny, následné porovnání s kontrolní skupinou nevykazovalo statisticky významné rozdíly ani v jednom z uvedených testů. Důvodem těchto výsledků by zřejmě mohl být nižší počet terapií se zrcadlem v porovnání se studii, které ukázaly pozitivní efekt této terapie. Mimo efekt terapie byla navíc hodnocena závislost mezi změnou výsledku ARAT testu a změnou síly stisku, která se ukázala jako statisticky významná.

## REFERENČNÍ SEZNAM

ADA, L., CANNING C. G., LOW, S. L. 2003. Stroke patients have selective muscle weakness in shortened range. *Brain* [online]. 2003, vol. 126, no. 3, pp. 724-731. ISSN 1460-2156. <http://brain.oxfordjournals.org/content/brain/126/3/724.full.pdf>

ALTSCHULER, E. L., WISDOM, S. B., STONE, L., FOSTER, CH., GALASKO, D., LEWELLYN, D. M., RAMACHANDRAN, V. S. 1999. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with mirror. *The Lancet*. 1999, vol. 353, no. 9169, pp. 2035-2036. ISSN 0140-6736.

ANDERSEN, R. A., BUNEO, C. A. Intentional maps in posterior parietal cortex. *Annual Review of Neuroscience* [online]. 2002, vol. 25, p. 189-220. ISSN 0147-006X. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/e953/407f3450ef494dedd2e85bb5fe71d604c824.pdf>

BAE, J. H., KANG, S. H., SEO, K. M., KIM, D., SHIN, H. I., & SHIN, H. E. 2015. Relationship Between Grip and Pinch Strength and Activities of Daily Living in Stroke Patients. *Annals Of Rehabilitation Medicine* [online]. 2015, vol. 39, no. 5, pp. 752-762. ISSN 2234-0645.

BEEBE, J. A., LANG, C. E. 2009. Relationships and responsiveness of six upper extremity function tests during the first 6 months of recovery after stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy* [online]. 2009, vol. 33, no. 2, pp. 1-15. ISSN 1557-0584. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2810625/pdf/nihms168702.pdf>.

BERTRAND, A. M., FOURNIER, K., WICK BRASEY, M., KAISER, M., FRISCHKNECHT, R., & DISERENS, K. 2015. Reliability of maximal grip strength measurements and grip strength recovery following a stroke. *Journal Of Hand Therapy* [online]. 2014, vol. 28, no. 4, pp. 356-362. ISSN 1545-004X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0894113015000915>.

BINKOFSKI, F., DOHLE, C., POSSE, S., STEPHAN, K. M., HEFTER, H., SEITZ, R. J., FREUND, H. 1998. Human anterior intraparietal area subserves prehension: A combined lesion and functional MRI activation study. *Neurology* [online]. 1998, vol. 50, no. 5, pp. 1253-1259. ISSN 0028-3878. Dostupné z: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp3.19.0a/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=fulltext&D=ovft&AN=00006114-199805000-00016&NEWS=N&CSC=Y&CHANNEL=PubMed>.

BOHANNON, R.W. 1991. Relationship between active range of motion deficits and muscle strength and tone at the elbow in patients with hemiparesis. *Clinical Rehabilitation*. 1991, vol. 5, no.3, pp. 219–224. ISSN 219-224.

BOHANNON, R. W., WARREN, M. E., & COGMAN, K. A. 1991. Motor variables correlated with the hand-to-mouth maneuver in stroke patients. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*. 1991, vol. 72, no. 9, pp. 682-684. ISSN 0003-9993.

BOISSY, P., BOURBONNAIS, D., CARLOTTI, MM., GRAVEL, D., ARSENAULT, BA. 1999. Maximal grip force in chronic stroke subjects and its relationship to global upper extremity function. *Clinical Rehabilitation* [online]. 1999, vol. 13, no. 4, pp. 354-362. ISSN 02692155. Dostupné z: <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/6718/article5.pdf>.

BRUNER, J. S., KOSLOWSKI, B. 1972. Visually preadapted constituents of manipulatory action. *Perception* [online]. 1972, vol. 1, no. 1, pp. 3-14. ISSN 0301-0066. Dostupné z: <http://pec.sagepub.com/content/1/1/3.full.pdf+html>.

BUCCINO, G., BINKOFSKI, F., RIGGIO, L. 2004. The mirror neuron system and action recognition. *Brain And Language*[online]. 2004, vol. 89, no. 2, pp. 370–376. ISSN 0093-934X.

CANNING, C. G., ADA, L., ADAMS, R., O' DWYER, N. J. 2004. Loss of strength contributes more to physical disability after stroke than loss of dexterity. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2004, vol. 18, no. 3, pp. 300-308. ISSN 02692155. Dostupné

z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=d04d86d5-4f20-4817-b11c-645b50e6379b%40sessionmgr4002&hid=4104>.

CARSON, R. G. 2005. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. *Brain Research Reviews* [online]. 2005, vol. 49, no. 3, pp. 641-662. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S0165017305000482/1-s2.0-S0165017305000482-main.pdf>.

CARVALHO, D., TEIXEIRA, S., LUCAS, M., YUAN, T., CHAVES, F., PERESSUTTI, C., ARIAS-CARRIÓN, O. 2013. The mirror neuron system in post-stroke rehabilitation. *International Archives Of Medicine*. 2013, vol. 6, no. 41, pp. 41-47. ISSN 1755-7682.

CASTIELLO, U. 2005. The neuroscience of grasping. *Nature Review Neuroscience* [online]. 2005, vol. 6, no. 9, pp. 726-736. ISSN 1471-003X. Dostupné z: [http://www.psy.unipd.it/~varotto/diego\\_file/Castiello.pdf](http://www.psy.unipd.it/~varotto/diego_file/Castiello.pdf).

CATTANEO, L., RIZZOLATTI, G. 2009. The mirror neuron system. *Archives Of Neurology* [online]. 2009, vol. 66, no. 5, pp. 557-560. ISSN 0003-9942. Dostupné z: [http://archpedi.jamanetwork.com/data/Journals/NEUR/7756/nnr80012\\_557\\_560.pdf](http://archpedi.jamanetwork.com/data/Journals/NEUR/7756/nnr80012_557_560.pdf).

CIRSTEA, M. C., LEVIN, M. F. 2000. Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain* [online]. 2000, vol. 123, no. 5, pp. 940-953. ISSN 1460-2156. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/brain/123/5/940.full.pdf>.

COOPER, N. R., PUZZO, I., PAWLEY, A. D., BOWES-MULLIGAN, R. A., KIRKPATRICK, E. V., ANTONIOU, P. A., KENNETT, S. 2012. Bridging a yawning chasm: EEG investigations into the debate concerning the role of the human mirror neuron system in contagious yawning. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*. 2012, vol. 12, no. 2, pp. 393-405. ISSN 1531-135X.

CRUZ, E. G., WALDINGER, H. C., KAMPER, D. G. 2005. Kinetic and kinematic workspaces of the index finger following stroke. *Brain. A Journal Of Neurology*



[online]. 2005, vol. 128, no. 5, pp. 1112-1121. ISSN 1460-2156. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/brain/128/5/1112.full.pdf>.

DOHLE, C., PÜLLEN, J., NAKATEN, A., KÜST, J., RIETZ, C., KARBE, H. 2009. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: A randomized controlled trial. *Neurorehabilitation And Neural Repair* [online]. 2009, vol. 23, no. 3, pp. 209-217. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://www.fisioterapiamarlenemuller.com.br/pdfs/DOHLE,2008%20Mirror%20therapy%20promotes%20recovery%20from%20severe%20hemiparesis.pdf>.

ESPARZA, D. Y., ARCHAMBAULT, P. S., WINSTEIN, C. J., LEVIN, M. F. 2003. Hemispheric specialization in the co-ordination of arm and trunk movements during pointing in patients with unilateral brain damage. *Experimental Brain Research* [online]. 2003, vol. 148, no. 4, pp. 488-497. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=37&sid=d7a2f3a4-a3db-4098-a01b-cbc43884a0f6%40sessionmgr4005&hid=4212>.

EZENDAM, D., BONGERS, R. M., JANNINK, M. A. 2009. Systematic review of the effectiveness of mirror therapy in upper extremity function. *Disability & Rehabilitation* [online]. 2009, vol. 31, no. 26, pp. 2135-2149. ISSN 09638288. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=21&sid=ca3d212a-995f-4fef-8c6f-59e54fc932b1%40sessionmgr4001&hid=4104>.

FADIGA, L., CRAIGHERO, L., OLIVIER, E. 2005. Human motor cortex excitability during the perception of others' action. *Current Opinion Neurobiology* [online]. 2005, vol. 15, no. 2, pp. 213-218. ISSN 0959-4388. Dostupné z: [http://www.robotcub.org/misc/papers/05\\_Fadiga\\_Craighero\\_Olivier.pdf](http://www.robotcub.org/misc/papers/05_Fadiga_Craighero_Olivier.pdf).

FRANZ, E. A., PACKMAN, T. 2004. Fooling the brain into thinking it sees both hands moving enhances bimanual spatial coupling. *Experimental Brain Research* [online]. 2004, vol. 157, no. 2, pp. 174-180. ISSN 0014-4819. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Liz\\_Franz/publication/8881510\\_Fooling\\_the\\_brai](https://www.researchgate.net/profile/Liz_Franz/publication/8881510_Fooling_the_brai)

n\_into\_thinking\_it\_sees\_both\_hands\_moving\_enhances\_bimanual\_spatial\_coupling\_Exp\_Brain\_Res/links/0f31753367fbd96b4c000000.pdf/download?version=va.

FRIEDLI, W. G., HALLETT, M., SIMON, S. R. 1984. Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements 1. Electromyographic data. *Journal Of Neurology, Neurosurgery, And Psychiatry* [online]. 1984, vol. 47, no. 6, 611-622. ISSN 0022-3050. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=23&sid=d7a2f3a4-a3db-4098-a01b-cbc43884a0f6%40sessionmgr4005&hid=4212>.

FUKUMURA, K., SUGAWARA, K., TANABE, S., USHIBA, J., TOMITA, Y. 2007. Influence of mirror therapy on human motor cortex. *International Journal Of Neuroscience* [online]. 2007, vol. 117, no. 7, pp. 1039-1048. ISSN 00207454. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=7432cce8-3cb2-4edf-b595-0cfd1e903011%40sessionmgr4002&hid=4112>

FUNASE, K., TABIRA, T., HIGASHI, T., LIANG, N., KASAI, T. 2007. Increased corticospinal excitability during direct observation of self-movement and indirect observation with a mirror box. *Neuroscience Letters* [online]. 2007, vol. 419, no. 2, pp. 108-112. ISSN 0304-3940.

GARRY, M. I., LOFTUS, A., SUMMERS, J. J. 2005. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Experimental Brain Research* [online]. 2005, vol. 163, no. 1, pp. 118-122. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-005-2226-9>

GAZZOLA, V., RIZZOLATTI, G., WICKER, B., KEYSERS, C. 2007. The anthropomorphic brain: the mirror neuron system responds to human and robotic actions. *Neuroimage* [online]. 2007, vol. 35, no. 4, pp. 1674–1684. ISSN 1053-8119.

Dostupné z: [http://ac.els-cdn.com/S1053811907000961/1-s2.0-S1053811907000961-main.pdf?\\_tid=9d4ff0a6-056b-11e6-b608-00000aab0f01&acdnat=1460987224\\_200b8dc6e630b23212ba1503ef5d3c83](http://ac.els-cdn.com/S1053811907000961/1-s2.0-S1053811907000961-main.pdf?_tid=9d4ff0a6-056b-11e6-b608-00000aab0f01&acdnat=1460987224_200b8dc6e630b23212ba1503ef5d3c83).

GENTILI, R., CAHOUE, V., PAPAXANTHIS, C. Motor planning of arm movement is direction-dependent in the gravity field. *Neuroscience*, vol. 145, no. 1, 2007, pp. 20 – 32. ISSN 0306-4522.

GIROMINI, L., PORCELLI, P., VIGLIONE, D. J., PAROLIN, L., & PINEDA, J. A. 2010. The feeling of movement: EEG evidence for mirroring activity during the observations of static, ambiguous stimuli in the Rorschach cards. *Biological Psychology* [online]. 2010, vol. 85, no. 2, pp. 233-241. ISSN 0301-0511. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S0301051110001894/1-s2.0-S0301051110001894-main.pdf>.

GRICHTING, B., HEDIGER, V., KALUZNY, P., & WIESENDANGER, M. 2000. Impaired proactive and reactive grip force control in chronic hemiparetic patients. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2000, vol. 111, no. 9, pp. 1661-1671. ISSN 1388-2457. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S1388245700003552/1-s2.0-S1388245700003552-main.pdf>.

HAALAND, K. Y., PRESTOPNIK, J. L., KNIGHT, R. T., & LEE, R. R. 2004. Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching. *A Journal Of Neurology* [online]. 2004, vol. 127, no. 5, pp. 1145-1158. ISSN 0006-8950. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=26&sid=d04d86d5-4f20-4817-b11c-645b50e6379b%40sessionmgr4002&hid=4104>.

HÄGER-ROSS, C., SCHIEBER, M. H. 2000. Quantifying the independence of human finger movements: comparisons of digits, hands and movement frequencies. *Journal Neuroscience*. 2000, vol. 20, pp. 8542-8550. ISSN 0270-6474.

HAMZEI, F., LAPPCHEN, CH., GLAUCHE, V., MADER, I., RIJNTJES, M., WEILLER, C. 2012 Functional plasticity induced by mirror training: the mirror as the

element connecting both hands to one hemisphere. *Neurorehabilitation Neural Repair* [online]. 2012, vol. 26, no. 5, pp. 484–496. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://nnr.sagepub.com/content/26/5/484.full.pdf+html>.

HARRIS, J. E., ENG, J. J. 2010. Strength training improves upper-limb function in individuals with stroke: a meta-analysis. *Stroke. A Journal Of Cerebral Circulation* [online]. 2010, vol. 41, no. 1, pp. 136-140. ISSN 1524-4628. <http://stroke.ahajournals.org/content/41/1/136.full.pdf>.

HELLER, A., WADE, D. T., WOOD, V. A., SUNDERLAND, A., HEWER R. L., WARD, E. 1987. Arm function after stroke: measurement and recovery over the first three months. *Journal of Neurology, Neurosurgery* [online]. 1987, vol. 50, no. 6, pp. 714-719. ISSN 1468-330X. Dostupné z: <http://jnnp.bmj.com/content/50/6/714.full.pdf>

HSIEH, CH. L., HSUEH, I. P., CHIANG, F. M., LIN, P. H. 1998. Inter-rater reliability and validity of the Action Research arm test in stroke patients. *Age and Ageing* [online]. 1998, vol. 27, no. 2, pp. 107-113. ISSN 1468-2834. Dostupné z: <http://ageing.oxfordjournals.org/content/27/2/107.full.pdf>.

CHEN, H. F., LIN, K. CH., WU, CH. Y., CHEN, CH. L. 2012. Rasch Validation and Predictive Validity of the Action Research Arm Test in Patients Receiving Stroke Rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2012, vol. 93, no. 6, pp. 1039-1045 [cit. ]. ISSN 1532-821X. Dostupné z: <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/00039993/PIIS0003999311010677.pdf>.

IACOBONI, M., WOODS, R. P., BRASS, M., BEKKERING, H., MAZZIOTTA, J. C., RIZZOLATTI, G. 1999. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* [online]. 1999, vol. 286 no. 5449, pp. 2526-2528. ISSN 0036-8075. Dostupné z: <http://media.rickhanson.net/home/files/papers/CorticalMechsImitation.pdf>.

INVERNIZZI, M., NEGRINI, S., CARDA, S., LANZOTTI, L., CISARI, C., BARICICH, A. 2013. The value of adding mirror therapy for upper limb motor

recovery of subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *European Journal Of Physical And Rehabilitation Medicine*. 2013, vol. 49, no. 3, pp. 311-317. ISSN 1973-9095.

JACKSON, G. M., JACKSON, S. R., & KRITIKOS, A. 1999. Attention for action: Coordinating bimanual reach-to-grasp movements. *British Journal Of Psychology* [online]. 1999, vol. 90, no. 2, p. 247-270. ISSN 00071269. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1348/000712699161396/epdf>

JEANNEROD, M. 1990. The neural and behavioral organization of goal-directed movements. *Oxford: Clarendon Press*. 1990. In SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. H. 2012. Motor control: translating research into clinical practice. Spi Technologies. 2012. ISSN 9781451117103.

JEANNEROD, M. 1996. Reaching and grasping: paralel specification of visuomotor channels. In Handbook of perception and action. London. 1996, vol. 2, pp. 405-460.

JOHANSSON, R.S., FLANAGAN, J. R. 2007. Tactile sensory control of object manipulation i n human. *Physiology Section, Department of Integrative Medical Biology. Somatosenzation*. 2007 [online]. Dostupné z: [http://www.mech.utah.edu/haptics/uploads/HapticsReadings/Johannson\\_Flanagan-HandbookOfTheSenses07-Tactile\\_sensory\\_control.pdf](http://www.mech.utah.edu/haptics/uploads/HapticsReadings/Johannson_Flanagan-HandbookOfTheSenses07-Tactile_sensory_control.pdf)

JOHANSSON, R. S., WESTLING, G. 1984. Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery objects. *Experimental Brain Research* [online]. 1984, vol. 56, no. 3, pp. 550-564. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.211.8515>

KAMINSKI, T. R., BOCK, C., GENTILE, A. M. 1995. The coordination between trunk and arm motion during pointing movements. *Experimental Brain Research*

[online]. 1995, vol. 106, no. 3, pp. 457-466. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/KaminskiEtAl95.pdf>.

KAMPER, D. G., RYMER, W. Z. 2001. Impairment of voluntary control of finger motion following stroke: role of inappropriate muscle coactivation. *Muscle & Nerve* [online]. 2001, vol. 24, no. 5, pp. 673-681. ISSN 0148-639X. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mus.1054/pdf>.

KAMPER, D. G., MCKENNA-COLE, A. N., KAHN, L. E., & REINKENSMEYER, D. J. 2002. Alterations in reaching after stroke and their relation to movement direction and impairment severity. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* [online]. 2002, vol. 83, no. 5, pp. 702-707. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(02\)49853-X/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(02)49853-X/pdf)

KOH, CH. L., HSUEH, I. P., WANG, W. CH., SHEU, CH. F., YU, T. Y., WANG, CH. H., HSIEH, CH. L. 2006. Validation of the Action Research Arm test using item response theory in patients after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2006, vol. 38, no. 6, pp. 375-380. ISSN 1650-1977. Dostupné z: <http://www.medicaljournals.se/jrm/content/download.php?doi=10.1080/16501970600803252>.

KOSKI, L., LACOBONI, M., DUBEAU, M., WOODS, R. P., MAZZIOTTA, J. C. 2003. Modulation of Cortical Activity During Different Imitative Behaviors. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2003, vol. 89, no. 1, pp. 460-471. ISSN 0022-3077.

KURILLO, G., GREGORIC, M., GOLJAR, N., & BAJD, T. 2005. Grip force tracking system for assessment and rehabilitation of hand function. *Technology And Health Care* [online]. 2005, vol. 13, no. 3, pp. 137-149. ISSN 0928-7329. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=28&sid=63ab2627-9314-4449-970a-34346f4ed9a7%40sessionmgr106&hid=128>.

KWAKKEL, G., KOLLEN, B. J., VAN DER GROND, J., PREVO, A. H. 2003. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of

paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke; A Journal Of Cerebral Circulation* [online]. 2003, vol. 34, no. 9, pp. 2181-2186. ISSN 1524-4628. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/content/34/9/2181.full.pdf+html>

KYUNGHOO, K., SUKMIN, L., DONGHOON, K., KYOUNGBO, L., YOULIM, K. 2016. Effects of mirror therapy combined with motor tasks on upper extremity function and activities daily living of stroke patients. *Journal Of Physical Therapy Science*. 2016, vol. 28, no. 2, pp. 483-487. ISSN 09155287.

---

LAMONT, K., CHIN, M., KOGAN, M. 2011. Mirror box therapy -seeing is believing. *Explore* [online]. 2011, vol. 7, no. 6, pp. 369-372. ISSN 15508307. Dostupné z: [http://www.explorejournal.com/article/S1550-8307\(11\)00231-X/pdf](http://www.explorejournal.com/article/S1550-8307(11)00231-X/pdf).

LANG, C. E., BLAND, M. D., BAILEY, R. R., SCHAEFER, S. Y., BIRKENMEIER, R. L. 2013. Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision making. *Journal Of Hand Therapy* [online]. 2013, vol. 26, no. 2, pp. 104-114. ISSN 1545-004X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3524381/pdf/nihms-391333.pdf>.

LANG, C. E., SCHIEBER, M. H. 2004. Reduced muscle selectivity during individuated finger movements in humans after damage to the motor cortex or corticospinal tract. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2004, vol. 91, no. 4, pp. 1722-1733. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/jn/91/4/1722.full.pdf>.

LANG, C. E., WAGNER, J. M., DROMERICK, A. W., EDWARDS, D. F. 2006. Measurement of Upper-Extremity Function Early After Stroke: Properties of the Action Research Arm Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2006, vol. 87, no. 12, pp. 1605-1610. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6656638\\_Measurement\\_of\\_Upper-Extremity\\_Function\\_Early\\_After\\_Stroke\\_Properties\\_of\\_the\\_Action\\_Research\\_Arm\\_Test](https://www.researchgate.net/publication/6656638_Measurement_of_Upper-Extremity_Function_Early_After_Stroke_Properties_of_the_Action_Research_Arm_Test).

LEVIN, M. F. 1996. Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. *Brain* [online]. 1996, vol. 119, p. 281-293. ISSN 0006-8950. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=a8c6706e-8334-4ec6-b999-a2c97234efa8%40sessionmgr107&hid=106>

LEVIN, M. F., KNAUT, L. M., MAGDALON, E. C., SUBRAMANIAN, S. 2009. Virtual reality environments to enhance upper limb functional recovery in patients with hemiparesis. *Studies In Health Technology And Informatics* [online]. 2009, vol. 145, pp. 94-108. ISSN 0926-9630. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=30&sid=ca3d212a-995f-4fef-8c6f-59e54fc932b1%40sessionmgr4001&hid=4104>.

LUM, Peter S., BURGAR, Charles G., SHOR, Peggy C. Evidence For Strength Imbalances as a Significant Contributor to Abnormal Synergies in Hemiparetic Subjects. *Muscle Nerve*. 2003, vol. 27, no. 2, p. 211 – 221. ISSN 0148-639X.

MAEDA, F., KLEINER-FISMAN, G., PASCUAL-LEONE, A. 2002. Motor facilitation while observing hand actions: Specificity of the effect and role of observer's orientation. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2002, vol. 87, no. 3, pp. 1329-1335. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/jn/87/3/1329.full.pdf>

MARTENIUK, R., MACKENZIE, C., JEANNEROD, M., ATHENES, S., DUGAS, C. 1987. Constraints on human arm movement trajectories. *Canadian Journal Of Psychology* [online]. 1987, vol. 41, no. 3, pp. 365-378. ISSN 0008-4255. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=27&sid=d7a2f3a4-a3db-4098-a01b-cbc43884a0f6%40sessionmgr4005&hid=4212>

MARTINS, J. C., AGUIAR, L. T., LARA, E. M., TEIXEIRA-SALMELA, L. F., & FARIA, C. M. 2015. Assessment of grip strength with the modified sphygmomanometer test: association between upper limb global strength and motor function. *Brazilian Journal Of Physical Therapy* [online]. 2015, vol. 19, no. 6, pp. 498-



<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=45&sid=d7a2f3a4-a3db-4098-a01b-cbc43884a0f6%40sessionmgr4005&hid=4212>

MATTHYS, K., SMITS, M., VAN DER GEEST, J. N., VAN DER LUGT, A., SEURINCK, R., STAM, H. J., SELLES, R. W. 2009. Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* . 2009, vol. 90, no. 4, pp. 675-681. ISSN 00039993.

MAYER, M., HLUŠTÍK, P. 2004. Ruka u hemiparetického pacienta. Neurofyziologie, patofyziologie, rehabilitace. *Rehabilitácia*, 2004, roč. 41, č. 1, pp. 9-13. ISSN 0375-0922.

MC CABE, C. 2011. Mirror visual feedback therapy. A practical approach. *Journal of hand therapy* [online]. 2011, vol. 24, no. 2, pp. 170-179. ISSN 1545-004X. Dostupné z: [http://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130\(10\)00090-6/pdf](http://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130(10)00090-6/pdf).

MCDONNELL, M. N., HILLIER, S. L., RIDDING, M. C., & MILES, T. S. 2006. Impairments in precision grip correlate with functional measures in adult hemiplegia. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2006, vol. 117, no. 7, pp. 1474-1480. ISSN 1388-2457. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S1388245706001404/1-s2.0-S1388245706001404-main.pdf>.

MCDONNELL, M. 2008. Action Research Arm Test. *Australian Journal of Physiotherapy* [online]. 2008, no. 54, p. 220. ISSN 1449-2059. Dostupné z: <http://ajp.physiotherapy.asn.au/AJP/54-3/AustJPhysiotherv54i3McDonnell.pdf>

MCCREA, P. H., ENG, J. J., HODGSON, A. J. 2005. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies after stroke. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2005, vol. 94, no. 5, pp. 2999-3008. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/94/5/2999.short>.

MEI TOHA, S. F., FONG, K. N. 2012. Systematic Review on the Effectiveness of Mirror Therapy in Training Upper Limb Hemiparesis after Stroke. *Hong Kong Journal Of Occupational Therapy*. 2012, vol. 22, no. 2, pp. 84-95. ISSN 15691861.

MICHELSEN, M. E., SELLES, R. W., VAN DER GEEST, J. N., ECKHARDT, M., YAVUZER, G., STAM, H. J. 2011. Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2011, vol. 25, no. 3, pp. 223-233. ISSN 1545-9683. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Ruud\\_Selles/publication/47679337\\_Motor\\_Recovery\\_and\\_Cortical\\_Reorganization\\_After\\_Mirror\\_Therapy\\_in\\_Chronic\\_Stroke\\_Patients\\_A\\_Phase\\_II\\_Randomized\\_Controlled\\_Trial/links/0912f5071e114ea1cd000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ruud_Selles/publication/47679337_Motor_Recovery_and_Cortical_Reorganization_After_Mirror_Therapy_in_Chronic_Stroke_Patients_A_Phase_II_Randomized_Controlled_Trial/links/0912f5071e114ea1cd000000.pdf)

MICHELSEN, M. E., SMITS, M., RIBBERS, G. M., STAM, H. J., VAN DER GEEST, J. N., BUSSMANN, J. J., SELLES, R. W. 2011. The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke. *Journal Of Neurology, Neurosurgery, And Psychiatry* [online]. 2011, vol. 82, no. 4, pp. 393-398. ISSN 1468-330X. Dostupné z: <http://jnnp.bmj.com/content/early/2010/09/22/jnnp.2009.194134.full.pdf>

MONZÉE, J., SMITH, A. M. 2004. Responses of cerebellar interpositus neurons to predictable perturbations applied to an object held in a precision grip. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2004, vol. 91, no. 3, pp. 1230-1239. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/91/3/1230.long>.

MOTTRAM, C. J., WALLACE, C. L., CHIKANDO, C. N., RYMER, W. Z. 2010. Origins of spontaneous firing of motor units in the spastic–paretic biceps brachii muscle of stroke survivors. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2010, vol. 104, no. 6, pp. 3168-3179. ISSN0022-3077. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3007638/?report=reader>.

MUIR, R. B., LEMON, R. N. 1983. Corticospinal neurons with a special role in precision grip. *Brain Research* [online]. 1983, vol. 261, no. 2, pp. 312-316. ISSN 0006-

8993. Dostupné z: <http://didel.script.univ-paris-diderot.fr/claroline/backends/download.php?url=L0NvdXJzX1A2X1AxMC9BcnRpY2xlcY9NdWlyJmFtcDdtMZW1vbl9CcmFpblJlcZESODMucGRm&cidReset=true&cidReq=30BIS442>

MURASE, N., DUQUE, J., MAZZOCCHIO, R., COHEN, L. G. 2004. Influence of Interhemispheric Interactions on Motor Function in Chronic Stroke. *Annals Of Neurology* [online]. 2004, vol. 55, no. 3, pp. 400-409. ISSN 0364-5134. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ana.10848/epdf>.

MYUNG MO, L., HWI-YOUNG, C., CHANG HO, S. 2012. The Mirror Therapy Program Enhances Upper-Limb Motor Recovery and Motor Function in Acute Stroke Patients. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2012, vol. 91, no. 8, pp. 689-714. ISSN 08949115.

NAPIER, J. R. 1956. The prehensile movements of the human hand. *The Journal Of Bone And Joint Surgery. British Volume* [online]. 1956, vol. 38 no. B4, pp. 902-913. Dostupné z: <http://www.boneandjoint.org.uk/content/jbjsbr/38-B/4/902.full.pdf>.

NISHITANI, N., HARI, R. 2000. Temporal dynamics of cortical representation for action. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America* [online]. 2000, vol. 97, no. 2, pp. 913-918. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/97/2/913.full.pdf>.

NOWAK, D. A., HERMSDÖRFER, J., TOPKA, H. 2003. Deficits of predictive grip force control during object manipulation in acute stroke. *Journal Of Neurology* [online]. 2003, vol. 250, no. 7, pp. 850-860. ISSN 0340-5354. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=4fb890c1-d52b-4de7-83fe-cd77ee5b2602%40sessionmgr4002&hid=4107>

NOWAK, D. A., GREFKES, C., DAFOTAKIS, M., KÜST, J., KARBE, H., FINK, G. R. 2007. Dexterity is impaired at both hands following unilateral subcortical middle cerebral artery stroke. *The European Journal Of Neuroscience* [online]. 2007, vol. 25,

no. 10, pp. 3173-3184. ISSN 0953-816X. Dostupné z:  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=28&sid=d04d86d5-4f20-4817-b11c-645b50e6379b%40sessionmgr4002&hid=4104>.

PATAKY, T. C., LATASH, M. L., ZATSIORSKY, V. M. 2004. Prehension synergies during nonvertical grasping, I: experimental observations. *Biological Cybernetics* [online]. 2004, vol. 91, no. 3, 2004, p. 148 – 158. ISSN 03401200. Dostupné z:  
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=63ab2627-9314-4449-970a-34346f4ed9a7%40sessionmgr106&hid=128>.

PATTEN, C., LEXELL, J., & BROWN, H. E. 2004. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: Rationale, method, and efficacy. *Journal Of Rehabilitation Research & Development* [online]. 2004, vol. 41, no.3A, pp. 293-312. ISSN 07487711. Dostupné z:  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=d04d86d5-4f20-4817-b11c-645b50e6379b%40sessionmgr4002&hid=4104>.

PAULIGNAN, Y., MACKENZIE, C., MARTENIUK, R., JEANNEROD, M. 1990. The coupling of arm and finger movements during prehension. *Experimental Brain Research*. 1990, vol. 79, no. 2, pp. 431-435. ISSN 0014-4819.

PORRO, G., VAN DER LINDEN, D., VAN NIEUWENHUIZEN, O., WITTEBOL-POST, D. 2005. Role of visual dysfunction in postural control in children with cerebral palsy. *Neural Plasticity* [online]. 2005, vol. 12, no. 2-3, pp. 205-210. ISSN 2090-5904. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/np/2005/974198/abs/>.

RAGHAVAN, P., SANTELLO, M., GORDON, A. M., & KRAKAUER, J. W. 2010. Compensatory motor control after stroke: An alternative joint strategy for object-dependent shaping of hand posture. *Journal Of Neurophysiology* [online]. 2010, vol. 103, no. 6, pp. 3034-3043. ISSN 0022-3077. Dostupné z:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2888236/>.

RAMACHANDRAN, V. S., ROGERS-RAMACHANDRAN, D. 1996. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings Biological Sciences/ The Royal Society* [online]. 1996, vol. 263, no. 1369, pp. 377-386. ISSN 0962-8452. Dostupné z: [http://chip.ucsd.edu/pdf/Synsth\\_Phant\\_Lmb\\_P\\_Roy\\_Soc.pdf](http://chip.ucsd.edu/pdf/Synsth_Phant_Lmb_P_Roy_Soc.pdf).

RAMACHANDRAN, V. S. 2005. Plasticity and functional recovery in neurology. *Clinical Medicine*. 2005, vol. 5, no. 4, pp. 368-373. ISSN 1470-2118.

RAMACHANDRAN, V. S., ALTSCHULER, E. L. 2009. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain. A Journal Of Neurology*. 2009, vol. 132, no. 7, pp. 1693-1710. ISSN 0006-8950.

RIZZOLATTI, G., CRAIGHERO, L. 2004. The mirror-neuron system. *Annual Review Of Neuroscience* [online]. 2004, vol. 27, pp. 169-192. ISSN 0147-006X. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>.

ROBERTSON, E. M. 2000. Neural features of the reach and grasp. *Motor Control* [online]. 2000, vol. 4, no. 1, pp. 117-120. ISSN 10871640. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=38&sid=ca3d212a-995f-4fef-8c6f-59e54fc932b1%40sessionmgr4001&hid=4104>.

ROBERTSON, S. L., JONES, L. A. 1994. Tactile sensory impairments and prehensile function in subjects with left-hemisphere cerebral lesions. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* [online]. 1994, vol. 75, no. 10, pp. 1108-1117. ISSN 0003-9993. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003999394900868>.

ROSÉN, B., LUNDBORG, G. 2005. Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Hand Surgery*. 2005, vol. 39, no. 2, pp. 104-108. ISSN 0284-4311.

ROSSI, E., MITNITSKI, A., FELDMAN, A. G. 2002. Sequential control signals determine arm and trunk contributions to hand transport during reaching in humans. *The Journal Of Physiology* [online]. 2002, vol. 538, no. 2, pp. 659-671. ISSN 0022-

3751. Dostupné z:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2290074/pdf/tjp0538-0659.pdf>

ROTHGANGEL, A. S., BRAUN, S. M., BEURSKENS, A. J., SEITZ, R. J., WADE, D. T. 2011. The clinical aspects of mirror therapy in rehabilitation: a systematic review of the literature. *International Journal of Rehabilitation Research* [online]. 2011, vol. 34, no. 1 pp. 1-13. Dostupné z:  
[http://www.thblack.com/links/RSD/IntJRehabilRes2011\\_34\\_1\\_mirrorTherapy.pdf](http://www.thblack.com/links/RSD/IntJRehabilRes2011_34_1_mirrorTherapy.pdf).

SANTELLI, M., FLANDERS, M., & SOECHTING, J. F. 2002. Patterns of hand motion during grasping and the influence of sensory guidance. *The Journal Of Neuroscience* [online]. 2002, vol. 22, no. 4, pp. 1426-1435. ISSN 0270-6474. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/22/4/1426.full.pdf+html>.

SATHIAN, K., ARLENE, I., GREENSPAN, L., STEVEN, L. 2000. Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Rehab*. 2000, vol. 14, no. 1, pp. 73-76. ISSN 1545-9683 .

SATHIAN, K., BUXBAUM, L. J., COHEN, L. G., KRAKAUER, J. W., LANG, C. E., CORBETTA, M., FITZPATRICK, S. M. 2011. Neurological principles and rehabilitation of action disorders: Common clinical deficits. *Neurorehabilitation And Neural Repair* [online]. 2011, vol. 25, no. 5, pp. 21-32. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4139495/>.

SAWAKI, L., BUTLER, A. J., LENG, X., WASSENAAR, P. A., MOHAMMAD, Y. M., BLANTON, S., WITTENBERG, G. F. 2008. Constraint-induced movement therapy results in increased motor map area in subjects 3 to 9 months after stroke. *Neurorehabilitation And Neural Repair* [online]. 2008, vol. 22, no. 5, pp. 505-513. ISSN 1545-9683. Dostupné z:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3234527/pdf/nihms-235143.pdf>

SEO, N. J., RYMER, W. Z., KAMPER, D. G. 2009. Delays in Grip Initiation and Termination in Persons With Stroke: Effects of Arm Support and Active Muscle Stretch Exercise. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2009, vol. 101, no. 6, pp. 3108-3115. ISSN 1522-1598. Dostupné z: <http://jn.physiology.org/content/jn/101/6/3108.full.pdf>.

SEO, N. J., ENDERS, L. R., MOTAWAR, B., KOSMOPOULOS, M. L., & FATHI-FIROOZABAD, M. 2015. The extent of altered digit force direction correlates with clinical upper extremity impairment in chronic stroke survivors. *Journal Of Biomechanics* [online]. 2015, vol. 48, no. 2, pp. 383-387. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929014006435>.

SHEA, J. 2007. The importace of grip strength. 2007, pp. 1- 8. Dostupné z: <https://www.onekidsplace.ca/wp-content/uploads/2014/11/Importance-of-grip-strength.pdf>

SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. H. 2012. Motor control: translating research into clinical practice. Spi Technologies. 2012. ISSN 9781451117103.

SCHAEFER, S. Y., DEJONG, S. L., CHERRY, K. M., LANG, C. E. 2012. Grip Type and Task Goal Modify Reach-to-Grasp Performance in Post-Stroke Hemiparesis. *Motor Control* [online]. 2012, vol. 16, no. 2, pp. 245-264. ISSN 10871640. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3358536/pdf/nihms340230.pdf>.

STEVENS, J. A., STOYKOV, M. E. 2003. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* [online]. 2003, vol. 84, no. 7, pp. 1090-1092. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/10643546\\_Using\\_motor\\_imagery\\_in\\_the\\_rehabilitation\\_of\\_hemiparesis](https://www.researchgate.net/publication/10643546_Using_motor_imagery_in_the_rehabilitation_of_hemiparesis).

SUMMERS, J. J., KAGERER, F. A., GARRY, M. I., HIRAGA, C. Y., LOFTUS, A., & CAURAUGH, J. H. 2007. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study. *Journal Of The Neurological*

*Sciences* [online]. 2007, vol. 252, no. 1, pp. 76-82. ISSN 0022-510X. Dostupné z: [http://ac.els-cdn.com/S0022510X06004874/1-s2.0-S0022510X06004874\\_main.pdf](http://ac.els-cdn.com/S0022510X06004874/1-s2.0-S0022510X06004874_main.pdf).

SUNDERLAND, A., TINSON, D., BRADLEY, L., HEWER, R. L. 1989. Arm function after stroke. An evaluation of grip strength as a measure of recovery and a prognostic indicator. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [online]. 1989, vol. 52, no.11. pp. 1267-1272. ISSN 0022-3050. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=a8c6706e-8334-4ec6-b999-a2c97234efa8%40sessionmgr107&hid=106>.

THIEME, H., BAYN, M., WURG M., ZANGE, CH., POHL, M., BEHRENS J. 2012. Mirror therapy for patients with severe arm paresis after stroke – a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2012, vol. 27, no. 4, pp. 314-324. ISSN 02692155. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=6ef041ac-5859-4833-a5eb-90c2eb56f128%40sessionmgr4003&vid=6&hid=4212>.

TRETRILUXANA, J., GORDON, J., FISHER, B. E., & WINSTEIN, C. J. 2009. Hemisphere specific impairments in reach-to-grasp control after stroke: Effects of object size. *Neurorehabilitation And Neural Repair* [online]. 2009, vol. 23, no. 7, pp. 679-691. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Carolee\\_Winstein/publication/24397970\\_Hemisphere\\_Specific\\_Impairments\\_in\\_Reach-to-Grasp\\_Control\\_After\\_Stroke\\_Effects\\_of\\_Object\\_Size/links/0deec53c1798e26c7b000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carolee_Winstein/publication/24397970_Hemisphere_Specific_Impairments_in_Reach-to-Grasp_Control_After_Stroke_Effects_of_Object_Size/links/0deec53c1798e26c7b000000.pdf).

VANDENBERGHE, A, LEVIN, O., DE SCHUTTER, J., SWINNEN, S., JONKERS, I. 2010. Three-dimensional reaching tasks: Effect of reaching height and width on upper limb kinematics and muscle activity. *Gait & Posture*. 2010, vol. 32, no. 4, 2010, p. 500 – 507.

VAN DER LEE, J. H., ROORDA L. D., BECKERMAN H., LANKHORST G. J. 2002. Improving the Action Research Arm test: a unidimensional hierarchical scale.



*Clinical Rehabilitation*. 2002, vol. 16, no. 6, pp. 646-653. ISSN 0269-2155.  
[https://www.researchgate.net/publication/11070841\\_Improving\\_the\\_Action\\_Research\\_Arm\\_test\\_a\\_unidimensional\\_hierarchical\\_scale](https://www.researchgate.net/publication/11070841_Improving_the_Action_Research_Arm_test_a_unidimensional_hierarchical_scale).

VAN DER LEE, J. H., BECKERMAN, H., LANKHORST, G. J., BOUTER, L. M. 2001. The Responsiveness of the Action Research Arm test and the Fugl-Meyer Assessment scale in chronic stroke patients. *Journal of Rehabilitation and Medicine*. [online]. 2001, vol. 33, no. 3, pp. 110-113. ISSN 1650-1977. Dostupné z: <http://dare.uvu.vu.nl/bitstream/handle/1871/20151/263628.pdf>.

VAN VILET, P. M., SHERIDAN, M. R. 2009. Ability to adjust reach extent in the hemiplegic arm. *Physiotherapy* [online]. 2009, vol. 95, no. 3, pp. 176-184. ISSN 00319406. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S0031940609000509/1-s2.0-S0031940609000509-main.pdf>.

WITNEY, A. G., WING, A., THONNARD, J., SMITH, A. M. 2004. The cutaneous contribution to adaptive precision grip. *Trends In Neurosciences* [online]. 2004, vol. 27, no. 10, pp. 637-643. ISSN 0166-2236. Dostupné z: <http://ac.els-cdn.com/S0166223604002632/1-s2.0-S0166223604002632-main.pdf>.

WU, C., TROMBLY, C. A., LIN, K., TICKLE-DEGNEN, L. 2000. A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: influences of object availability. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* [online]. 2000, vol. 81, no. 1, pp. 95-101. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Kehchung\\_Lin/publication/262049199\\_A\\_kinematic\\_study\\_of\\_contextual\\_effects\\_on\\_reaching\\_performance\\_in\\_persons\\_with\\_and\\_without\\_stroke\\_Influences\\_of\\_object\\_availability/links/0f31753685214e0a12000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kehchung_Lin/publication/262049199_A_kinematic_study_of_contextual_effects_on_reaching_performance_in_persons_with_and_without_stroke_Influences_of_object_availability/links/0f31753685214e0a12000000.pdf)

WHITALL, J., WALLER, S. M., SORKIN, J. D., FORRESTER, L. W., MACKO, R. F., HANLEY, D. F., LUFT, A. 2011. Bilateral and unilateral arm training improve motor function through differing neuroplastic mechanisms: A single-blinded randomized controlled trial. *Neurorehabilitation And Neural Repair* [online]. 2011,

vol. 25, no. 2, pp. 118-129. ISSN 1545-9683. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548606/pdf/nihms432663.pdf>.

YAVUZER, G., SELLES, R., SEZER, N., SÜTBEYAZ, S., BUSSMANN, J. B., KÖSEOGLU, F., ATAY, M. B., STAM, H. J. 2008. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2008, vol. 89, no. 3, pp. 393-398. ISSN 00039993. Dostupné z: <http://physiotherapy.org.nz/assets/Professional-dev/Journal/2009-March/2009MarchCAPS.pdf>.

YELDAN, I., HUSEYI NSINOGLU, B. E., AKINCI, B., TARAKCI, E., BAYBAS, S., RAZAK OZDINCLER, A. 2015. The effects of very early mirror therapy on functional improvement of the upper extremity in acute stroke patients. *Journal Of Physical Therapy Science*. 2015, vol. 27, no. 11, pp. 3519-3524. ISSN 09155287.

YOUNG-RIM, P., SU-KYOUNG, K., JAE-SHIN, L., BYOUNG-JIN, J. 2014. Simple and Task-oriented Mirror Therapy for Upper Extremity Function in Stroke Patients: A Pilot Study. *Hong Kong Journal Of Occupational Therapy* [online]. 2014, vol. 24, no. 1, pp. 6-12. ISSN 15691861. Dostupné z: <file:///C:/Users/Marie/Downloads/Simple%20and%20Taskoriented%20Mirror%20Therapy%20for%20Upper%20Extremity%20Function%20in%20Stroke%20Patients.pdf>.

## **SEZNAM ZKRATEK**

ADL	bežné denní aktivity
AIP	anteriorní intraparietální oblast
ARAT	Action Research Arm test
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
FMA	Fugl-Meyer Motor Assessment
HK	horní končetina
ZT	zrcadlová terapie

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1.</b> Umístění zrcadla při zrcadlové terapii.....	<b>35</b>
---	-----------

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1</b> Hodnoty síly stisku před a po aplikaci zrcadlové terapie.....	<b>38</b>
<b>Graf 2</b> Hodnoty celkového skóre ARAT testu před a po aplikaci zrcadlové terapie.....	<b>39</b>
<b>Graf 3</b> Hodnoty síly stisku před a po terapii u experimentální a kontrolní skupiny.....	<b>40</b>
<b>Graf 4</b> Hodnoty skóre ARAT testu před a po terapii u experimentální a kontrolní skupiny.....	<b>41</b>
<b>Graf 5</b> Závislost rozdílu hodnot ARAT testu na rozdílu hodnot síly stisku u experimentální skupiny.....	<b>42</b>

## **SEZNAM TABULEK**

<b>Tab. 1</b> Hodnoty síly stisku ruky u experimentální skupiny.....	<b>37</b>
<b>Tab. 2</b> Hodnoty celkového skóre ARAT testu u experimentální skupiny.....	<b>39</b>
<b>Tab. 3</b> Hodnoty síly stisku ruky u kontrolní skupiny.....	<b>40</b>
<b>Tab. 4</b> Hodnoty celkového skóre testu ARAT u kontrolní skupiny.....	<b>41</b>

## SEZNAM PŘÍLOH

<b>Příloha 1</b> Action Research Arm test.....	<b>88</b>
<b>Příloha 2</b> Originální formulář pro záznam hodnot testu ARAT.....	<b>89</b>
<b>Příloha 3</b> Hydraulický ruční dynamometr.....	<b>90</b>
<b>Příloha 4</b> Poloha pacienta při zrcadlové terapii.....	<b>91</b>

## PŘÍLOHY

Příloha 1 Action Research Arm test (<http://www.aratest.eu>)





## Příloha 2 Originální formulář pro záznam hodnot testu ARAT

**Scoreform ARA test**

Name patient :  
 Date of birth :  
 File number :  
 Paretic side :  
 Test date :  
 Name rater :

**A. Subtest 'five-finger-grip'**

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Block 10 cm (if score = 3 then total A = 18; go to subtest B)		4.1 / 4.3 sec	
2. Block 2,5 cm (if score = 0 then total A = 0; go to subtest B)		3.5 / 3.6 sec	
3. Block 5 cm		3.5 / 3.6 sec.	
4. Block 7,5 cm		3.8 / 3.9 sec.	
5. Ball		3.7 / 3.9 sec.	
6. Metal rectangle		3.5 / 3.8 sec.	
<b>TOTAL A:</b>			

**B. Subtest 'cylindrical-grasp'**

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Cup with water (if score = 3 then total B = 12; go to subtest C)		7.8 / 7.9 sec	
2. Tube 2,5 cm (if score = 0 then total B = 0; go to subtest C)		4.1 / 4.2 sec	
3. Tube 1 cm		4.1 / 4.4 sec.	
4. Ring (3,5 cm) with synthetic hold		3.9 / 4.1 sec.	
<b>TOTAL B:</b>			

**C. Subtest 'pincer-grip'**

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Ball bearing 6 mm (thumb-ring finger) (if score = 3 then total C = 18; go to subtest D)		4.4 / 4.5 sec	
2. Marble 1,5 cm (thumb-index finger) (if score = 0 then total C = 0; go to subtest D)		3.7 / 3.9 sec	
3. Marble 1,5 cm (thumb-middle finger)		3.8 / 3.9 sec.	
4. Marble 1,5 cm (thumb-ring finger)		3.8 / 4.2 sec.	
5. Ball bearing 6 mm (thumb-index finger)		3.8 / 4.2 sec.	
6. Ball bearing 6 mm (thumb-middle finger)		4.0 / 4.1 sec.	
<b>TOTAL C:</b>			

**D. Subtest 'gross movements'**

test:	time:	cut-off point right / left	score:
1. Hand - back of the head (if score = 3 then total D = 9; end test)		2.6 / 2.8 sec	
2. Hand - mouth (if score = 0 then total D = 0; end test)		2.4 / 2.5 sec	
3. Hand - top of the head		2.6 / 2.8 sec.	
<b>TOTAL D:</b>			
<b>TOTAL SCORE ON THE ARA TEST (maximum score = 57):</b>			

### **Příloha 3** Hydraulický ruční dynamometr

(<http://zdravotni-potreby-atlantis.cz/fyzioterapeuticke-pomucky/vyhodnocovaci-sady/hydraulicky-rucni-dynamometr-1-ks-9037.html>)



#### Příloha 4 Poloha pacienta při zrcadlové terapii

