

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Michael Drahota

Vliv zrcadlové terapie na úpravu stavu paretické horní
končetiny u pacientů po ischemické cévní mozkové příhodě

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

Olomouc 2016

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Vliv zrcadlové terapie na úpravu stavu paretické horní končetiny u pacientů po ischemické cévní mozkové příhodě

Název práce v AJ: The influence of mirror therapy on adjustment of condition of a paretic upper limb following a cerebrovascular accident

Datum zadání: 2016-02-08

Datum odevzdání: 2016-05-09

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Autor práce: Bc. Michael Drahoš

Vedoucí práce: Mgr. Radek Mlíka, PhD

Oponent práce: Mgr. Barbora Kolářová PhD

Abstrakt v ČJ: Tato diplomová práce pojednává o teoretickém podkladu a mechanismech působení zrcadlové terapie. Dává nahlédnout do detailů neuroplastických procesů probíhajících po cévní mozkové příhodě a diskutuje, zdali je zrcadlová terapie vhodnou rehabilitační metodou u těchto pacientů. Dále je popsán průběh odborného experimentu a uvedeny jeho výsledky zaznamenané na vzorku reálných pacientů.

Abstrakt v AJ: This final thesis is concerned about the theoretical background and underlying mechanisms of the mirror therapy. It offers a closer look at the neuroplastic processes occurring after cerebrovascular accident and discusses the suitability of mirror therapy as a method of rehabilitation in these patients. A description of an experimental trial and its results obtained on a sample of real patients follows.

Klíčová slova v ČJ: Zrcadlová terapie, neuroplastická, interhemisferální inhibice, zrcadlové neurony, perceptuální iluze

Klíčová slova v AJ: Mirror therapy, neuroplasticity, interhemispheric inhibition, mirror neurons, perceptual illusion

Rozsah: 77 stran textu /13 stran příloh

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně pod odborným vedením Mgr. Radka Mlíky, Ph.D. a v referenčním seznamu jsem uvedl všechny použité literární zdroje.

V Olomouci dne 9. 5. 2016

Podpis.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce, Mgr. Radku Mlíkovi, Ph.D., za vstřícnost, příjemnou spolupráci a odborné vedení během psaní této diplomové práce. Také bych rád vyjádřil vděk své rodině za podporu po celou dobu studia, poděkování patří i všem z řad odborných pracovníků, kteří mně a mým spolužákům předávali vědomosti.

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Teoretické poznatky	8
2. 1 Neuroplasticita	8
2.1.1 Strukturální neuroplasticita	9
2.1.2 Funkční plasticita	10
2.1.3 Evoluční neuroplasticita.....	11
2.1.4 Reaktivní neuroplasticita.....	12
2.1.5 Adaptační neuroplasticita.....	12
2.1.6 Reparační neuroplasticita	12
2.2 Interhemisferické interakce	17
2.2.1 Terapeutická modulace interhemisferických interakcí	18
2.3 Systém zrcadlových neuronů	20
2.3.1 Parietofrontální systém zrcadlových neuronů	21
2.3.2 Limbický systém zrcadlových neuronů.....	24
2.3.3 Systém zrcadlových neuronů a zrcadlová terapie	25
2.3.4 Audiovizuomotorické neurony.....	26
2.4 Perceptuální iluze	26
2.4.1 Iluze gumové ruky.....	27
2.4.2 Iluze vznikající při provádění zrcadlové terapie	27
3 Cíle práce a hypotézy	29
3.1 Cíle práce.....	29
3.2 Vědecké otázky a hypotézy	30
4 Metodika.....	31
4.1 Charakteristika souboru a design studie.....	31
4.2 Kritéria pro výběr pacientů	31
4.3 Nastavení podmínek pro měření	32
4.4 Průběh měření	33
4.5 Získávání dat a objektivizace výsledků.....	34
4.5.1 Získávání a zpracování dat k první vědecké otázce	35
4.5.2 Získávání a zpracování dat k druhé vědecké otázce	35
5. Výsledky.....	37
5.1 Výsledky k vědecké otázce 1	37

5.2 Výsledky k vědecké otázce 2	45
6 Diskuse	50
6.1 Diskuse k teoretické části	50
6.1.1 Využitelnost zrcadlové terapie v subakutní fázi po CMP	50
6.1.2 Využitelnost zrcadlové terapie v chronické fázi po CMP	54
6.1.3 Vliv zrcadlové terapie na reedukaci motoriky	55
6.1.4 Vliv zrcadlové terapie na spasticitu	56
6.1.5 Vliv zrcadlové terapie na úpravu povrchového cití	56
6.1.6 Vliv zrcadlové terapie na provádění každodenních aktivit pacienta.....	57
6.1.7 Vliv zrcadlové terapie na komplexní regionální bolestivý syndrom.....	57
6.1.8 Vliv Zrcadlové terapie na neglect syndrom a neučenou parézu.....	58
6.2 Diskuse k vlastnímu měření	60
6.2.1 Diskuse k vědecké otázce 1	60
6.2.2 Diskuse k vědecké otázce 2.....	62
6.2.3 Limity studie	64
6.2.4 Přínos pro praxi	64
7 Závěr.....	65
8 Referenční seznam	66
9 Seznam zkratk	76
10 Přílohy	78

1 Úvod

Vilayanur S. Ramachandran se v roce 1995 stal prvním, kdo použil odrazných vlastností zrcadla v terapii. Využitím zrcadla k potlačení fantomové bolesti u pacienta po amputaci horní končetiny položil základy rehabilitační metodě, která je dnes známá jako zrcadlová terapie. Tato rehabilitační intervence našla uplatnění i u pacientů s komplexním regionálním bolestivým syndromem (CRPS), poraněním periferních nervů, fantomovými bolestmi po amputačních operacích, neglect syndromem, poruchami autistického spektra či revmatoidní artritidou. Nejvíce pozornosti je však zrcadlové terapii věnováno v souvislosti se zařazením do rehabilitačního programu u pacientů s parézou nebo plegií horní končetiny (HK) v důsledku ischemické cévní mozkové příhody (iCMP). Jedná se o snadno proveditelnou, levnou, bezpečnou a dostupnou metodu, jejíž přínos, ač potvrzen výsledky studií, je stále předmětem zkoumání.

Nejčastěji (80 % všech mozkových infarktů) dochází k ischemickému iktu v povodí a. cerebri media, která zásobuje oblasti mozku zásadně se podílející na řízení motoriky horních končetin. Hemiparéza či plegie horní končetiny je častý důsledek CMP. Díky hojně konfrontaci fyzioterapeuta s touto disabilitou bylo vyvinuto značné množství rehabilitačních technik a strategií, které se s patologií potýkají z různých směrů. Mnohé se snaží o reedukaci pohybu zaměřením na práci se svaly, jiné oslovují nervový systém prostřednictvím kloubních a svalových receptorů a nepřímo modifikují řízení motoriky. Zrcadlová terapie cílí na místo vzniku patologie, tedy na místo postižení CNS a oblastí s ním funkčně propojené. Vytváří iluzi fyziologicky probíhajícího pohybu, čímž poskytuje kladný vizuální feedback. U pacientů s částečnou hybností HK potencuje zrcadlová terapie proprioceptivní a senzitivní aferenci. Dále podněcuje neuroplasticitu nervového systému (NS), jejíž průběh a intenzita jsou klíčové pro míru restituce ztracených funkcí. Společně s aktivací oblastí spojených s řízením motoriky, vnímáním sebe a prostorovou orientací v postižené hemisféře uvádí do činnosti i systém zrcadlových neuronů, který je významný pro osvojování si nových pohybů. V neposlední řadě přispívá k obnovení rovnováhy poměru sil obou hemisfér. Současně tak působí na tři systémy, které souvisí s úpravou funkčního deficitu po CMP: neuroplastickou přestavbu, zrcadlové neurony a interhemisferické interakce.

2 Teoretické poznatky

2.1 Neuroplasticita

Neuroplasticita je celoživotní schopnost CNS přizpůsobovat svoji strukturu a způsob fungování tak, aby co nejlépe vyhovovaly nárokům kladených prostředím. Neuroplastické děje probíhají u každého člověka na základě získávání zkušeností, učení se novým (motorickým) dovednostem a znalostem či jako reakce na poškození nervové tkáně (Pacual - Leone et al., 2005; pp. 377 - 379).

Dříve převládal v obecném povědomí názor, že struktura mozku se během života zásadně nemění. Podle současných znalostí je pravdou, že mozek se mění téměř neustále, každé naše rozhodnutí, každá akce ovlivňuje jeho podobu a způsob fungování. S jistou nadsázkou by se dalo říci, že člověk nikdy nepoužije stejný mozek dvakrát (Villringer and Pleger, 2010; pp. 1 - 3).

Důvodem tohoto obratu ve smýšlení o lidském mozku je především rozvoj zobrazovacích technik, které umožňují neinvazivní snímkování lidského mozku a nabízí funkce jako rozlišovací schopnost na detailní výseč tkáně (1 voxel = 1mm³ tkáně). Dovedou zobrazit intenzitu perfuze a oxigenaci hemoglobinu jednotlivých oblastí, také oblasti, kde se neurony aktivují ve stejnou dobu, čímž odhalují aktivační vzory CNS. Dokonce zachytí i změny v chování molekulárních receptorů a transportérů (Taubert et al., 2010; p. 90).

Vhodnou ilustrací adaptace mozku je studie provedená na londýnských řidičích taxíků. Při práci s prostorovou sítí infrastruktury využívají hipokampus, část mozku odpovědnou za orientaci v prostoru více, než lidé jiného zaměstnání. V důsledku časté aktivace bylo u londýnských taxikářů neinvazivními zobrazovacími technikami prokázáno zvětšení zadní části hipokampu (Maguire et al., 2000; pp. 4398 - 4402).

Neuroplastické děje se z morfologického hlediska dělí na strukturální a funkční. Toto rozdělení je spíše teoretického významu a slouží pro lepší popis a porozumění jejich průběhu a podstatě. Ve skutečnosti jdou oba tyto procesy ruku v ruce a nelze je tedy od sebe oddělovat (Villringer and Pleger, 2010; pp. 1 - 3).

2.1.1 Strukturální neuroplasticita

Strukturální plasticitou jsou míněny změny v uspořádání fyzické podoby mozku. Konkrétními prvky těchto změn jsou neurogeneze, gliogeneze a apoptóza nervových buněk. Dále pučení a zánik axonů i dendritů neuronů. Rovněž s nimi spojená tvorba a zánik synapsí a přepojování stávajících kortiko- kortikálních i kortiko- subkortikálních okruhů. Možné jsou změny jak lokalizace, tak velikosti plochy pro určité části těla v senzoryckém a motorickém homunkulu. V závislosti na využívanosti okruhu dochází ke změnám v tloušťce axonové trubice, počtu nervových vláken a mocnosti myelinového obalu. Patří sem i změny infrastruktury cévní sítě (Carmichael, 2006; p. 735).

2.1.1.1 Strukturální plasticita a motorické učení

Selektivní změny ve struktuře šedé a bílé hmoty kůry mozkové nastávají v závislosti na určité (motorické) aktivitě. Plasticita je vyvolána motorickým učením a nové motorické dovednosti jsou nabyty a udržovány právě díky strukturálním a funkčním změnám (Scholz et al., 2009; pp. 1370 - 1371).

Na buněčné úrovni je motorické učení realizováno tak, že mezi neurony, které se při určitém pohybovém vzoru zapojují současně, vznikají spoje (Shatz, 1992; p. 21; Hebb, 1949; pp. 43 - 56). Učí-li se člověk nové motorické dovednosti, například žonglování, je po osvojení si nové rutiny patrně zvětšení objemu šedé a změna organizace bílé hmoty v zúčastněných oblastech mozku. Aktivní neurony jsou náročnější na spotřebu energie a kyslíku, proto potřebují adekvátní cévní zásobení a odklid zplodin metabolismu. Při procesu učení dochází k tvorbě synapsí a glií, při následném udržování dovednosti k angiogenezi v odpovídající oblasti (Driemeyer et al., 2008; p. 4). Plasticita probíhá v závislosti na vyvolávající příčině, v tomto případě žonglování a v něm obsažené vnímání prostoru a anticipace trajektorie pohybujících se těles formuje především oblasti kortexu zpracovávající zrakovou aferenci (Draganski et al., 2004; pp. 311 - 312).

2.1.1.2 Strukturální plasticita a reedukace motoriky

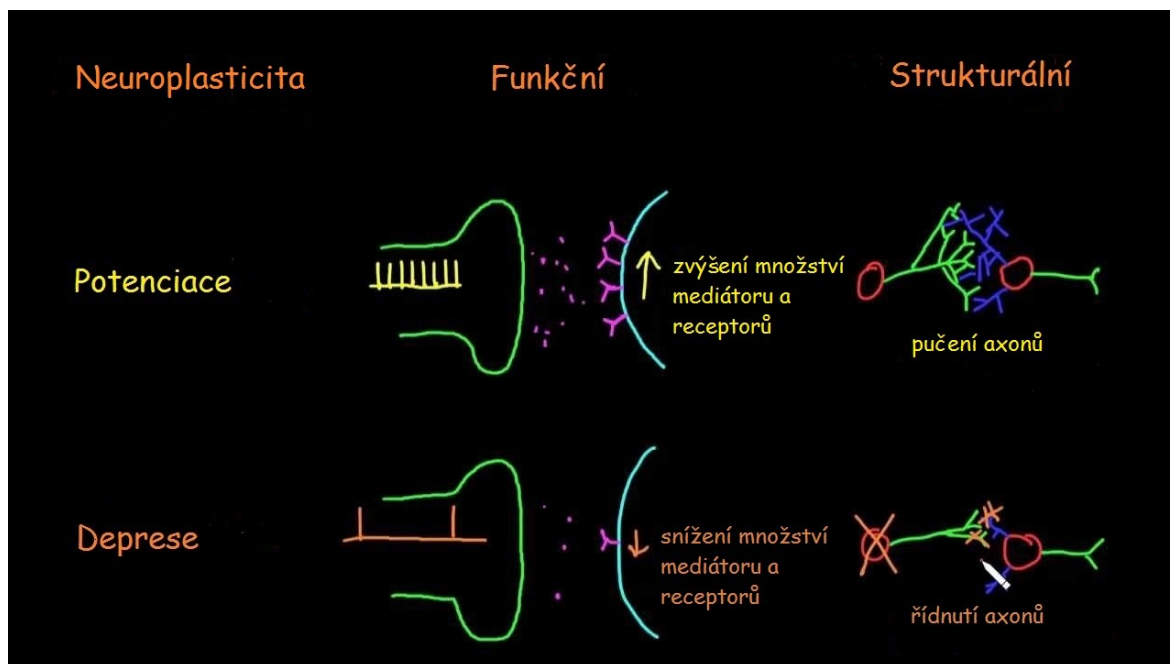
Motorické učení by se dalo označit jako plasticita za fyziologického stavu. Po poranění CNS, například po iCMP, dochází ke ztrátě kontroly volní hybnosti. Reedukace ztracených motorických dovedností je velmi podobná motorickému osvojování si nových pohybových vzorů. Cílem fyzioterapeuta by měla být taková péče o pacienta, která podporuje a usměrňuje přepojování neuronálních okruhů za účelem obnovy hybnosti. Zrcadlová terapie patří mezi terapeutické nástroje spojující pohybovou reedukaci a facilitaci neuroplasticity. Lze usoudit, že změna struktury CNS se navenek projeví jako změna funkce organismu.

2.1.2 Funkční plasticita

Tento pojem je nadřazený změnám CNS, které se netýkají strukturní přestavby. Jedná se o změny v množství syntézy a uvolňování neurotransmiterů a množství a citlivost postsynaptických receptorů. K posilování funkčního stavu dochází častým používáním okruhů, do kterých jsou tyto synapse začleněny. Označuje se jako dlouhodobá potenciace (long-term potentiation). Tento text popisuje funkční plasticitu v pozitivním smyslu, existuje však i opačný proces stejného principu. Spojí, které nejsou často využívány, ztrácí na množství receptorů i vezikul s mediátory- tzv. dlouhodobé potlačení (long-term depression). Ke změnám relevance korových a korově- podkorových okruhů dochází prostřednictvím selekce mezi nejefektivněji zapojovanými spoji, které jsou udržovány a podporovány. Naproti tomu méně využívané okruhy jsou postupně eliminovány (Bliss and Cook, 2011; p. 3 - 14; Allred et al., 2014; p. 1). Jak tyto děje vypadají na synaptické úrovni, je znázorněno na obrázku č. 1 pod touto kapitolou.

2.1.2.1 Funkční plasticita a tvorba paměti

Proces posilování (LTP) a tlumení (LTD) funkčního významu synapsí mezi dvěma neurony souvisí s fungováním dlouhodobé a krátkodobé paměti. Donald Hebb postuloval, že neurony, které se současně aktivují, jsou spolu také propojeny. Tato teze sumarizuje současné chápání toho, jaké buněčné pochody umožňují schopnost učení a ukládání informací do paměti. Bylo zjištěno, že tvorba nových vzpomínek se pojí s častějším využíváním určitého řetězce spojů (Bliss and Cook, 2011; pp 3 - 4). To vede ke zmnožení synaptických struktur. Konkrétně se znásobí počet dendritických trnů postsynaptického neuronu, čímž se zvětší kontaktní plocha pro transneuronální komunikaci, a také přibude presynaptických butonů (Harris et al., 2003; 745 - 748) Tak je to znázorněno na obrázku 1.



Obrázek 1. V prostředním sloupci je znázorněna funkční (synaptická) plasticita v pozitivním (výše) i negativním (níže) smyslu. Potenciace je dána zmnožením mediátoru a postsynaptických receptorů, deprese snížením množství obojího. Sloupec vpravo zachycuje totéž v případě strukturální plasticity. Kladná forma je představována větvením axonů (výše) a záporná jejich prořezáváním a úbytkem (níže) (přejato z webových stránek www.khanacademy.org).

Opakování určitého chování posiluje synapse mezi neurony, které se při dané aktivitě zapojily. Síla těchto spojů předurčuje, jak se zachováme v podobných situacích v budoucnu (Nürnberg, 2011; p. 17). Takto lze vysvětlit a pochopit, proč trénink vede ke kvalitnějšímu motorickému projevu či rehabilitace k úpravě stavu pacienta. Zesílení synapsí dostatečným používáním, umožňuje rychlejší a efektivnější pohyb s menšími požadavky na soustředění pozornosti pro jeho optimální realizaci.

Podle vyvolávající situace rozlišujeme čtyři druhy neuroplasticity: evoluční, reaktivní, adaptační a reparační. S přihlédnutím k tématu této práce bude podrobněji rozebrána pouze reparační.

2.1.3 Evoluční neuroplasticita

Označuje změny, které se odehrávají během ontogenetického vývoje. Korové neurony novorozence tvoří průměrně dva a půl tisíce synapsí s jinými buňkami nervového systému, do věku tří let počet spojů jednoho neuronu narůstá na zhruba patnáct tisíc. Mozek dospělého

člověka vykazuje asi poloviční počet synapsí na jeden korový neuron. K tomuto fyziologickému snížení počtu spojů dochází na základě apoptózy a zkušeností získaných interakcí s prostředím (Gopnik et al., 2000; p. 175).

2.1.4 Reaktivní neuroplasticita

Označuje dočasné změny CNS, coby následek krátkodobé stimulace či expozice (May et al., 2007; pp. 205 – 208).

2.1.5 Adaptační neuroplasticita

Zahrnuje reakce v důsledku dlouhodobé interakce s, či expozice určitému vlivu (Dayan and Cohen, 2011; pp. 1 – 11).

2.1.6 Reparační neuroplasticita

Uskutečňuje se v případě léze CNS, například po iktech, kraniotraumatech či míšních lézích. Mechanismy spontánní úpravy se výrazně liší v závislosti na příčině poranění, například ischemické cévní mozková příhoda vyvolává zásadně odlišné reakce, než bodná či řezná rána zasahující mozek. Podstatou reparační neuroplasticity je obnovit nebo kompenzovat funkce vykonávané zaniklými nervovými buňkami.

Pro dobrou úpravu stavu je třeba, aby přeživší neurony v peri- infarktní oblasti a oblastech mozku funkčně propojenými s místem léze v co největší míře přejaly vykonávání funkcí, které původně zastávaly zaniklé neurony. Toho je dosaženo jejich zapojením do nově vzniklých neuronálních okruhů (rewiring), a posilováním těchto nových spojů (Carmichael, 2012; pp. 161 - 162). S tím jsou spojeny změny ve velikosti ploch pro motorickou a senzorickou reprezentaci těla v homunkulech. Dále je úprava stavu směrem k normálu spojena s obnovením poměru aktivity obou hemisfér (Carmichael, 2006; p. 735).

2.1.6.1 Neuroplastické pochody ve vztahu k vývoji pacientova stavu v čase

Reakci těla na CMP můžeme z časového hlediska rozdělit do tří hlavních fází:

1. Akutní fáze. Odehrává se v několika hodinách až dnech od vypuknutí infarktu a projevuje se změnou prokrvení afektované tkáně, otokem a zánětlivou reakcí, která vyústí v apoptózu odumřelých nervových buněk. Místo resorbovaných buněk je zaceleno gliovou jizvou.

2. Druhá fáze začíná v průběhu prvních dní po atace a trvá po několik následujících týdnů až měsíců (nejčastěji se udává sedm týdnů až tři měsíce). Během této fáze se odehrává geneticky kódovaná kaskáda dějů, které mají za úkol obnovit, substituovat či kompenzovat ztracené funkce. Právě během tohoto období vrcholí spontánní úprava stavu pacientů.

3. Chronická fáze nastupuje tehdy, když se spontánní úprava ustálí a dále neprogreduje. Plastické procesy již dále neprobíhají spontánně, nicméně jsou stále vyvolatelné. Stav pacienta je stabilní, ale modifikovatelný (Wahl and Schwab, 2014, p. 4).

Odumřelé buňky v ložisku CMP jsou resorbovány a oblast zhojena gliovou jizvou tvořenou astrocyty. V této zóně se po iktu vyskytuje zvýšené množství substancí podporujících růst, nehraje však významnou roli v strukturální reorganizaci, na kterou nasedá obnova motorických funkcí, protože zde stále přetrvává vysoké množství látek růst inhibujících. Buněčné a molekulární mechanismy podléhající neuroanatomické restrukturalizaci se odehrávají v tkáni těsně přiléhající ke gliové jizvě a korových oblastech původně funkčně propojených s místem infarktu. Tyto oblasti skýtají příznivé prostředí pro větvení axonů, protože je zde větší koncentrace růst facilitujících působků a naopak nižší výskyt látek pučení tlumících (Carmichael, 2006; p. 736 - 737).

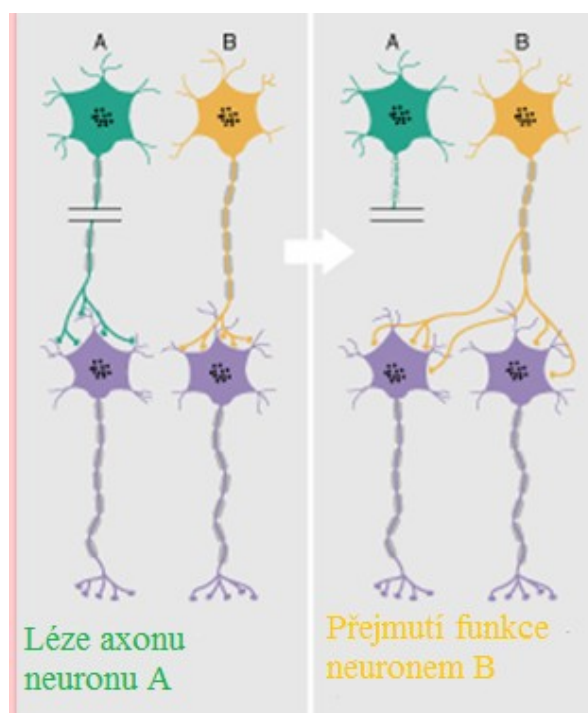
Morfologické změny na buněčné úrovni zahrnují rašení axonů a dendritů, růst gliových buněk a novotvorbu vaskulárních tkání. Těmto dějům podléhají molekulární interakce.

2.1.6.2 Pučení axonů

Za normálních okolností je v dospělém lidském mozku pučení axonů inhibováno třemi základními druhy proteinů (Silver and Miller, 2004; p. 146 - 154). Po iktu dochází na omezeně dlouho dobu k změně tohoto stavu a vzniká prostředí podporující růst nervové tkáně. Například proteoglykany, jako jsou chondroitin sulfát, aggrecan, phosphacan či versican, jsou jedny z inhibitorů, které v dospělém mozku tvoří síť obklopující pyramidovou i mimo- pyramidové nervové dráhy. Po iCMP jsou v peri - infarktním kortexu tyto síť redukovány po dobu jednoho měsíce. Mezi růst podporující substance patří například GAP43, CAP23, MARCKS a SPRR1. Tyto molekuly vyhledají peri - infarktní neurony na základě jejich membránové signalizace. Neuron je přijme a dojde k transkripci genu. Různé geny vyvolávají různé účinky a jsou uvolňovány v předurčené časové posloupnosti (Carmichael, 2006; p. 736 - 739; Carmichael, 2012; p. 162).

Časně po CMP, v období od prvního dne do uplynutí jednoho měsíce od ataky dochází k rytmickému, synchronnímu vylučování výše uvedených prorůstových substancí. V období od třetího do sedmého dne začnou neurony přestavovat svůj cytoskelet a připravují se na vyslání nových neuritů (Carmichael, 2006; p. 737). Po jednom týdnu od mozkového infarktu je růst axonů zahájen a dále udržován. S časovým odstupem čtyř týdnů jsou již zobrazovacími metodami viditelné nově vytvořené spoje (Carmichael, 2006; p. 738).

Axony raší z plně diferenciovaných korových neuronů v peri-infarktní tkáni a v oblastech, do kterých vedly spoje z místa léze. Nově vyrašené neurity se spojují s již existujícími axony či neurony a vytváří tak zcela nové okruhy (viz Obrázek 2) (Carmichael, 2006; p. 737). Na vznik těchto okruhů optimálně nasedá jejich hojně využívání, které zajistí, že posílí a zabudují se do systému řízení každodenních motorických operací. Tyto okruhy musí být hojně využívány, aby docházelo ke zvětšování množství mediátoru a synaptických receptorů v jejich průběhu (LTP) (Carmichael, 2012; p. 162). Některé z těchto spojů se uskutečňují na velké vzdálenosti. Výsledkem optimálně dokončeného růstu výběžků je vznik nových spojů mezi peri- infarktní oblastí a motorickými, premotorickými a senzomotorickými korovými oblastmi a vytvoření nových spojů s funkčně souvisejícími oblastmi (Carmichael, 2006; p. 736).



Obrázek 2. Znárodnuje zánik axonu ischemií zasaženého neuronu (vlevo), a zastoupení jeho funkce neuronem v peri- infarktní (či vzdálenější, funkčně související) oblasti cestou vyslání axonu a jeho zapojení do pre- existujícího okruhu (přejat z webových stránek www.studyblue.com).

Pučení axonů je proces, který reaguje na pohybovou aktivitu pacienta a právě jí je také usměrňován. Tak, jak pacient paretickou HK pohybuje, pro takové pohyby se v mozku

vytváří neurologický substrát umožňující jejich opakované vybavení. Úloha terapeuta je právě v tom, aby vedl pacienta k takové pohybové aktivitě, která zajistí kýžený růst axonů (a vůbec průběh strukturální i funkční neuroplasticity). Bez terapeutické intervence by se axony a dendrity větvaly „jako dříví v lese“. Fyzioterapeut je s nadsázkou řečeno zahradníkem, který stříhá živý plot. Reedukace motoriky je ztížena skutečností, že paretická HK neoplývá dobrou volní pohyblivostí, je tedy třeba zařadit rafinovanější způsob terapie, který by dosáhl výše zmíněných cílů. Zrcadlová terapie je vhodným kandidátem pro tuto příležitost. Terapeutická intervence provokuje plasticitu, vytváří a zvyhodňuje spoje a okruhy, jejichž začlenění do řízení motoriky souvisí s fyziologickým motorickým chováním pacienta. Podoba mozku je formována i během doby, kdy pacient necvičí. Tato doba je navíc nepoměrně delší. Pohybuje-li se pacient během času, kdy necvičí, v patologických pohybových vzorech, dochází k jejich podporování a upevňování. Pokud nejsou terapií indukované změny zavzaty do řízení pohybových automatismů, je jejich význam pomíjivý. Pacient s parézou nemá možnost volní kontroly paretické horní končetiny, navíc může být spasticitou omezován i v pasivní hybnosti.

2.1.6.3 Rašení trnů dendritů

Trny dendritů představují většinu post synaptických excitačních receptorů. Chovají se jako malé biochemické jednotky, v klidovém stavu omezují difuzi Ca^{2+} a dalších excitačních iontů a jsou-li aktivovány, uvolňují tyto mediátory. Během několika prvních hodin po iktu ztrácí přeživší neurony v okolí infarktu své dendritické trny. Děje se tak v důsledku změn vzrušivosti a iontové homeostázy (koncentrace intra a extracelulární koncentrace elektrolytů Zn^{2+} a Ca^{2+}) způsobené ischemií a reperfuzí. U určitého procenta přeživších dendritických trnů v periinfarktní oblasti lze pozorovat jejich prodloužení. Změna délky je protektivního významu, delší dendrit hůře vede elektrické a biochemické excitační impulsy a chrání tak neuron před excitotoxicitou a smrtí. V post- ischemickém mozku dochází ke spontánnímu uvolňování Ca^{2+} (Brown et al., 2008; p. 1286). V průběhu následujících dvou týdnů jsou ideální podmínky pro obnovu dendritů neuronů v peri- infarktní oblasti a somatosenzorické kortexu, odpovídajícímu paretické končetině. Nově vzniklé trny jsou oproti původním kratší (Brown et al., 2007; pp. 4101 - 4106). Délka a tvar trnů značně ovlivňují funkční vlastnosti neuronů a souvisí s motorickým učením a pamětí (Matsuzaki et al., 2004; pp. 1 – 6). Rozhodující pro míru a strukturu formování dendritů je aktivita paretické končetiny (Benowitz and Carmichael, 2010; p. 3). Po uměle vyvolaném CMP u laboratorních krys dochází při znemožněném používání paretické končetiny k rašení

dendritů a zvýšení počtu jejich trnů v motorické oblasti kontralezionální hemisféry (Jones and Schallert, 1994; pp. 2140 - 2151 ; Jones et al., 1996; p. 142 - 147). Tyto změny nenastávají, pokud je krysám v používání neparetické končetiny zamezeno (Jones et al., 1999; pp. 10153 - 10162).

2.1.6.4 Neurogeneze

V okolní tkáni ložiska ataky je ischemií aktivován hypoxií- indukovaný faktor 1, který odstartuje produkci cytokinu eritropoetinu (EPO) (Carmichael, 2006; p. 740). (Dirnagl et al., 2003; pp. 248 - 251). EPO způsobuje proliferaci multipotentních nervových kmenových buněk v subventrikulární zóně a přitahuje migrující neuroblasty do okolí ložiska mrtvice, kde se dále podílí na jejich diferenciaci v neurony či gliové buňky (Zhang et al., 2005; pp. 408 - 413). Zda a jak se nově vzniklé neurony podílí na reparaci, není zcela jasné. K úpravě stavu pacienta dochází často dříve, než neuroblasty doputují na místo určení a dozrají. Vzhledem k tomu lze usuzovat, že jejich funkcí je podporovat reorganizace pre - existujících korových okruhů. Pohyby svalů jsou řízeny přímými kortiko- spinálními spoji vycházejícími z pyramidových buněk motorického kortexu. Je nepravděpodobné, že tyto by mohly být ve funkci nahrazeny kmenovými buňkami. Návrat dobrého zdravotního stavu pacienta se spíše pojí s převzetím řízení hybnosti neponičenými motorickými oblastmi, jako jsou okolní motorická kůra či striatum (Kolb et al., 2007; p. 983 - 995).

2.1.6.5 Synaptogeneze a reakce neuro- gli- vaskulárního komplexu na iCMP

Po uplynutí jednoho měsíce od ataky pokračuje geneticky podmíněná kaskáda dějů zvýšením markerů signalizujících tvorbu nových synapsí (Stroemer et al., 1995; pp. 2135 - 2136). Reakce neuronů, gliových buněk (astrocytů) a cévní sítě na ischemickou ataku jsou vzájemně provázány. Mozkový infarkt způsobí prořídnutí kapilární sítě a snížení perfuze mozkové tkáně v místě léze. Neurony a glie uvolňují látky stimulující novotvorbu cév, jejichž koncentrace je přímo úměrná úpravě stavu pacientů po iktu (Allred et al., 2014; pp. 1 - 3). Tyto látky podporují i neurogenezi (Ohab et al., 2006; p. 13007). Nově vzniklé cévy uvolňují látky podporující rozvoj a přežití nervové tkáně a růstové faktory stimulující neurogenezi (Herman and Chopp, 2012; pp. 1 - 5). Zajištění dostatečného průtoku krve je esenciální pro neurální remodelaci. Správně načasovanou fyzioterapeutickou intervencí lze podnítit a urychlit reparační neuroelasticitu. Senzorická stimulace pacienta již tři dny od infarktu podporuje sekreci pro angiogenních faktorů a zvyšuje perfuzi poškozené části mozku, čímž přispívá ke kvalitnější funkční reparaci (Whitaker et al., 2007; pp. 57 - 67). Ze studií prováděných na zvířatech vyplývá, že vynucená aktivita paretické přední končetiny

facilituje aktivitu astrocytů (Bury et al., 2000; pp. 743 - 754). Astrocyty uvolňují trombospondiny pro tvorbu synapsí (Eroglu et al., 2009; p. 2), cholesterol, pro vyžívání synapsí (Goritz et al., 2005; p. 190) a D- serin pro jejich posílení či redukci (Panatier et al., 2006; pp. 755 - 782).

2.2 Interhemisferické interakce

Pojem interhemisferické interakce značí vzájemný vztah mezi oběma korovými hemisférami. Reciproční vlivy mohou probíhat v kladném slova smyslu, v takovém případě mluvíme o interhemisferické facilitaci (IHF), nebo v záporném. V druhém případě hovoříme o interhemisferické inhibici (IHI).

Interhemisferická, neboli transkalózní inhibice je termín, označující tlumivý vliv aktivnější korové hemisféry na hemisféru druhostrannou. Pyramidové neurony třetí korové vrstvy primární motorické oblasti (M1) jsou prostřednictvím inhibičního GABAergního interneuronu nacházejícího se v corpus calosum spojeny se stejnými neurony druhé hemisféry. Neurony třetí vrstvy mohou ovlivňovat vzrušivost pyramidových kortikospinálních neuronů, které jsou uloženy v páté korové vrstvě stejné hemisféry (Avanzino et al., 2014; p. 2585). Při pohybech jedné poloviny těla, například pravé horní končetiny, se silněji aktivují motorické oblasti levého frontálního laloku ovládající příslušné svaly. Stejně oblasti pravé hemisféry jsou touto aktivitou inhibovány. V klidovém stavu panuje mezi tlumivými vlivy obou polovin kortexu rovnovážný stav (Grefkes et al., 2008; p. 1382). Tato harmonie interhemisferických interakcí je třeba pro generování volných pohybů (Ferber et al., 1992; p. 527).

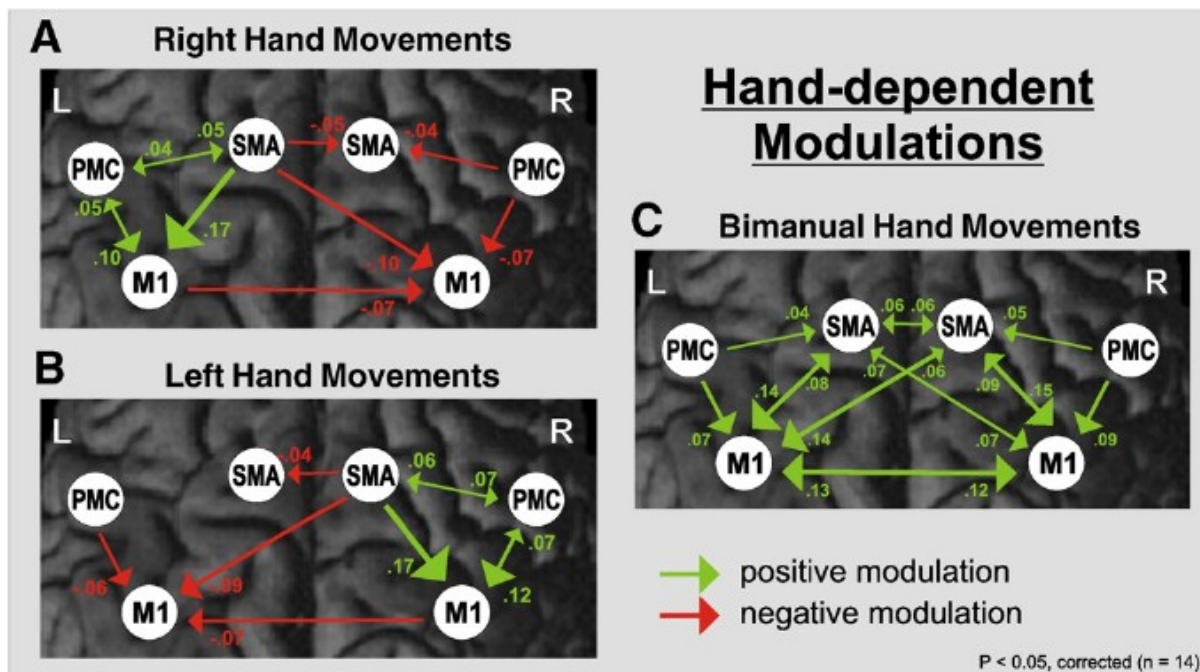
Ischemická ataka vyvolá značné změny v aktivačních schématech mozkových okruhů a ovlivní transkalózní komunikaci (Carmichael, 2012; p. 161; Kang et al., 2011; p. 748). Dojde-li v důsledku iCMP k motorickému či senzorickému deficitu určité části těla, jsou aferentní i eferentní informace v prvních týdnech po iktu přesměrovány do odpovídajících oblastí kontralezionální hemisféry. Ta se tak stává aktivnější a vyvíjí tlumivý vliv na ipsilezionální hemisféru. Během tohoto „období hájení“, které odpovídá akutní a subakutní fázi rekonvalescence, probíhá v ipsilezionální hemisféře strukturální a funkční reorganizace. Neurony peri- infarktní oblasti a oblastí původně spojených s ložiskem infarktu vysílají nové axony či přepojují již existující do nových okruhů pro správu paretické části těla. Postupem

času dochází působením spontánní reparační plasticity a rehabilitace k vytvoření náhradních okruhů pro řízení hybnosti a vnímání aferentních vjemů z paretické oblasti. Následně může dojít k opětovnému přejetí kontroly ipsilezionální hemisféry nad paretickou končetinou (Benowitz and Carmichael, 2010; p. 2 - 3). Přechodná hyperexcitabilita kontralezionální primární motorické oblasti (M1) silně inhibuje M1 ipsilezionální hemisféry, a tak brání vzrůstu její aktivity (Liepert et al., 2000; pp. 1210 - 1214). Přetrvávající přílišné tlumení primární motorické oblasti ipsilezionální hemisféry znemožňuje kvalitní motorickou kontrolu paretické HK (Murase et al., 2004; p. 400). Snížení inhibičního vlivu intaktní hemisféry kladně ovlivní úpravu hybnosti paretické končetiny (Takeuchi et al., 2009; pp. 1049 – 1054; Takeuchi et al., 2012; pp. 1 – 8).

Z výše uvedeného lze implikovat, že úprava pacientova stavu je podmíněna přestavbou a zapojením aferentních a eferentních okruhů ipsilezionální hemisféry do akce, a nikoli převzetím motorické a senzitivní kontroly kontralezionální hemisférou (Carmichael, 2006; p. 735). Spoje pro řízení motoriky paretické končetiny vycházející z kontralezionální hemisféry jsou pomocí fMRI často objeveny u pacientů s nedobrou úpravou stavu (Murase et al., 2004; p. 400). Vyrovnání poměru aktivit hemisfér co nejlépe k rovnovážnému stavu umožňuje přeživiší nervové tkáni efektivnější zapojení do fungujících okruhů a je přímo úměrné úspěšnosti rehabilitace pacientů. Rehabilitační techniky, které cílí na potencování neuroplastických procesů mohou urychlit a zkvalitnit úpravu stavu u pacientů po iCMP.

2.2.1 Terapeutická modulace interhemisferických interakcí

Volní pohyby paretickou končetinou silně aktivují postiženou hemisféru, ale s přihlédnutím k obtížnosti vybavení volní motoriky paretické končetiny je třeba zařadit alternativní metody facilitující lezionální hemisféru (Kang et al., 2011; p. 755). Vhodnější podmínky pro vybavení volních pohybů paretické končetiny nastávají, vykonává-li člověk oběma horními končetinami současně stejné pohyby (Stewart et al., 2006; p. 89). Primární motorické oblasti obou hemisfér se aktivují souběžně a area M1 kontralezionální hemisféry nemá inhibiční vliv na ipsilezionální M1. Naopak pohyby paretické končetiny facilituje a podněcuje plastickou přestavbu poškozené hemisféry (Stinear and Byblow, 2004; pp. 124 - 125), jak je vidět na obrázku tři. Navzdory pomnutí tlumivého proudu a facilitační aktivitě kontralezionální hemisféry, se paretická končetina ne vždy dovede zapojit do bilaterálních pohybů.



Obrázek 3. Na obrázcích A a B je znázorněn inhibiční proud (červené šipky) aktivní hemisféry vůči neaktivní během pohybů pouze jednou končetinou. Obrázek C schematizuje vzájemnou podporu (zelené šipky) hemisfér při současném pohybu obou horních končetin (Grefkes et al., 2008; p. 1389).

Bilaterální motoriku HKK je možné simulovat pasivním pohybováním paretickou končetinou pomocí aktivních pohybů intaktní horní končetiny. Patnáct minut takovéto aktivně - pasivní bilaterální lokomoce (APBP) dává u pacientů po iCMP vzniknout třicet minut trvajícím potlačení inhibice z kontralezionální hemisféry. Během tohoto „okna“ je snazší a výhodnější oslovit ipsilezionální hemisféru a podnítit plastickou přestavbu CNS. Takové vnitřní podmínky zvyšují šance rehabilitace na zapojení utlumených center do běžného fungování (Stinear et al., 2014; p. 205).

Provádění MT poskytuje zrakovou zpětnou aferenci dokládající úspěšné provádění bilaterálních pohybů. Je však takové ošálení mozku přínosné, když při něm nedochází ke skutečnému pohybu?

Läppchen a spolupracovníci využili k objektivizaci účinků zrcadlové terapie na modulaci aktivit mozkových hemisfér u zdravé populace transkraniální magnetickou stimulací (TMS). U kontrolní skupiny bylo namísto zrcadla použito neodrazné desky. Pohybující se ruka byla vždy pravá, tedy ta, ovládaná levou hemisférou. Levá HK, která

by u pacientů odpovídala paretické, byla položena za zrcadlem či deskou. Cvičení zvýšilo u kontrolní skupiny vzrušivost primární motorické oblasti (M1) levé hemisféry (u pacientů by se jednalo o kotralezionální hemisféru), naproti tomu u pokusné skupiny, která využívala zrcadlo, ji snížilo. V pravé (hypoteticky ipsilezionální) hemisféře nedošlo u kontrolní skupiny k žádným změnám. U pokusné skupiny byla patrná disinhibice M1. Zvýšení aktivity motorických oblastí frontálního laloku pravé poloviny mozku bylo umožněno poklesem aktivity na druhé straně (Läppchen et al., 2012; pp. 2857 - 2860).

Garry a spolupracovníci porovnávali vzrušivost ipsilezionální M1 při sledování pohybující se ruky, nepohybující se ruky, vyznačeného bodu mezi rukami a sledováním odrazu pohybu v zrcadle. Prokázali, že u zdravých probandů je vzrušivost primární motorické oblasti ipsilezionální hemisféry signifikantně vyšší, sledují-li odraz pohybující se nepatetické HK v zrcadle, než když sledují středový bod či nepohybující se končetinu. Při zaměření pohledu na pohybující se nepatetickou končetinu byl rozdíl menší, avšak stále ve prospěch zrcadlové terapie. Provádění zrcadlové terapie tedy vede k interhemisferální facilitaci primární motorické oblasti ipsilezionální hemisféry. Tato facilitace nastává bez ohledu na stranovou preferenci cvičícího (Garry et al., 2005; pp. 118 – 121).

Jiná studie zkoumala efekt provádění zrcadlové terapie u pacientů v chronickém stádiu po iCMP. Touto studií byla za využití funkční magnetické rezonance prokázána změna poměru aktivity mezi M1 obou hemisfér ve prospěch hemisféry ipsilezionální (Michielsen et al., 2011; pp. 1 - 9).

Pozorování odrazu pohybu nepatetické končetiny v zrcadle facilituje kortikospinální vzrušivost ipsilezionální hemisféry a pomáhá tak nastolení rovnováhy sil obou hemisfér. Provádění zrcadlové terapie podněcuje silnější aktivitu motorických oblastí postižené hemisféry, než přímá observace pohybu či jeho imaginace. Možným vysvětlením je aktivace systému zrcadlových neuronů a navození perceptuální iluze (Kang et al., 2011; pp. 755- 756).

2.3 Systém zrcadlových neuronů

Zrcadlové neurony byly poprvé objeveny ve ventrální premotorické oblasti F5 makaka rhesus v roce 1996 (Rizzolatti et al., 1996; p. 291), později byly nalezeny i v inferiorní části parietálního laloku, konkrétně v oblasti PF, která odpovídá Brodmanově arei

(BA) 7B (Rizzolatti et al., 2001; p. 662). Jedná se o systém nervových buněk, které pálí (šíří akční potenciál), když opice provádí určitý pohyb, a také když sleduje provádět stejný pohyb jinou opici. Stejně nervové buňky jsou aktivní při vlastním provádění určité motorické aktivity a/ nebo sledování stejných pohybů v chování jiného jedince. Systém vizuomotorických zrcadlových neuronů tak sjednocuje percepci s akcí (Cattaneo and Rizzolatti, 2009; p. 557).

Později byla jejich existence potvrzena i u člověka (Cochin et al., 1998; pp. 287- 293). Zrcadlové neurony se v lidském mozku nacházejí v oblasti ekvivalentní arei F5 makaka, tedy v premotorickém kortexu frontálního laloku, konkrétně v inferiorní části gyrus precentralis a posteriorní části inferiorního frontálního gyru (BA 44 a 6), dále byly popsány v inferiorním parietálním laloku (včetně kortexu oblasti intraparietálního sulku) a okřscích okcipitálního, temporálního a parietálního laloku souvisejících se zpracováním zrakové aference. (Rizzolatti and Craighero, 2004; p. 176; Rizzolatti and Sinigaglia, 2010; p. 265).

Tyto nervové buňky umožňují porozumění motorickému chování ostatních tím, že si jej představíme na vlastním motorickém prožitku. Díky těmto polymodálním neuronům dovedeme také pochopit záměr pohybového chování bytostí v našem okolí. Vidíme tedy, co sledovaná osoba dělá a zároveň si vytváříme domněnku, proč to dělá. Dále je systém zrcadlových neuronů (MNs) pokládán za neurologický substrát učení se novým pohybům jejich imitací. V neposlední řadě se MNs podílí na schopnosti empatie. (Rizzolatti, 2005; p. 419). Všechny tyto jevy fungují na stejném principu, a sice projekce percepce do vlastního motorického (i když neuskutečněného) prožitku.

U člověka rozeznáváme parietofrontální a limbický systém zrcadlových neuronů (Cattaneo and Rizzolatti, 2009; p 558).

2.3.1 Parietofrontální systém zrcadlových neuronů

Každá oblast motorického frontálního kortexu dostává informace z více senzoričkých oblastí parietálního laloku. Až na výjimky je spoj s jednou oblastí podstatně silnější (predominantní), než spoje s ostatními oblastmi. Stejně funkční zapojení se uskutečňuje i obráceně. Tyto okruhy jsou tedy reciproční. Neurony predominantně provázaných areí disponují podobnými vlastnostmi. Parietofrontální okruhy umožňují senzomotorickou intergaci, ze které dále vyplývají konkrétní rysy lidského chování. Různé parietofrontální okruhy jsou uzpůsobeny k různým účelům a představují funkční jednotky korového motorického systému (Rizzolatti et al., 1998; p. 284).

Výše zmíněné oblasti frontálního a parietálního laloku, kde se nacházejí zrcadlové neurony, jsou také propojeny v rámci parietofrontálních okruhů a jejich úlohou je především zprostředkovat porozumění akcím (motorickému chování) ostatních jedinců jejich připodobněním k vlastním pohybům (Cattaneo and Rizzolatti, 2009; p 557). Reciproční propojení mezi frontální oblastí F5 a parietální PF zajišťuje kooperaci mezi sledováním a prováděním akce (action observation- action execution circuit) (Rizzolatti and Sinigaglia, 2010; pp. 264- 272). Význam tohoto okruhu vychází z vlastností polymodálních integračních neuronů, které jej tvoří. Vizuomotorické neurony v F5 sjednocují vizuální informace s motorikou pro oblast ruky. Reagují pouze na situace, při nichž ruka, ať už vlastní nebo cizí, uchopuje jistý objekt, například skleničku, s určitým cílem (další manipulace) (Rizzolatti et al., 1998; p. 288). Neaktivují se při samotném pohledu na předmět, ani když je předmětem manipulováno pomocí jiného nástroje. Reagují na uchopování, umístování, držení, trhání a pouštění předmětů. V oblasti PF jsou vizuotaktilní neurony, jejichž referenční pole monitorující dění v oblasti obličeje, paže a ruky, se vzájemně překrývají. Také se zde nacházejí vizuomotorické neurony, které reagují na pohyby ruky (například úchop) lidí v okolí a jsou aktivní při vlastních pohybech rukami. Tento okruh je uzpůsoben k porozumění motorického chování ostatních (Calvert et al., 2004; p. 438).

Mezi frontálním a parietálním lalokem existuje řada dalších okruhů různého významu. Například reciproční spoj mezi oblastmi F4 a VIP, který zprostředkovává vnímání prostoru kolem těla a pohyb cizích těles v tomto prostoru, nebo okruh obousměrně propojující oblasti F2 s V6A a MIP, utvořený pro kontrolu a úpravu polohy a trajektorii ruky při pohybu k cíli (Calvert et al., 2004; pp. 426- 434; Rizzolatti et al., 1998; pp. 283- 294).

Parietofrontální MNs umožňuje celou řadu fenoménů lidského chování.

2.3.1.1 Rozeznání pohybů

Tím, že si na vlastních svalech v náznaku představíme sledovaný pohyb získané informace o tom, co sledovaný subjekt provádí (Rizzolatti, 2005; p. 419). Lépe si představíme pohyb, které již jsou součástí našeho pohybového repertoáru. Sledování pohybů jiného jedince nevyvolá u zdravého dospělého člověka skutečnou motorickou aktivitu, ale ve svalech, které by prováděli sledovaný pohyb, lze naměřit zvýšené motorické evokované potenciály (MEPs) (Cattaneo and Rizzolatti, 2009; p 558).

2.3.1.2 Záměr pohybů

Člověk také dovede rozlišit záměr pohybu. Jiné zrcadlové neurony se aktivují, vidíme-li člověka uchopit jablko se záměrem vložit jej do nákupního košíku, než když jde o úchop s cílem kousnutí do jablka. Motorická akce v určitém kontextu, například úchop předmětu s cílem další manipulace s ním, vyvolá oproti úchopu předmětu bez cíle jeho dalšího použití aktivitu v BA 44 a přiléhající oblasti ventrální premotorické kůry (BA 6). (Iacobini et al 2005; 529- 534).

2.3.1.3 Imitace pohybů

Imitace pohybů, neboli obohacení vlastního pohybového repertoáru osvojením si sledovaného pohybu patří také do kompetence systému zrcadlových neuronů (jak je znázorněno na obrázku 4 pod tímto odstavcem). MNs vytváří „motorickou kopii“ sledovaného pohybu a ponecháme-li představě toho pohybu tak, jak ho cítíme svaly vlastního těla volný průběh či dopomůžeme k vybavení tohoto pohybu vlastní vůlí, dojde k jeho provedení (Rizzolatti, 2005; pp. 419- 420). Brodamnova area 46 prefrontálního laloku byla označena jako neurologický substrát umožňující, ve spolupráci se systémem zrcadlových neuronů, imitaci pohybů (Buccino et al., 2004; p. 323). Specifickým příkladem imitace je učení se mateřského jazyka a porozumění řeči jako takové. Jde však pouze o část z množství složitých dějů, které zajišťují schopnost verbální komunikace (Rizzolatti and Arbib, 1998; pp. 188- 193).



Obrázek 4. Fotka znázorňuje kojence (dva- tři týdny po porodu), jak prost zásoby vlastních pohybů, imituje pohyby dospělých ve svém okolí (Meltzoff and Moore, 1977; p. 75).



Obrázek 5. Tento výjev zachycuje obdobnou reakci u stejně starého mláděte šimpanze (Myowa-Yamakoshi et al., 2004; p. 340).

2.3.2 Limbický systém zrcadlových neuronů

Toto společenství nervových buněk je lokalizováno v inzule a cingulatu. Slouží k chápání pohybů spojených s prožíváním emocí. Tyto zrcadlové neurony jsou aktivní při prožívání určité emoce stejně tak, jako při sledování jiného člověka nebo zvířete prožívajícího

stejnou emoci. Vědci soudí, že těmto nervovým buňkám vděčíme za schopnost empatie, čili schopnost vžít se do pocitů jiného člověka (Rizzolatti, 2005; p. 420). Wicker a kolegové prokázali existenci tohoto systému, když vystavili účastníky svého pokusu nepříjemným pachům a nahrávali při tom výrazy jejich obličejů, později tato videa přešli druhé skupině probandů. Obě skupiny vykazaly podle fMRI aktivitu stejných zrcadlových neuronů v přední části inzuly a cingula (Wicker et al., 2003; pp. 655- 662). Pozorujeme-li tedy člověka s určitým výrazem ve tváři, nevidíme pouze pohyby mimického svalstva, ale chápeme, co vyjadřují. Dalším příkladem je nepříjemný pocit, který v pozorovateli vyvolá, je-li očitým svědkem zranění, například vyvrknutého kotníku jiného člověka.

2.3.3 Systém zrcadlových neuronů a zrcadlová terapie

Zrcadlové neurony se aktivují během provádění zrcadlové terapie. Sledování odrazu pohybu vlastní končetiny vyvolává stejnou odezvu, jako sledování pohybu jiného člověka, ovšem s tou výhodou, že zobrazuje fyziologicky probíhající pohyby paretické končetiny, tedy bez disability a umožňuje tak jejich reedukaci odkoukání od sebe sama. Navíc sledování určitého pohybu a jeho současné provádění značně podněcuje plasticitu motorického kortexu (Cattaneo and Rizzolatti, 2009; p. 559; Carvalho et al., 2013; pp. 45- 47).

Nahlédneme-li na v kapitole 2.1.2.1 zmíněný postulát Donalda Hebba, který zní, že mezi neurony, které současně pálí, jsou vytvořeny spoje, z opačného konce, můžeme tvrdit, že neurony, mezi kterými jsou (silné) spoje, pálí současně. Sensorické neurony parietálního laloku a motorické neurony frontálního laloku se aktivují během pohybu i sledování pohybu. Motorický kortex (ovládající paretickou HK) lze tedy aktivovat bez sebemenší motorické aktivity té končetiny, pouze adekvátní sensorickou stimulací, ať už zrakovou či taktilní, to podle toho, na jaké stimuly bi/ trimodální neurony reagují (Rizzolatti and Craighero, 2004; p. 174).

Magnetoencefalografická (MEG) studie potvrdila aktivitu motorického kortexu při sledování pohybů prstů (Hari et al., 1998; pp. 15061- 15065). Cochin a kolegové zdokumentovali stejný jev pomocí EEG (Cochin et al., 1999; pp. 1839- 1841). Pozorování pohybů může urychlit návrat funkční hybnosti u pacientů po CMP (Burns, 2008; pp. 570- 579). Provádění zrcadlové terapie vede u těchto pacientů ke kvalitnější úpravě motorického deficitu cestou posílení okruhů pro pozorování a uskutečňování motorických akcí (Action observation- action execution circuits) (Garrison et al., 2010; pp. 404- 412).

2.3.4 Audiovizuomotorické neurony

Určitá část populace zrcadlových neuronů se aktivuje stejně jako při pohledu na pohyb i při zachycení typických zvuků pro určitou aktivitu. Tyto nervové buňky označujeme jako trimodální audiovizuomotorické neurony (Keysers et al., 2003; p. 628). Rozeznat, jaký pohyb provádí člověk v našem okolí lze v mnoha případech na základě samotného sluchu. Například zachytí-li člověk zvuk lusknutí prstů, rozezná, jaká motorická akce mu dala vzniknout a dojde k současné aktivaci zrcadlových neuronů, které svojí motorickou částí ovládají svaly, které by prováděli pohyb lusknutí prstů na vlastním těle (Rizzolatti and Sinigaglia, 2010; p. 267).

Reakce na podnět oslovující tři modalit (například zrak, sluch a taktilní cití), je rychlejší, než reakce na stimul bimodální, která je rychlejší oproti odpovědi na oslovení pouze jednoho smyslu. S rostoucím počtem oslovených modalit tedy klesá reakční čas organismu- motorická odpověď. Síla reakce roste s klesající intenzitou taktilních a sluchových podnětů. Výsledná síla odpovědi na podráždění bimodálního či trimodálního neuronu se ukázala převyšovat součet intenzity reakcí oněch tří zúčastněných modalit odděleně (Diederich and Colonius, 2004; p. 1388).

Na základě těchto poznatků je možné nastavit při provádění zrcadlové terapie takové podmínky, které umožní větší výtěžnost této terapie, například spojit konkrétní pohybové prvky s tlumenými zvuky typickými pro takový pohyb.

2.4 Perceptuální iluze

K perceptuálním iluzím dochází, když si informace o určitém ději, zaznamenané receptory náležitými různým modalitám, protiřečí. Jednotlivým sensorickým vstupům je přiřazována různá důvěryhodnost a v případě rozporných informací se mozek stoprocentně spolehne na jednu z nich. Děje se tak v závislosti na souboru zkušeností, které se během života v CNS nastrádaly. Který smysl je dominantnější, záleží na konkrétní situaci (Ramachandran and Altschuller, 2009; pp. 1697 - 1700). Rock a Victor dokázali, že ve většině případů je u člověka dominantním smyslem zrak. Když náhodná osoba drží v ruce předmět a zároveň má nasazený zvětšovací brýle, nejen že vidí onen předmět větší, ale také ho vnímá jako větší (Rock and Victor, 1964; pp. 594 - 596). Je tedy pravděpodobnější,

že mozek se bude v konfliktní situaci řídit vizuální aferencí, než například propioceptivními či somatosenzitivními informacemi (Mosley et al., 2008; p. 7).

Vnímání těla je uskutečňováno na podkladě zpracování a integrace multisenzorické aference. Simulací kontroverzních podmínek je možné cíleně vyvolat perceptuální iluze, například optické či propioceptivní. V nastalých situacích člověk vyhodnocuje pozici, velikost, bolestivost či náležitost části těla k vlastním osobě subjektivně jinak, než jak tomu je ve skutečnosti. Takovéto manipulace s lidským vnímáním mohou dosahovat terapeutického efektu.

2.4.1 Iluze gumové ruky

Dalším příkladem dominance zrakových vjemů nad somatopercepčními informacemi je iluze gumové ruky (rubber hand illusion- RHI). Tato iluze je vyvolána současnou taktilní stimulací stejného prostou gumové ruky položené před pacientem v místech, kde by se jinak pravděpodobně nacházela jeho skutečná ruka. Pacientova skutečná ruka schovaná mimo zrakovou kontrolu. Proběhne integrace zrakových a taktilních vjemů, na základě které mozek rozhodne, že gumová ruka je součástí vlastního těla a „adoptuje jí“. Navození RHI podléhá určitým pravidlům multisenzorické integrace. Je třeba dodržet synchronitu stimulů a také umístění gumové ruky vůči tělu do vzdálenosti uvěřitelné pro výskyt skutečné ruky. V některých experimentálních studiích byla skutečnost pocitu sounáležitosti gumové ruky k tělu dokázána tím, že do ní byl po nastolení iluze zabodnut nůž nebo byla praštěna kladivem. Reakce probandů byla často úlek a křik s předtuchou bolesti. Prostřednictvím konduktometrie kůže byly zdokumentovány vazomotorické reakce na údajně inzultované končetině, které potvrzují i participaci (a oklamání) vegetativního nervového systému (Armel and Ramachandran, 2003; pp. 1499 - 1506; Botvinic and Cohen, 1998; p. 756; Lloyd, 2007; pp. 104 - 107).

Vnímání těla je natolik závislé na smyslové aferenci, že správnou manipulací těchto vstupů je možné vyvolat pocit opuštění vlastního těla a „adoptování“ plastové figuríny. Informace o této iluzi jsou k vyhledání pod názvem iluze výměny těl (body swap illusion).

2.4.2 Iluze vznikající při provádění zrcadlové terapie

Zrcadlová terapie navozuje perceptuální iluzi. Fyziologicky se pohybující odraz v zrcadle nahrazuje v pacientově vnímání těla paretickou horní končetinu. I tento stav prokazuje dominanci zraku nad povrchovým a hlubokým čítím. Této iluze lze využít ke zlepšení motorické kontroly paretické HK či ke snížení její bolestivosti. Informace

o poloze paretické horní končetiny se neshodují s informacemi dodanými proprioceptory, receptory taktilního čítí a termoceptory, protože paretická HK leží skryta za zrcadlem a somatopercepční receptory hlásí nepohyb, kontakt s (chladnou) podložkou. Zrakem zachycená informace o pohybu prováděném paretickou končetinou (odraz pohybu zdravé HK v zrcadle) je vyhodnocen jako informace vyšší věrohodnosti a člověk si tak může uvědomovat velmi opravdový pocit pohyblivosti paretické končetiny, který přetrvává, ačkoli ví, že k němu ve skutečnosti vůbec nedochází či je uskutečňován pouze v omezeném rozsahu pohybu.

Lidská motorika se zakládá na senzoričké podkladě. Člověk vnímá svoje tělo a zevní svět pomocí integrace informací zprostředkovaných smysly. Na základě takto získané ucelené představy vznikají motorické reakce na zjištěné podmínky. Vizuali zápná vazba dokonale probíhajícího pohybu paretické končetiny vytváří pocit pohybu obou končetin současně a přispívá k reorganizaci poškozéné mozkové tkáně, a tím k reedukaci motoriky a funkční reparaci u pacientů po iCMP.

Pacienti, kteří se při provádění klasické zrcadlové terapie neztotožňují s rukou v zrcadle, většinou dobře reagují na zkombinování obou výše uvedených iluzí. Neparetická ruka je drážděna štětce a po krátké době se dostavuje pocit, že ruka za zrcadlem je taktilně stimulována na stejných místech. Shoda taktilní a vizuali aference v tomto případě vede k tlumení bolesti (Schmalzl et al., 2013; pp. 10 - 18). Boesch a kolegové se domnívají, že multisenzoričká stimulace zahrnující povrchové čítí rozrušuje vazbu bolesti na pohyb. Pacient v zrcadle vidí pohybující se paretickou končetinu, aniž by cítil bolest (Boesch et al., p. 527).

3 Cíle práce a hypotézy

3.1 Cíle práce

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit přínosnost zrcadlové terapie pacientům po ischemické cévní mozkové příhodě. Tohoto cíle bylo dosaženo porovnáním povrchové elektromyografických (SEMG) dat mezi pokusnou a kontrolní skupinou. Dále byly porovnány výsledky pacientů z obou skupin získané s využitím Fugl- Meyer škály.

3.2 Vědecké otázky a hypotézy

Vědecká otázka 1: Nastane u pacientů pokusné skupiny statisticky významná odlišnost v rozdílu počtu získaných bodů ve Fugl- Meyer testu před a po terapii, oproti pacientům z kontrolní skupiny?

Hypotéza H_01 : Neexistuje statisticky významná odlišnost v rozdílu počtu získaných bodů ve Fugl- Meyer škále mezi pokusnou a kontrolní skupinou před a po terapii.

Vědecká otázka 2: Nastane u pacientů pokusné skupiny statisticky významná odlišnost v rozdílu hodnot sledovaných parametrů SEMG aktivity snímaných svalů HK před a po terapii, oproti pacientům z kontrolní skupiny?

Hypotéza H_02 : Neexistuje statisticky významná odlišnost v rozdílu hodnot sledovaných parametrů SEMG záznamu mezi pokusnou a kontrolní skupinou po terapii.

4 Metodika

4.1 Charakteristika souboru a design studie

Cílem práce bylo vytvořit dvě sourodé skupiny pacientů s hemiparézou horní končetiny v důsledku ischemické cévní mozkové příhody. Všichni pacienti byli po svém prvním iCMP, které utrpěli méně než rok před zahájením vzájemné spolupráce.

Průměrný věk pacientů pokusné skupiny byl 58 let. Poměr praváků a leváků byl 6:2 a všech osm pacientů bylo mužského pohlaví. Průměrné stáří pacientů kontrolní skupiny bylo 54 let. Poměr praváků a leváků byl 4:2 a všech šest pacientů bylo rovněž mužského pohlaví.

Pacientům v pokusné skupině bylo do rehabilitačního programu přidáno celkem pět sezení, při nichž prováděli zrcadlovou terapii. V průběhu první a poslední cvičební jednotky zrcadlové terapie byly pomocí povrchové EMG měřeny akční potenciály vybraných svalů. Před prvním a po posledním cvičebním bloku pacienti taktéž absolvovaly Fugl- Meyer test. Časový odstup mezi vstupním a výstupním měření byl dva až tři týdny.

Členové kontrolní skupiny absolvovali pouze dvě setkání, během nichž proběhlo měření EMG aktivity stejných svalů při stejných pohybech a totožnými vnějšími podmínkami, jako u pacientů experimentální skupiny. Zároveň proběhlo i ohodnocení funkčních dovedností paretické HK pomocí Fugl- Meyer škály. Mezi oběma měřeními byl stejný časový odstup, jako mezi vstupním a výstupním měření pacientů pokusné skupiny. Mezi těmito dvěma měřeními pacienti z kontrolní skupiny neprováděli zrcadlovou terapii.

Pacienti v obou skupinách přijímali konvenční terapii pracovníků rehabilitačního oddělení Fakultní nemocnice Olomouc ve srovnatelném množství, času a kvalitě.

4.2 Kritéria pro výběr pacientů

Pacienti vybraní do jedné či druhé skupiny museli splňovat následující kritéria. Pro zařazení do projektu bylo nutné, aby pacientova neparetická horní končetina byla plně pohyblivá a z anatomického hlediska kompletní. Dále bylo pokládáno za důležité, aby pacientův zrak byl dostatečně v pořádku a umožňoval dobrou vizuální zpětnou vazbu. V neposlední řadě byli vyhledáváni pacienti na dostatečné kognitivní úrovni pro pochopení instrukcí k správnému provádění zrcadlové terapie. Byla-li mezi pacientovými horními končetinami přítomna zrakem viditelná odlišnost, kupříkladu amputace části ruky či tetování,

kteřá by bránila vytvoření iluze vzájemného zaměnění horních končetin, nemohl být zařazen do studie. Pohlaví, věk a závažnost motorického deficitu pacientů nebyly rozhodujícím kritériem. Pacienti byli vyhledáváni na rehabilitačním oddělení Fakultní nemocnice Olomouc. Každý pacient byl před zahájením cvičení obeznámen s průběhem a okolnostmi studie, což potvrdil podepsáním informovaného souhlasu.

4.3 Nastavení podmínek pro měření

Pacient v průběhu cvičební jednotky seděl u stolu v takové pozici, ve které byly plošky jeho nohou v kontaktu s podlahou, obě ruce byly položeny na stole a flektovány v lokti (cca 40- 50° flexe). Židle, na které pacient během terapie seděl, byla přistavena ke stolu tak, aby přední částí trupu pacienta byla v kontaktu s boční hranou opěrné desky stolu. Zrcadlo bylo na stole umístěno téměř v sagitální rovině (vzdálenější konec zrcadla byl mírně vybočen k paretické straně) před hrudníkem pacienta, blíže k paretické straně směrem od osy hrudníku. Detailní nastavení zrcadla bylo inter- individuální, za optimální výchozí umístění pokládáme stav, kdy odraz neparetické horní končetiny jako by vycházel z paže či ramene paretické HK. Pro dobrou vizuální kontrolu s odrazem pohybů neparetické horní končetiny v zrcadle je přípustné odklonění pacientovi hlavy a trupu od mediální roviny. V zrcadle se však nesmí objevit ani část pacientova obličeje. Prostředí na stranu od pacientovy zdravé horní končetiny bylo upraveno tak, aby nedocházelo k odrazení rušivých objektů v pozadí. Zrcadlo bylo umístěno mezi horní končetiny cvičícího tak, že paretická HK je schovaná v zákrytu za ním, a tudíž mimo jeho zrakovou kontrolu. Vhodná pozice při cvičení je znázorněna na obrázcích 6 a 7. Obě horní končetiny se po celou dobu cvičení nacházely v co nejpodobnějším postavení vůči zrcadlu coby ose souměrnosti. S rostoucí vzdáleností HKK slábne síla percepční iluze, podobně jako je tomu u iluze gumové ruky. Odrasná plocha dosahuje rozměrů 40 x 50cm a je vyrobena z crystalplexu, aby při případném rozbití nedošlo k pořezání pacienta. Zvláštní zřetel byl brán na dokonalé odrazné vlastnosti zrcadla, protože zkreslující či vyklenutý obraz by mohl neblaze ovlivnit výsledky terapie.



Obrázek 6. a 7. Zachycují pacienta při provádění zrcadlové terapie. Na obrázku vlevo procvičuje pacient s levostrannou hemiparézou mačkání a uvolňování pěnového míčku. Na paretické paži jsou připevněny snímáče EMG aktivity svalů. Na obrázku vpravo pacient provádí střídání supinace a pronace v předloktí, přičemž v zrcadle sleduje odraz neparetické končetiny (vlastní zdroj).

K provedení experimentu bylo nutné zajistit: klidnou místnost, stůl, židli, zrcadlo, EMG Delsys, dva pěnové míčky na soft tennis, dvoje nůžky na stříhání papíru, Fugl- Meyer test a náležitosti k jeho provedení: jeden list papíru, tužka, plechovka a neurologické kladívko.

4.4 Průběh měření

Před zahájením terapie pacient odložil řetízky, prsteny či jiné předměty, umístěné na jedné nebo druhé horní končetině. Před zahájením první a poslední cvičební jednotky byly palpačně ozřejměny měřené svaly paretické HK. Následně bylo provedeno oholení chlupů a očištění kůže v místech, kam byly posléze přiloženy EMG snímací senzory.

Kromě prvního a posledního sezení probíhalo cvičení tak, že pacient prováděl všechny cviky oběma horními končetinami, paretickou v maximálním možném rozsahu pohybu, a sledoval přitom odraz pohybu neparetické končetiny v zrcadle. Všechny cviky byly vykonávány oběma končetinami zároveň a ideálně probíhaly co nejsymetričtěji jak z časového, tak z prostorového hlediska.

Při prvním a posledním sezení pohybovali pacienti při provádění úkonů, které jsou v níže uvedené skladbě cvičební jednotky zvýrazněny tučně nejprve pouze neparetickou HK a až později se přidala i paretická horní končetina. Formu cvičení, kdy se pohybuje pouze zdravá končetina, nazýváme pasivní. Pohyb obou končetin označujeme jako aktivní formu provádění MT.

Celková doba jedné cvičební jednotky byla dvacet minut. Set cviků, které pacient absolvoval během každého sezení, zahrnoval analytické i funkční pohyby. Posloupnost použitých cviků v této studii byla následující:

1. Přenášení hmotnosti na obě HK- tlak horními končetinami do podložky.
2. **Střídání pronace a supinace.**
3. Střídání ulnární a radiální dukce.
4. **Dorzální flexe v zápěstí.**
5. Abdukce a addukce prstů (ruka volně na podložce).
6. Svírání ruky v pěst.
7. Opozice palce vůči distálním článkům ostatních prstů.
8. Hrabání prsty.
9. Mačkání pěnového míčku.
10. **Koulení pěnového míčku** (v každé ruce byl jeden míček).
11. **Střihání nůžkami** (v každé ruce jedny nůžky).
12. Hnětení modelíny.

4.5 Získávání dat a objektivizace výsledků

Přínos integrace zrcadlové terapie do rehabilitačního procesu je vyhodnocován na základě dat naměřených povrchovou elektromyografií a skóre dosaženého ve Fugl- Meyer škále. Respektive spočíval v následném porovnávání naměřených a dosažených hodnot mezi pacienty pokusné a kontrolní skupiny.

4.5.1 Získávání a zpracování dat k první vědecké otázce

Funkční dovednosti paretické končetiny pacienta byly testovány pomocí Fugl- Meyer škály (FMA), a to před první a následně po absolvování poslední zrcadlové terapie. FMA je škála používaná k hodnocení aktuálního stavu pacientů po CMP.

Celý protokol se dělí na dvě poloviny a celkem sedm částí. První polovina (části A – D) se převážně zabývá hodnocením motoriky HK a rovněž se dělí na nižší podcelky. Část A hodnotí motoriku horní končetiny jako celku. Skládá se z pododdílů I - V. První pododdíl zkoumá výbavnost reflexů dvouhlavého a trojhlavého svalu paže. Další testují schopnost synergie volných pohybů. Modul IV hodnotí pacientovu schopnost pohybu s žádnou či minimální synergií. Poslední podjednotka je prováděna pouze, pokud pacient dosáhl maximálního hodnocení v části IV a zabývá se podrobněji výbavností reflexů. Část B je zaměřena na hodnocení motoriky zápěstí. Je zkoumána pacientova schopnost dorzální a palmární flexe s pokrčeným a extendovaným loktem. Dále stabilita v 15° dorzální flexe v obou polohách loketního kloubu a schopnost aktivní cirkumdukce zápěstí. Část C se věnuje motorickým dovednostem ruky. Skládá se z hodnocení síly různých typů úchopu. Část D se soustředí na přítomnost třesu, dysmetrie. Hodnotí také rychlost provedení pohybů paretickou končetinou srovnáním s časem, ve kterém stejný pohyb vykonala neparetické HK. Druhá polovina testu se dělí na tři hlavní části. V první části je hodnoceno povrchové a hluboké cití. Je testována schopnost pacienta rozlišit místo dotyku a polohy HK se zavřenými očima. Prostřední část se zabývá měřením pasivního rozsahu pohybů (pROM) v kloubech HK a poslední část hodnotí přítomnost bolesti horní končetiny. Za každý úkol je možné získat 0, 1 nebo 2 body. Body se sčítají. Jednotlivé oddíly lze vyhodnotit zvlášť. Celý protokol Fugl- Meyer škály je možné nalézt v přílohách.

Zpracování dat poběhlo v programu Microsoft Excel 2010. Výsledky testů byly u obou skupin pacientů sečteny, a to pro každou část testu zvlášť. Odečtem součtů hodnot před a po terapii u pokusné a kontrolní skupiny vznikly rozdíly těchto hodnot. Tyto rozdíly byly navzájem porovnány v programu Statistica 2012, kde byla pomocí Mann- Whitney testu zjišťována jejich signifikantnost.

4.5.2 Získávání a zpracování dat k druhé vědecké otázce

Pomocí SEMG byla v průběhu prvního a posledního sezení s pacientem měřena elektrická aktivita svalů m. extensor digitorum, m. extensor carpi radialis longus, m. biceps brachii- caput longum a m. trapezius- pars descendens paretické končetiny. K měření byl použit systém EMG Delsys.

Měřena byla tedy aktivita čtyř svalů u čtyř vybraných pohybových aktivit. Elektrické potenciály svalů paretické končetiny byly zaznamenávány při jejich klidové aktivitě končetin. Tento údaj sloužil při zpracování dat jako referenční hodnota pro následné hodnoty získané měřením pasivního a aktivního provedení tučně vyznačených cviků. Záznam klidové aktivity, pasivního i aktivního provedení trval pro každý oddíl dvace sekund. K měření byl použit software EMG Delsys, po jehož spuštění a přiložení snímacích elektrod proběhla vždy zkouška signálu. Sled cviků je shrnut v Tabulce 1.

Supinace- pronace	Dorziflexe zápěstí	Koulení míčku	Stříhání nůžkami
Klid 1	Klid 2	Klid 3	Klid 4
Supinace- pronace pasivně	Dorziflexe pasivně	Koulení pasivně	Stříhání pasivně
Supinace- pronace aktivně	Dorziflexe aktivně	Koulení aktivně	Stříhání aktivně

Tabulka 1. Zobrazuje pořadí měřených pohybů a řazení způsobů jejich provádění. Prvním měřeným pohybem bylo střídání supinace a pronace předloktí. Nejprve byla měřena klidová EMG aktivita svalů, poté aktivita při pasivním sledování odrazu pohybů nepatetické HK a nakonec EMG aktivita souběžně probíhajících pohybů obou horních končetin.

Pořízený SEMG záznam byl v software Delsys acquisition vyhlazen pomocí funkcí remove mean a root mean square. Dále byla v programu Microsoft Excel 2010 z množiny dat pro každý sval při každém aktivním i pasivním provedení pohybu a pro klidovou aktivitu vypočítána průměrná hodnota, směrodatná odchylka a maximální hodnota. Vypočítané hodnoty pro klid před každým pohybem byly odečteny od hodnot pro pasivní a aktivní provedení pohybu. Vypočítaná hodnota pro aktivní provádění všech měřených pohybových aktivit před terapií byla odečtena od odpovídající hodnoty po terapii. Tento odečet proběhl zvlášť u pokusné a kontrolní skupiny. Vzniklé rozdíly hodnot před a po terapii pro aktivní provádění pohybů byly porovnány mezi skupinami navzájem. Přítomnost statistické významnosti rozdílu ($p > 0,05$) hodnot mezi skupinami byla v programu STATISTICA 12 ověřena parametrickým párovým T testem nebo neparametrickým Mann-Whitney testem, v závislosti na normalitě rozložení dat. Hodnoty ze záznamu pasivního provádění cvičení nebyly dále statisticky zpracovány. Jejich výpovědní hodnotou by bylo, je-li na EMG záznamu patrná facilitace svalu při sledování odrazu pohybu nepatetické končetiny. Tento aspekt nebyl předmětem zkoumání této diplomové práce.

5. Výsledky

5.1 Výsledky k vědecké otázce 1

Vědecká otázka 1 je položena takto: „Nastane u pacientů pokusné skupiny statisticky významná odlišnost v rozdílu počtu získaných bodů ve Fugl- Meyer testu před a po terapii, oproti pacientům z kontrolní skupiny“?

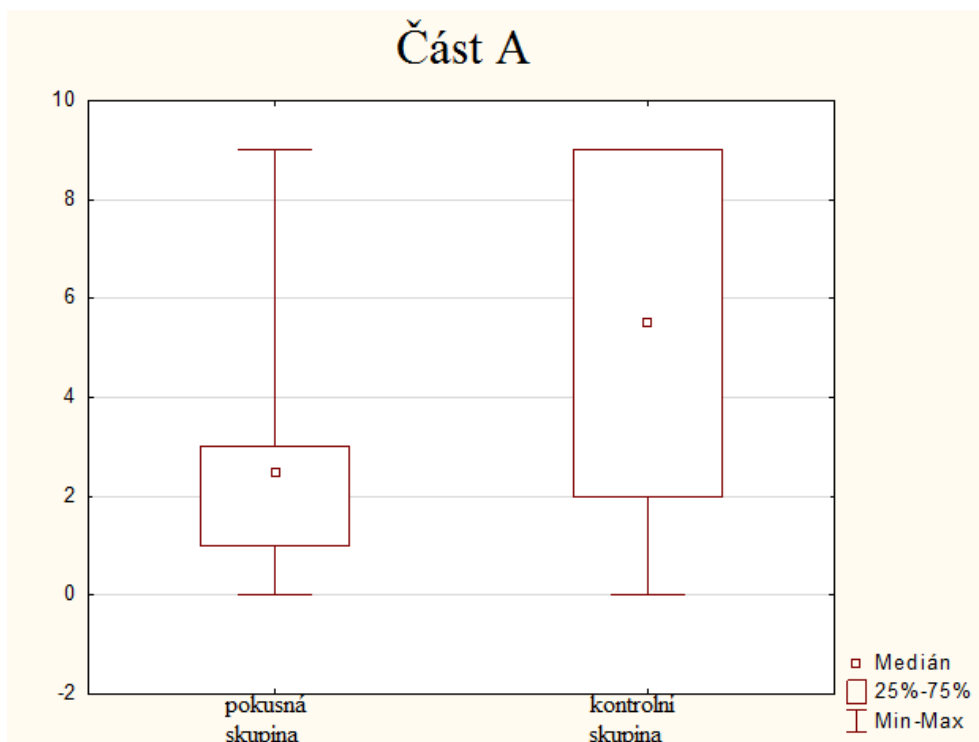
Hypotézu H_0 1 ve znění: „Neexistuje statisticky významná odlišnost v rozdílu počtu získaných bodů ve Fugl- Meyer škále mezi pokusnou a kontrolní skupinou před a po terapii“ nelze zamítnout.

Výsledky byly zpracovány neparametrickým Mann- Whitney testem. Všechny testy byly provedeny na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

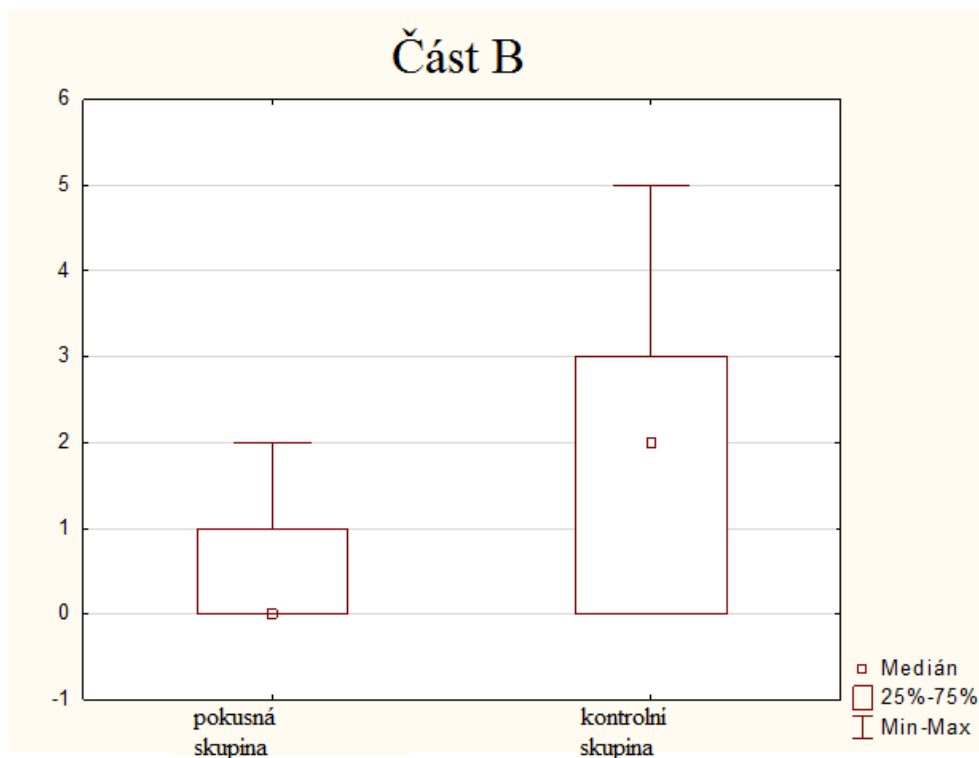
Mann-Whitney test neprokázal statisticky významné rozdíly mezi oběma skupinami v rozdílu skóre dosaženého před a po terapii.

Část Fugl- Meyer testu	Hodnota p
Část A	0,27
Část B	0,17
Část C	0,47
Část D	0,69
Čití	0,36
pROM	0,94
bolest	0,47

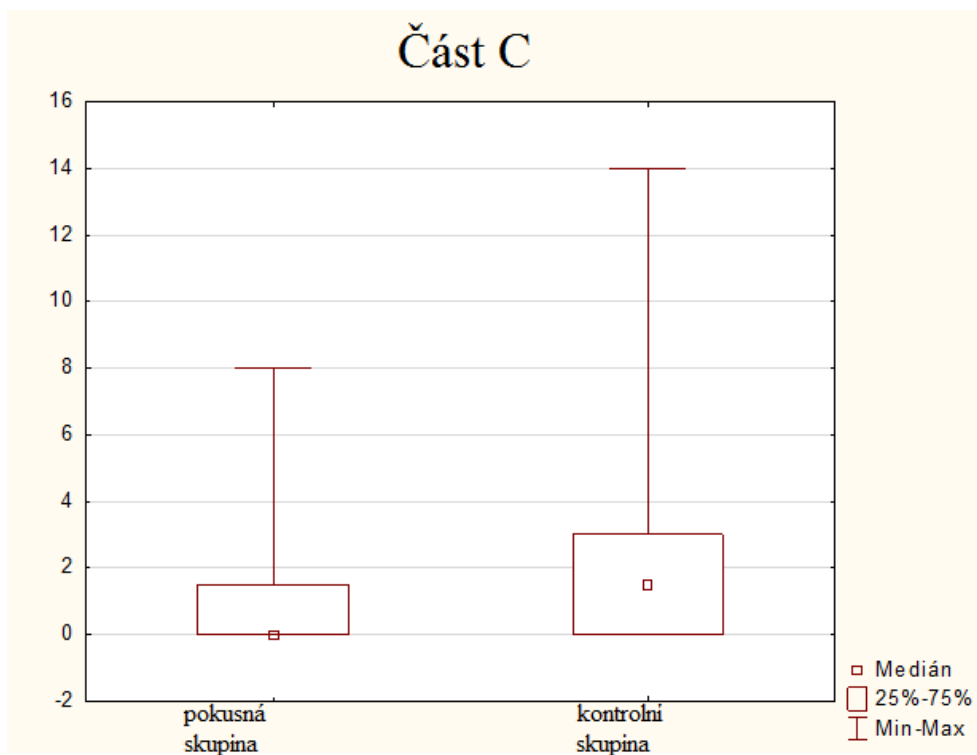
Tabulka 2. Znáznorňuje hodnoty statistické významnosti pro odlišnost mezi pokusnou a kontrolní skupinou v rozdílu získaných bodů před a po terapii pro jednotlivé části Fugl- Meyer testu podle Mann- Whitney U- testu.



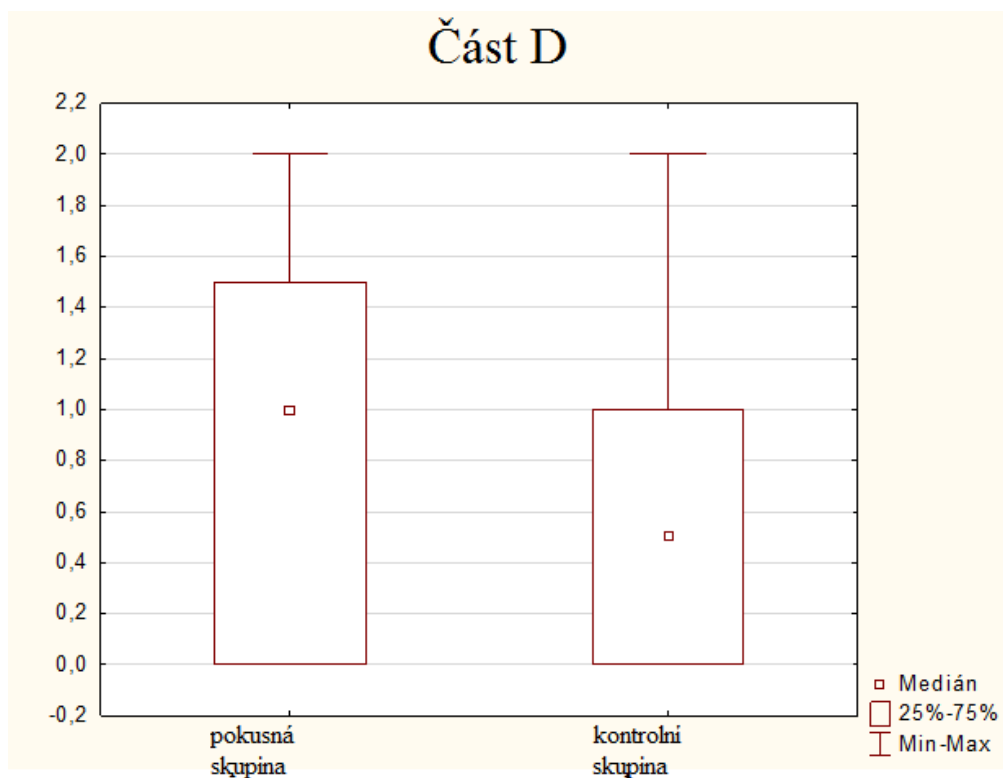
Obrázek 8. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část A Fugl- Meyer škály.



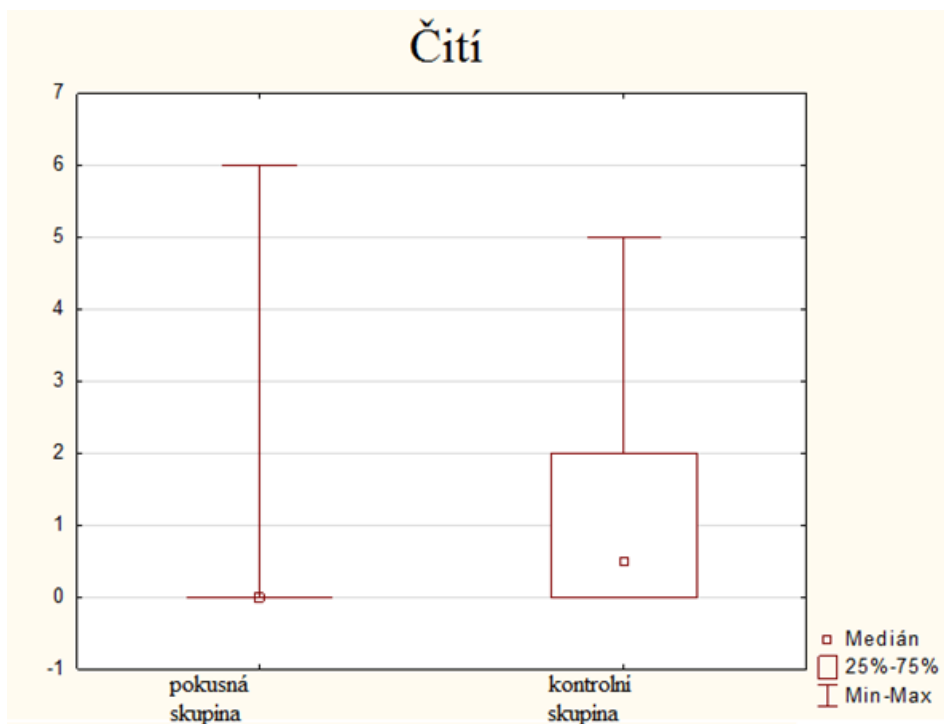
Obrázek 9. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část B Fugl- Meyer škály.



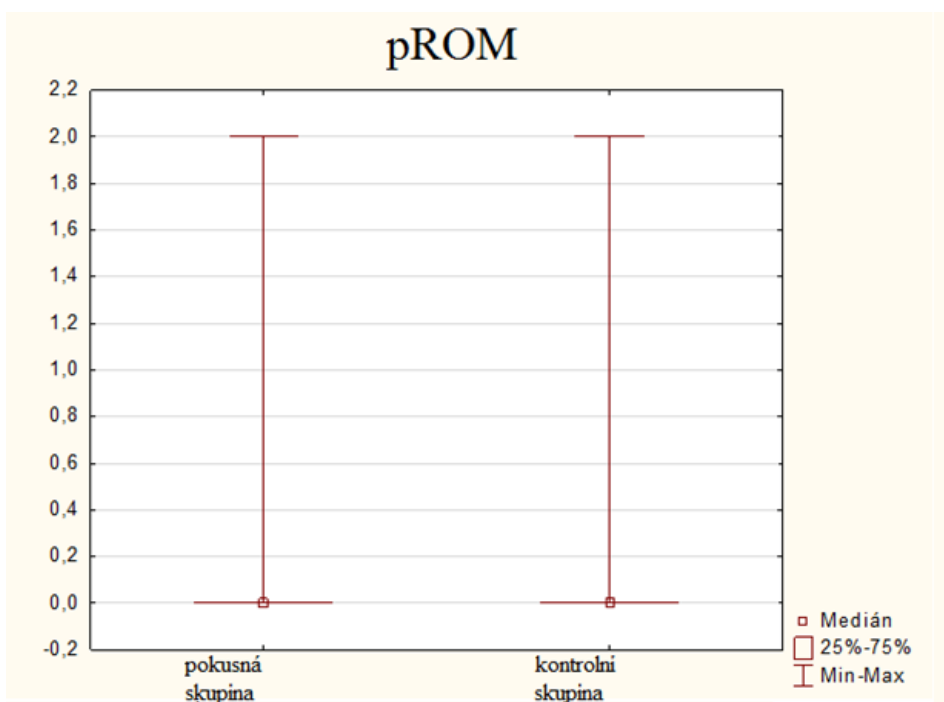
Obrázek 10. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část C Fugl- Meyer škály.



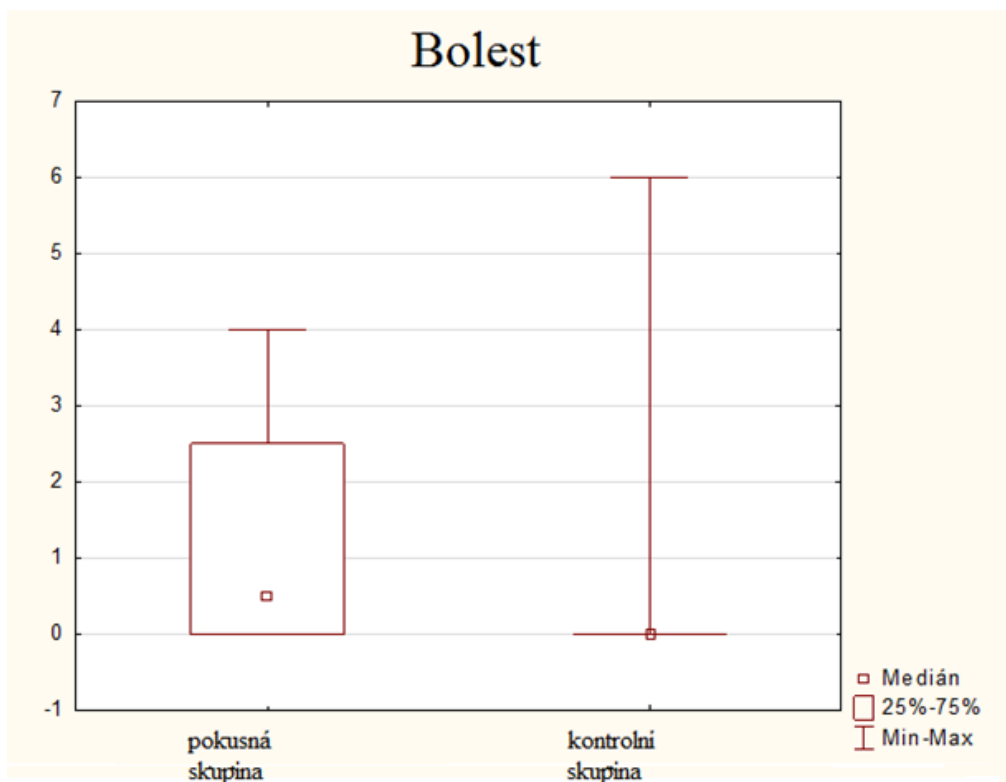
Obrázek 11. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část D Fugl- Meyer škály.



Obrázek 12. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část Fugl- Meyer škály hodnotící čití.



Obrázek 13. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část Fugl- Meyer škály hodnotící pasivní rozsah pohybu.



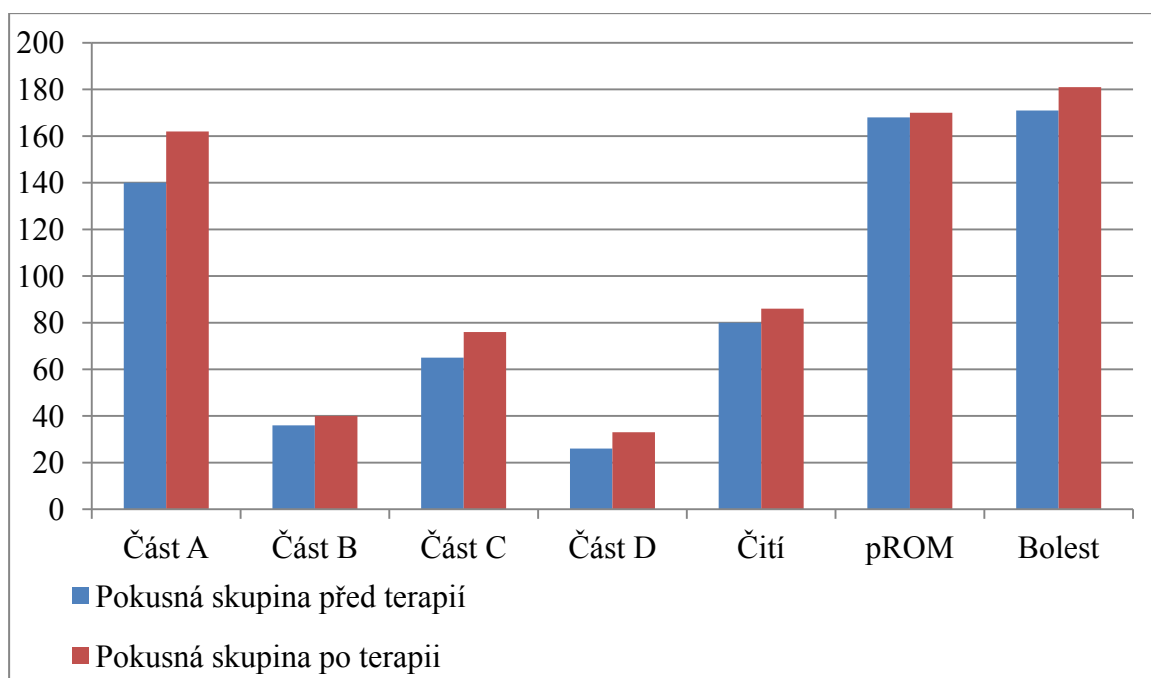
Obrázek 14. Zobrazuje rozdíl hodnot před a po terapii u pacientů pokusné a kontrolní skupiny pro část Fugl- Meyer škály hodnotící bolestivost paretické HK pacientů.

Pacient	Část A			Část B			Část C			Část D			Čítí			pROM			Bolest		
1.	30	33	3	9	10	1	14	14	0	6	6	0	12	12	0	20	20	0	22	22	0
2.	33	34	1	10	10	0	14	14	0	5	6	1	12	12	0	24	24	0	24	24	0
3.	14	16	2	0	2	2	8	11	3	4	5	1	12	12	0	21	21	0	24	24	0
4.	8	11	3	0	0	0	3	3	0	2	3	1	8	8	0	20	20	0	20	21	1
5.	6	6	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	12	12	0	18	18	0	18	22	4
6.	6	15	9	0	1	1	0	8	8	0	0	0	12	12	0	24	24	0	23	24	1
7.	26	29	3	7	7	0	14	14	0	3	5	2	8	8	0	17	19	2	24	24	0
8.	17	18	1	10	10	0	12	12	0	4	6	2	4	10	6	24	24	0	16	20	4
Součet	140	162	22	36	40	4	65	76	11	26	33	7	80	86	6	168	170	2	171	181	10

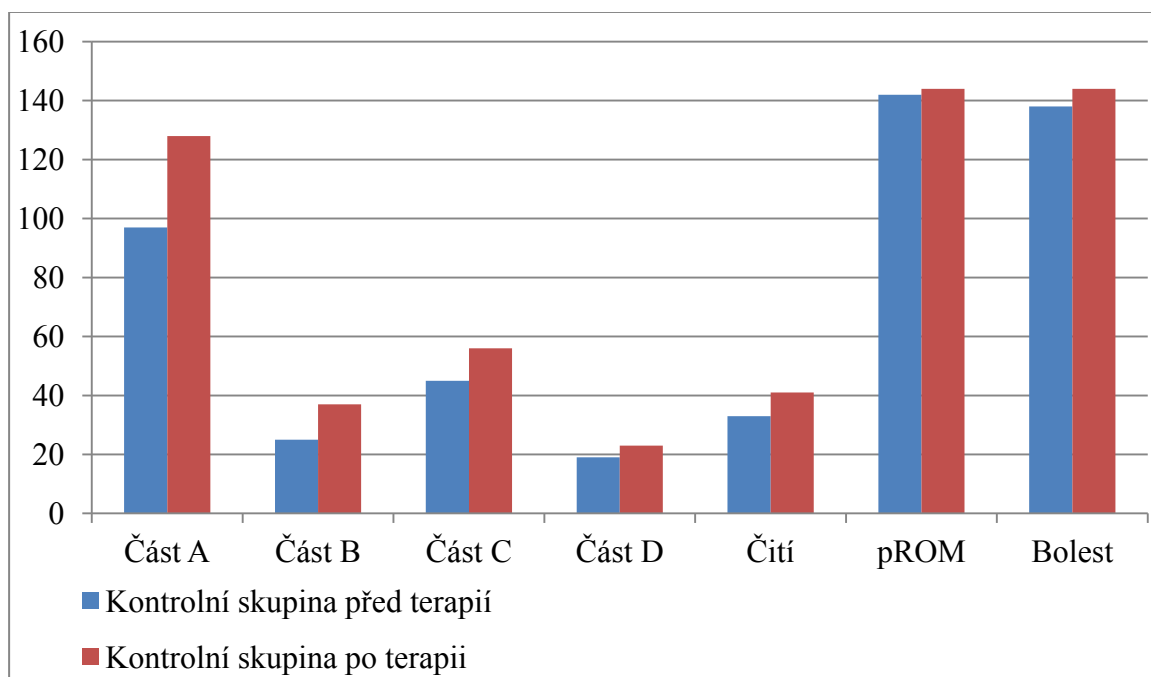
Tabulka 3. Znáznorňuje dosažené skóre jednotlivých pacientů pokusné skupiny pro každou z částí Fugl- Meyer škály. První sloupec čísel představuje skóre zaznamenané před terapií, druhý sloupec skóre získané po terapii a třetí znázorňuje rozdíl prvních dvou hodnot. V posledním řádku jsou vyznačeny součty jednotlivých sloupců.

Pacient	Část A			Část B			Část C			Část D			Čítí			pROM			Bolest		
1.	6	6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	2	4	2	24	24	0	24	24	0
2.	26	31	5	8	8	0	14	14	0	2	2	0	3	8	5	22	24	2	24	24	0
3.	21	30	9	9	10	1	14	14	0	4	4	0	4	5	1	24	24	0	18	24	6
4.	12	18	6	6	9	3	8	11	3	4	5	1	12	12	0	24	24	0	24	24	0
5.	19	21	2	2	7	5	8	13	14	3	5	2	12	12	0	24	24	0	24	24	0
6.	13	22	9	0	3	3	1	4	3	3	4	1	0	0	0	24	24	0	24	24	0
Součet	97	128	31	25	37	12	45	56	20	19	23	4	33	41	8	142	144	2	138	144	6

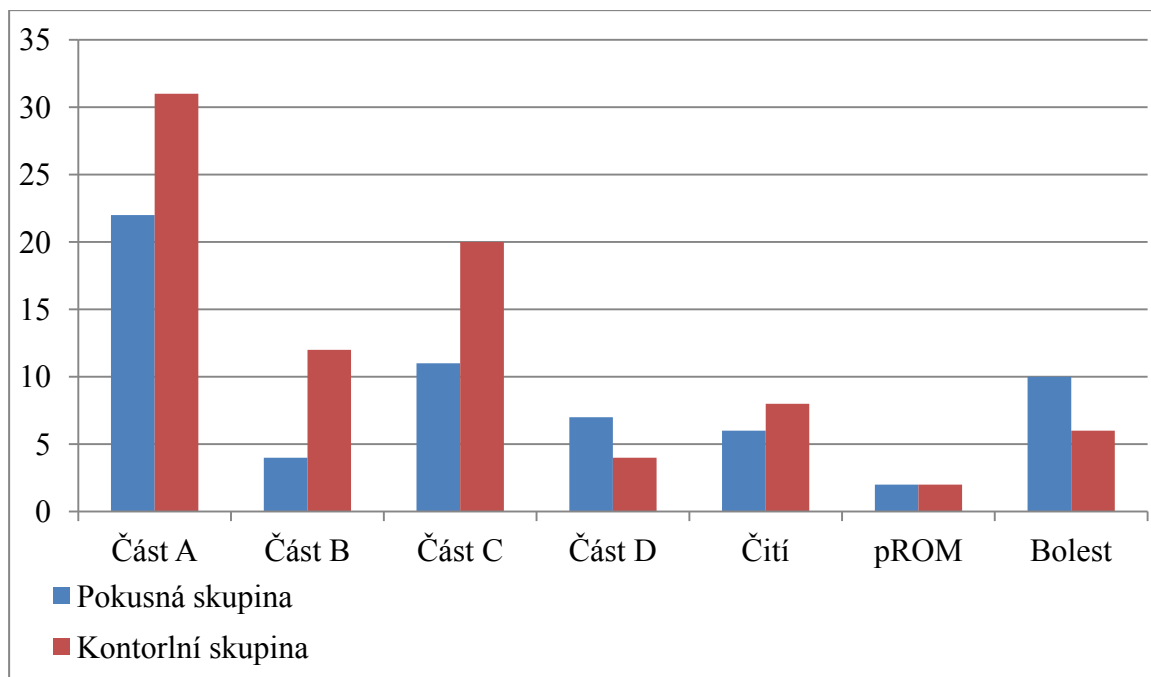
Tabulka 4. Znáznorňuje dosažené skóre jednotlivých pacientů kontrolní skupiny pro každou z částí Fugl- Meyer škály. První sloupec čísel představuje skóre zaznamenané před terapií, druhý sloupec skóre získané po terapii a třetí znázorňuje rozdíl prvních dvou hodnot. V posledním řádku jsou vyznačeny součty jednotlivých sloupců.



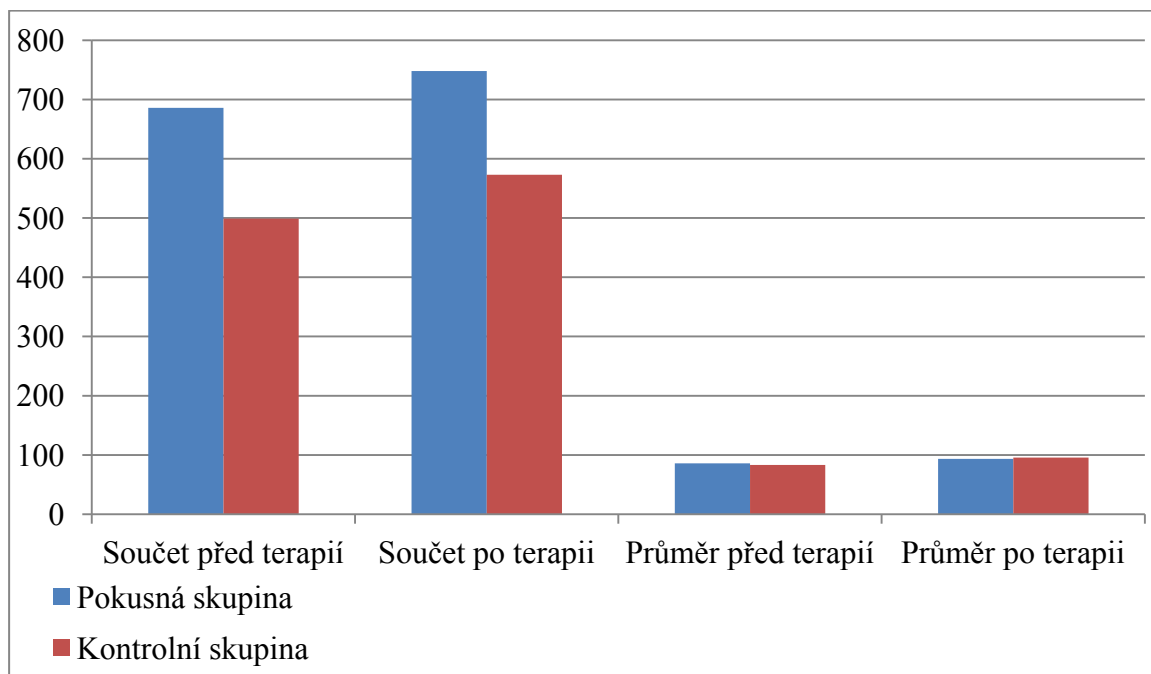
Graf 1. Znázorňuje dosažený počet bodů ve Fugl- Meyer škále u pacientů pokusné skupiny před (modře) a po terapii (červeně).



Graf 2. Zobrazuje dosažený počet bodů ve Fugl- Meyer škále u pacientů kontrolní skupiny před (modře) a po terapii (červeně).



Graf 3. Zobrazuje srovnání rozdílů hodnot dosažených pacienty pokusné skupiny (modrá barva) a kontrolní skupiny (červená barva) ve Fugl- Meyer testu před a po zrcadlové terapii. Vyšší hodnoty indikují vyšší rozdíl v dosaženém skóre a tudíž vyšší míru zlepšení se stavu pacienta.



Graf 4. První dva sloupce grafu znázorňují součty hodnot získaných ve Fugl- Meyer škále před a po terapii pro pokusnou a kontrolní skupinu. Druhé dva sloupce vztahují tyto relativní hodnoty k počtu pacientů.

5.2 Výsledky k vědecké otázce 2

Vědecká otázka 2 je položena takto: „Nastane u pacientů pokusné skupiny statisticky významná odlišnost v rozdílu hodnot sledovaných parametrů SEMG aktivity snímaných svalů HK před a po terapii, oproti pacientům z kontrolní skupiny?“

Hypotézu H_02 ve znění: „Neexistuje statisticky významná odlišnost v rozdílu hodnot sledovaných parametrů SEMG záznamu mezi pokusnou a kontrolní skupinou po terapii“ nelze zamítnout.

Výsledky byly zpracovány parametricky párovým T testem a neparametricky Mann-Whitney testem. Všechny testy byly provedeny na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

Mann-Whitney a T-testy neprokázaly statisticky významné rozdíly mezi EMG aktivitou sledovaných svalů pacientů pokusné a kontrolní skupiny.

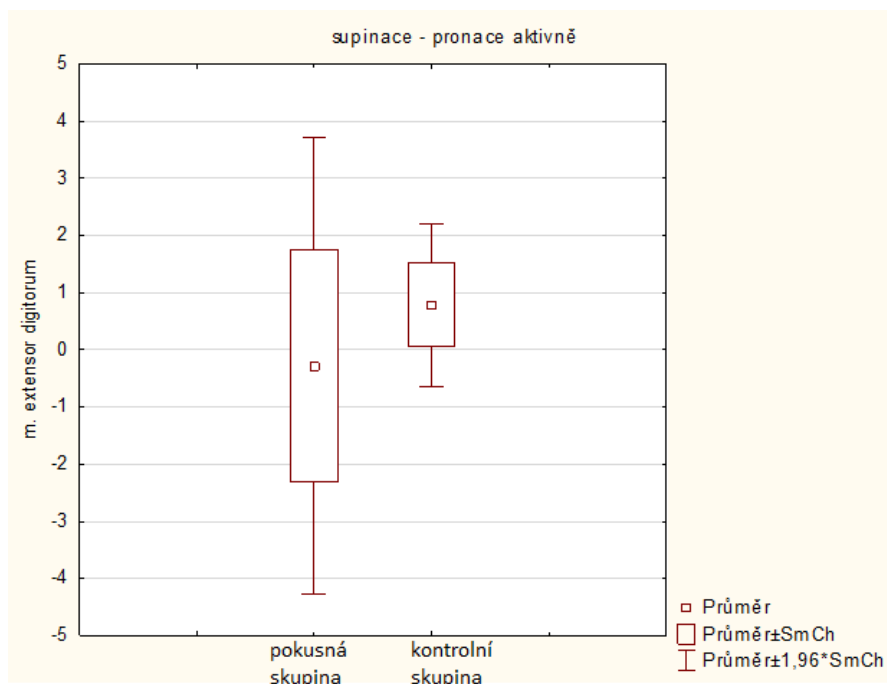
Supinace- pronace předloktí		Dorzální flexe zápěstí	
Sval	Hodnota p	Sval	Hodnota p
m. ext. digitorum	0,67	m. ext. digitorum	0,13
m. ext. carpi radialis longus	0,57	m. ext. carpi radialis longus	0,22
m. biceps brachii	0,45	m. biceps brachii	0,47
m. trapezius descendens	0,76	m. trapezius descendens	0,86

Tabulka 5. Shrnuje p hodnoty pro jednotlivé svaly při analytických pohybech.

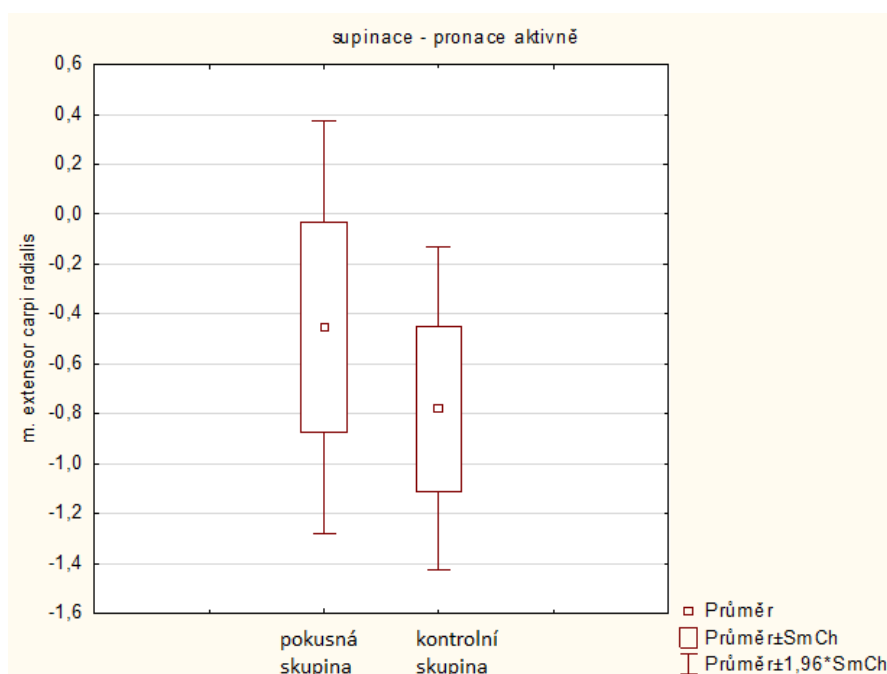
Koulení míčku		Stříhání nůžkami	
Sval	Hodnota p	Sval	Hodnota p
m. ext. digitorum	0,12	m. ext. digitorum	0,56
m. ext. carpi radialis	0,51	m. ext. carpi radialis	0,06
m. biceps brachii	0,23	m. biceps brachii	0,89
m. trapezius descendens	0,77	m. trapezius descendens	0,40

Tabulka 6. Shrnuje p hodnoty pro jednotlivé svaly při syntetických pohybech. Hranici statistické významnosti se přibližuje pouze m. extensor carpi radialis longus při stříhání nůžkami.

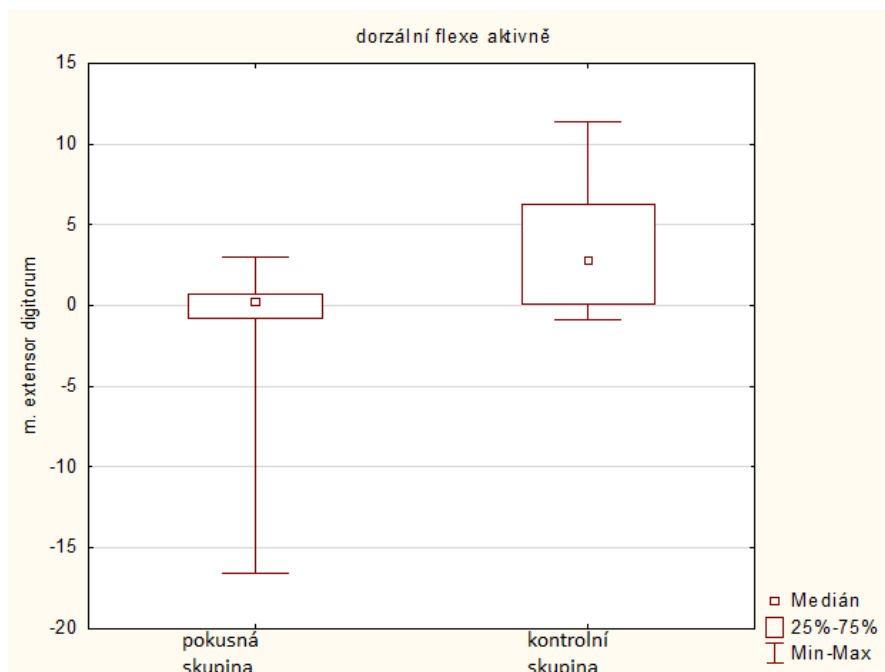
Velikost průměrné hodnoty a směrodatných odchylek po zpracování T testem a Mann-Whitney testem jsou uvedeny v box grafech níže.



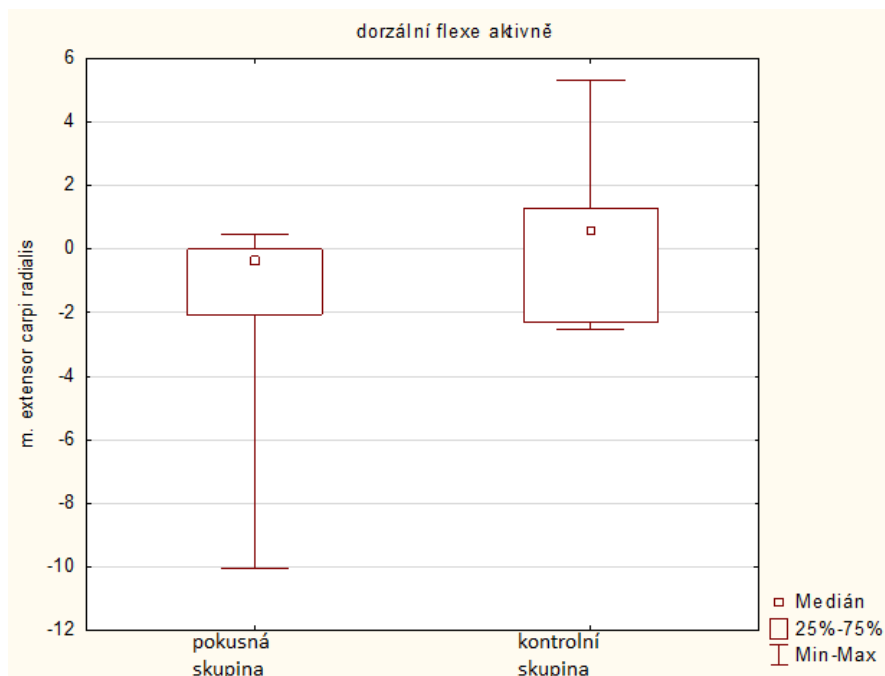
Obrázek 15. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor digitorum paretické končetiny při opakovaném aktivním pohybu z pronace do supinace. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



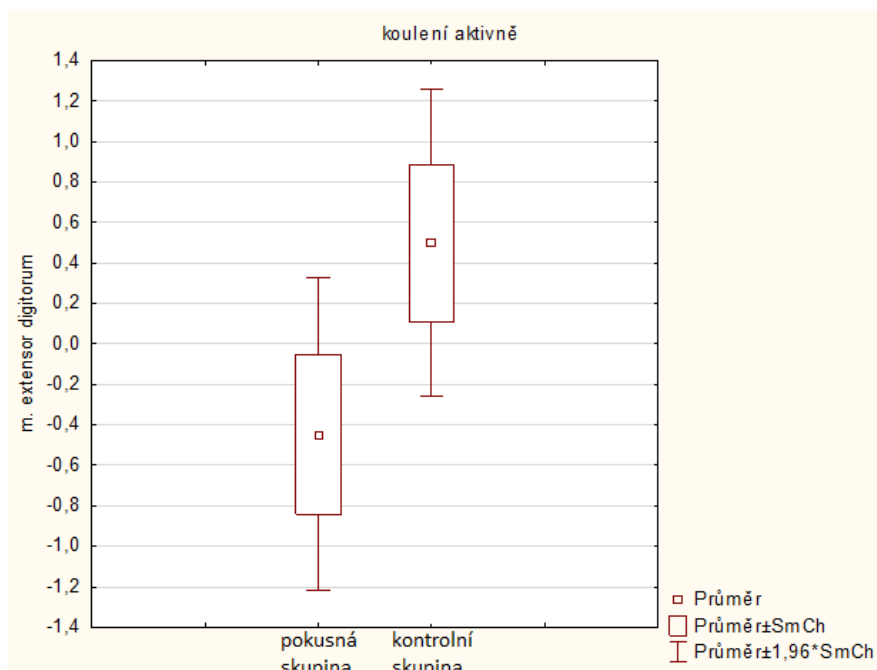
Obrázek 16. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor carpi radialis longus paretické končetiny při opakovaném aktivním pohybu z pronace do supinace. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



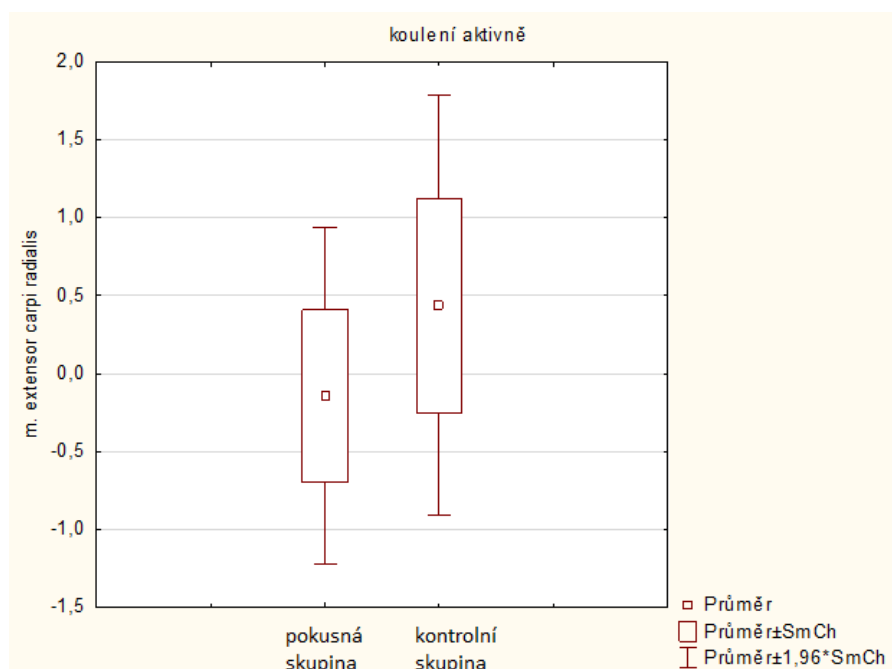
Obrázek 17. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor digitorum parétické končetiny při opakovaném aktivním pohybu zápěstí do dorzální flexe. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



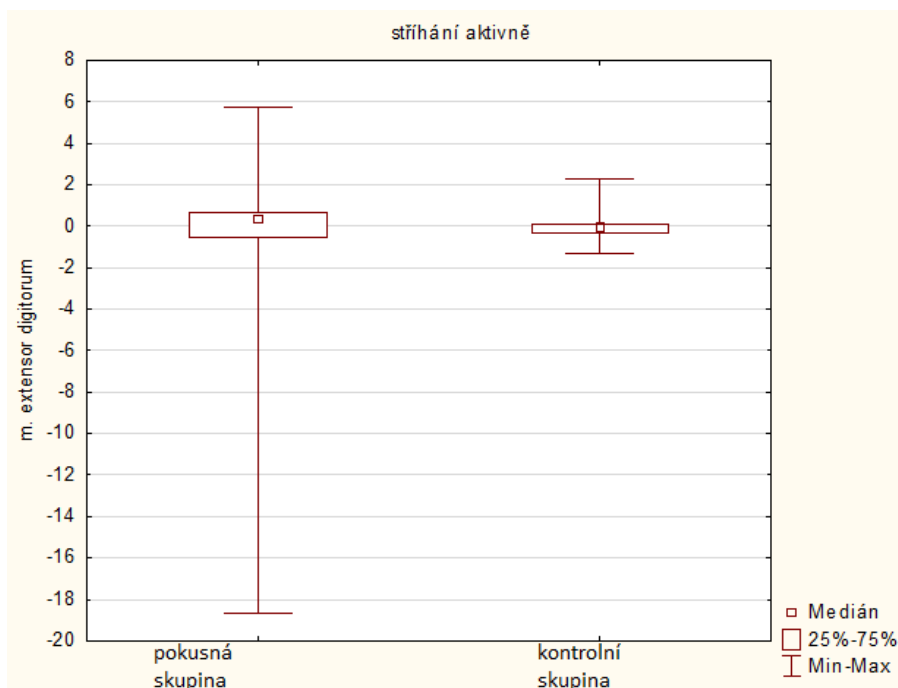
Obrázek 18. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor carpi radialis longus parétické končetiny při opakovaném aktivním pohybu zápěstí do dorzální flexe. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



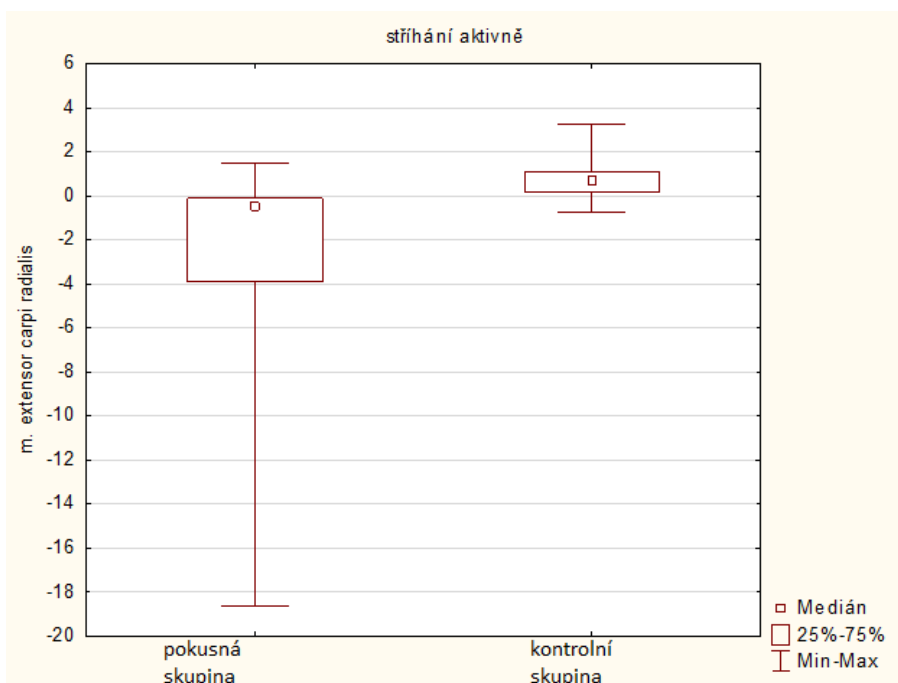
Obrázek 19. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor digitorum parétické končetiny při opakovaném aktivním pohybu z pronace do supinace. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Hodnoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



Obrázek 20. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor digitorumcarpi radialis parétické končetiny při aktivním koulení pěnového míčku. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Hodnoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



Obrázek 21. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor digitorum paretické končetiny při aktivním stříhání nůžkami. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.



Obrázek 22. Znázorňuje rozptyl amplitudy EMG signálu pro sval m. extensor carpi radialis longus paretické končetiny při aktivním stříhání nůžkami. Box graf vlevo reprezentuje zástupce pokusné skupiny, pravý box graf pacienty kontrolní skupiny. Honoty na ose y představují normované hodnoty pro sval.

6 Diskuse

Ischemická cévní mozková příhoda postihuje centrální nervový systém. Léze CNS se projeví typickou symptomatikou pro poškození horního neuronu. Mezi tyto poruchy patří afekce motorických, senzitivních, sensorických a vegetativních funkcí. Porucha motoriky se manifestuje spasticitou, poklesem svalové síly a poruchou koordinace. Senzitivita ztrátou povrchového cití. Sensorika poruchou hlubokého cití a uvědomování si končetiny či poloviny těla. Poruchy vazomotoriky, působící otoky a hypoperfuzi, jsou následkem afekce vegetativního nervstva. Přítomna může být i bolest. Výše uvedené příznaky se mohou a nemusí objevit všechny, stejně tak varíují i ve své intenzitě.

Disabilita způsobená iCMP není neměnná. Ovlivnitelnost stavu pacienta se s ubíhajícím časem od iktu snižuje. Nejmarkantnější změny se odehrávají v průběhu prvního měsíce až osmi týdnů. Dalším milníkem je jeden rok od mrtvice. Tento časový úsek je brán jako rozhraní mezi subakutní a chronickou fází. V chronické fázi je stav pacienta stabilní, nicméně stále ovlivnitelný (Wahl and Schwab, 2014, p. 4).

V následujícím textu se bude práce věnovat tomu, které z těchto symptomů a jejich příčiny je možné potlačovat a napravovat pomocí zrcadlové terapie. Také kdy a u kterých pacientů je vhodné ji začlenit.

6.1 Diskuse k teoretické části

6.1.1 Využitelnost zrcadlové terapie v subakutní fázi po CMP

V této části jsou prezentovány studie o účinnosti zrcadlové terapie na mírnění následků iCMP. Majoritní část těchto studií byla provedena podobným způsobem, a sice konfrontací výsledků pacientů pokusné skupiny proti pacientům kontrolní skupiny. Obě skupiny se pohybovaly v rozmezí počtu členů mezi deseti a dvaceti pacienty. Doba cvičení se různila nejčastěji od čtyř do šesti týdnů, ale výjimkou nebyl ani čas kratší než čtyři týdny. Předmětem zkoumání byla především úprava stavu paretické končetiny. Někteří autoři byli specifitější a uvádí dopad na konkrétní dovednosti, např. spasticitu, sílu úchopu, obratnost, rozsah pohybu a tak dále. K objektivizaci výsledků bylo použito různých škál či přístrojů. Hojně zastoupeny jsou Fugl - Meyer škála (FMA), Test funkční nezávislosti (FIM), Modifikovaná Ashworth škála (MAS) a Brunnstrom škála (BS), Test akčního rozsahu paže (ARAT), Box and Block test (B&B) a Barthel index (BI). Studie, zabývající se efektem MT na vnitřní

organizaci CNS využily zobrazovacích metod, nejčastěji funkční magnetické rezonance. Zrcadlová terapie byla vždy zařazena jako doprovodná terapie vedle konvenční rehabilitace.

Dohle a spolupracovníci testovali účinky zrcadlové terapie na vzorku osmnácti pacientů, kteří byli nanejvýš osm týdnů po iCMP. Pacienti zařazení do pokusné skupiny cvičili se zrcadlem půl hodiny denně, pět dní v týdnu po dobu šesti týdnů. Kontrolní skupina byla rovněž složena z osmnácti pacientů stejné diagnózy a časového odstupu od ataky. K vyhodnocení výsledků byla zvolena Fugl- Meyer škála. Z výsledků vyplývá, že zrcadlová terapie zlepšuje schopnost povrchového čítí, zmírňuje neglect syndrom a přispívá k obnově motorických funkcí paretické horní končetiny. Největšího pokroku v obnově volní hybnosti bylo zaznamenáno u pacientů s akrální plegií na počátku terapie (Dohle et al., 2008; pp. 1 – 7).

Yavuzer a tým zkoumali vliv zrcadlové terapie na obnovu motoriky akra paretické horní končetiny, spasticitu a schopnost participace v ADL. Pokusná i kontrolní skupina čítaly dvacet pacientů každá. Pacienti pokusné skupiny praktikovali zrcadlovou terapii půl hodiny denně, pět dní v týdnu po dobu čtyř týdnů. Pacienti kontrolní skupiny věnovali stejné množství času cvičení s neodraznou plochou. Hodnocení dovedností pacientů proběhlo pomocí Brunstrom škály, FIM škály a MAS. Zlepšení pacientů pokusné skupiny ve skóre dosažených v prvních dvou z výše uvedených škál bylo statisticky signifikantně vyšší ve srovnání s hodnotami, kterých dosáhli pacienti kontrolní skupiny. Nebyl zaznamenán významný rozdíl v modifikované Ashworthově škále, což značí, že MT neovlivnila spasticitu. Efekt terapie přetrval při přehodnocení pacientů s půl ročním časovým odstupem (Yavuzer et al., 2008; pp. 393 - 397).

Sutbeyaz a kolegové provedli studii s totožným designem jako Yavuzer et al. Jedinou obměnou bylo, že cvičenou částí těla bylo akrum dolní končetiny. I tento výzkumný tým došel k závěru, že přidružení zrcadlové terapie k standartní rehabilitaci je pro pacienty přínosné. Shodně nenašli efekt na spasticitu (Sutbeyaz et al., 2007; pp. 555 - 558).

Invernizzi a spolupracovníci vytvořili dvě skupiny po třinácti pacientech. Pacienti cvičili se zrcadlem půl hodiny denně, pět dní v týdnu po dobu čtyř týdnů. K objektivizaci výsledků využili Action research arm test a škálu funkční nezávislosti. Pacienti pokusné skupiny dosáhli statisticky signifikantního zlepšení v obou testech (Invernizzi et al., 2013; pp. 311 - 316).

Samuelkamaleshkamar a kolegové shodně pozorovali statisticky významný rozdíl ve výstupních výsledcích Fugl- Meyer škály, Brunnstrom škály a Box and Block testu. V obou skupinách v této studii bylo deset pacientů a experiment probíhal tři týdny. Nebyl pozorován žádný efekt na spasticitu (Samuelkamaleshkumar et al., 2014; pp. 2000 - 2004).

Pokusná a kontrolní skupina ve studii Sciusco a kolegů čítaly každá po sedmi pacientech. Pacienti obou skupin přijímali konvenční terapii. Pokusné skupině byla zařazena jedna hodina zrcadlové terapie po dobu pěti dní v týdnu. Celková doba rehabilitace byla čtyři týdny. K vyhodnocení efektivity byla zvolena Fugl- Meyer škála, škála funkční nezávislosti a modifikovaná Ashworth škála. Závěrem studie bylo, že u pacientů pokusné skupiny se zlepšila pohyblivost paretické ruky, míra soběstačnosti a držení těla více, než u pacientů kontrolní skupiny. Na rozdíl od ostatních studií byl v pokusné skupině zpozorován také mírný pokles spasticity (Sciusco et al., 2008; pp. 1 - 4).

Studie provedená Yeldan et al., jako jedna z mála nezjistila vyšší výsledky u pacientů pokusné skupiny. Možným vysvětlením je, že pacienti kontrolní skupiny prováděli místo zrcadlové terapie neurodevelopmentální trénink. Vyvíjeli tedy aktivitu, která taktéž cíleně podněcovala neuroplasticitu. Bohužel autoři studie blíže nespécifikovali, jak konkrétně tento trénink vypadal. Pacienti trénovali se zrcadlem každý pracovní den dvacet minut denně po dobu třech týdnů. K hodnocení bylo použito Fugl- Meyer škály a Barthel indexu (Yeldan et al., 2015; pp. 3519 – 3523).

Studii s odlišným a zajímavým námětem provedli Yun a kolegové. Porovnali mezi sebou výsledky tří skupin po dvaceti členech. Pacienti v první skupině prováděli zrcadlovou terapii. Pacienti v druhé skupině rovněž cvičili se zrcadlem, ale vybrané svaly předloktí paretické končetiny u nich byly navíc stimulovány pomocí neuromuskulární elektrické stimulace (NMES). Pacientům třetí skupiny byla aplikována elektroterapie (NMES) v průběhu cvičení s neodraznou plochou. Doba od vypuknutí CMP po zařazení do experimentu byla u cvičících průměrně jeden měsíc. Probandi cvičili půl hodiny denně, pět dní v týdnu po dobu tří týdnů. K vyhodnocení porovnání výsledků byla zvolena Fugl- Meyer škála. U pacientů všech tří skupin došlo ke statisticky signifikantnímu zlepšení v pohyblivosti, koordinaci a síle pohybů v zápěstí a prstech. Pacienti druhé skupiny (zrcadlová terapie + NMES) dosáhli statisticky významného zlepšení v koordinaci pohybů ruky a zápěstí, a také síle extensorů prstů oproti ostatním skupinám. Síla flexorů prstů

a flexorů a extensorů zápěstí se napříč skupinami významně nelišila (Yun et al., 2011; pp. 316 - 321).

Výše zmíněné studie přehledně shrnuje Tabulka 1 v přílohách.

Většina mnou prostudovaných studií se shoduje v přínosnosti zrcadlové terapie, coby doplňkové terapie ke konvenční rehabilitaci. Navzdory tomu uvádí takřka všichni autoři, že je třeba další výzkum k objasnění co nejideálnějšího používání zrcadlové terapie. Sami autoři často volají po randomizovaných studiích s kvalitní strukturou cvičebního programu, designem a větším počtem pacientů. Také by bylo vhodné porovnávat účinky zrcadlové terapie s jinými technikami podporujícími neuroplastickou přestavbu, a nikoli pouze s placebo terapií či ergoterapií. Doposud nikdo neuveřejnil studii zabývající se ideálním dávkováním MT co do doby zahájení a trvání cvičení. Není známa optimální frekvence, intenzita a trvání jednotlivých terapeutických sezení. Ani skladba cviků nebývá předmětem diskusí. Bylo by také vhodné ozřejmit vztah mezi závažností neurologického deficitu a užitečností zařazení zrcadlové terapie do rehabilitačního programu. V neposlední řadě doposud nebylo dosaženo shody názorů v teoretickém podkladu působení MT. Variabilita jednotlivých názorů je značná. Pohybuje se od probuzení tzv. spících neuronů a aktivace ipsilaterálních sestupných drah, přes zapojení systému zrcadlových neuronů k podpoře neuroplasticity či vyvolání opticko - perceptuální iluze.

Ačkoli jsou tyto cíle vytyčeny již ve studiích z roku 2008, autoři nových experimentů opakují stále podobný design s podobnými počty pacientů a způsoby vyhodnocení. V závěru pak často opisují výše uvedená doporučení pro směřování dalšího výzkumu. Nedochozí tak k plnění vyřčených předsevzetí a neposouváme se tak v našem vědění dopředu. Otázek naopak spíše přibývá.

Systematické review časopisu Cochrane zhodnotilo do roku 2012 publikovanou literaturu o vlivu zrcadlové terapie na úpravu motorických funkcí, ADL, hemispaciálního neglectu a bolesti u pacientů po CMP. Autoři review shrnuli 14 studií o celkovém počtu 567 pacientů. Byl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl efektivity zrcadlové terapie, vůči jiným rehabilitačním intervencím, na motorické funkce pacientů. Cvičení se zrcadlem bylo rovněž uznáno přínosným pro kvalitnější provádění každodenních běžných aktivit a mírnění bolesti. Signifikantně se projevil i vliv na mírnění hemispaciálního neglect syndromu. Přínos po ukončení cvičení se zrcadlem přetrval i po šestiměsíčním přeměření (Thieme et al., 2012; pp. 1 – 3).

Review Rothgangel a kolegů z roku 2011 zahrnovalo deset randomovaných studií, sedm experimentů se skupinami pacientů a čtyři kazuistiky. Cílem diskutované práce bylo zhodnotit efekt zrcadlové terapie na rehabilitaci pacientů po CMP, pacientů s fantomovými bolestmi a komplexním regionálním bolestivým syndromem. Mezi studii zabývajícími se využitím zrcadel u pacientů po CMP panuje shoda v jejich prospěšnosti. Přesto autoři review hovoří pouze o středním stupni důvěry v tyto závěry. Jako důvod udávají nedostatečnou kvalitu studií. Vytýkají například nedostatečně rozvedený popis průběhu cvičení či nevěnování pozornosti možným vedlejším účinkům. Nabádají, že k závěrům jimi prozkoumaných studií je třeba přistupovat s obezřetností (Rothgangel et al., 2011; pp. 1 – 12). Obě výše uvedená review nevztahují své závěry výlučně na pacienty v subakutní fázi po CMP.

6.1.2 Využitelnost zrcadlové terapie v chronické fázi po CMP

Nebylo provedeno mnoho výzkumů efektivity provádění zrcadlové terapie u pacientů v chronické fázi po CMP. Tato fáze nastává v čase, kdy jsou již pacienti propuštěni z nemocnice a navrátili se do života v domácnosti. Tento fakt znesnadňuje vytvoření a synchronizaci větší skupiny pacientů pro provedení studie.

Arya provedl studii s pacienty na přelomu subakutní a chronické fáze po CMP. Průměrný časový odstup od CMP u pacientů sledovaných ve studii Arya a týmu byl dvanáct a půl měsíce. Sedmáct pacientů pokusné skupiny provádělo zrcadlovou terapii pět krát týdně po dobu osmi týdnů. Každá cvičební jednotka trvala tři čtvrtě hodiny. Kontrolní skupina čítala 16 pacientů, kteří se místo zrcadlové terapie věnovali ergoterapii. Všem pacientům byla zároveň poskytována standartní rehabilitační péče. Výsledky terapie byly poměřovány pomocí Brunnström škály a Fugl- Meyer škály. Studie zjistila statisticky signifikantní přínos zrcadlové terapie pro motoriku zápěstí a ruky. Tento závěr byl zformulován na základě porovnání skóre získaného ve výše uvedených škálách mezi pacienty obou skupin navzájem (Arya et al., 2015; pp. 1738 – 1747).

6.1.2.1 Zrcadlová terapie jako domácí autoterapie

Michielsen zkoumala užitečnost zrcadlové terapie coby domácí autoterapie u pacientů v chronické fázi po iCMP. Čtyřicet pacientů bylo náhodně rozděleno do pokusné a kontrolní skupiny o dvaceti členech. Pacienti byli v průměru 3 roky a 9 měsíců po mrtvici. Cvičili po dobu šesti týdnů, pětkrát týdně vždy hodinu doma a jednou týdně pod kontrolou fyzioterapeuta. Hlavním vyhodnocovacím prostředkem byla Fugl- Meyer škála a fMRI.

Jednou z otázek výzkumu bylo, přetrvává-li efekt zrcadlové terapie na stav pacientů i několik měsíců po ukončení praktikování MT. Odpověď získali zopakováním konečného měření pacientů po půl roce od ukončení experimentu. Pacienti pokusné skupiny dosáhli ve srovnání s kontrolní skupinou statisticky významného zlepšení v závěrečném hodnocení. Tento výsledek při testování s šesti měsíčním odstupem vymizel. Funkční magnetická rezonance prokázala zmírnění interhemisferické inhibice afektované hemisféry. Opakované snímkování CNS s půlročním odstupem neproběhlo (Michielsen, 2012; pp. 48 - 64).

6.1.3 Vliv zrcadlové terapie na reedukaci motoriky

Cévní mozková příhoda je poranění většinou postihující jednu polovinu mozku. V závislosti na lokalizaci léze dochází k poruše motorických center nebo descendentních drah a následné afekci volní motoriky. Podle anatomických poznatků se neurologická kontrola proximálních a distálních svalů horních končetin liší. Na ovládání proximálních svalových skupin se více podílí i ipsilaterální hemisféra. Řízení distální muskulatury HK je z větší části podmíněno aktivitou kontralaterální hemisféry. Kontrola proximálních svalů je při přetěti corpus callosum narušena méně, než ovládání distálních svalů. Je tomu tak právě kvůli bihemisferálnímu zásobení pletencové muskulatury cestou kortiko - reticulo - spinálních drah (Brinkman and Kuypers, 1973; pp. 536 – 539).

Právě zde nachází své uplatnění zrcadlová terapie, protože je efektivní pro obnovu funkce distálních svalů (Guerraz, 2015; p. 2). Ve shodě s tímto tvrzením jsou výsledky studie Dohle a kolegů, kteří zjistili výraznější zlepšení motorické kontroly u pacientů s počáteční akrální plegií (Dohle et al., 2008; p. 7).

Obnova volní kontroly motoriky je hlavním cílem rehabilitace pacientů s paretickou horní končetinou, a tedy i hlavním předmětem zkoumání většiny studií. Prvním, kdo uskutečnil vědecký pokus, objektivizující efekt zrcadlové terapie u pacientů po CMP byl v roce 1999 Eric Altschuler a kolegové. Způsobem provedení studie vytvořil předlohu pro pokračovatele ve výzkumu vlivu MT na paretickou končetinu. Devět pacientů rozdělil do pokusné a kontrolní skupiny. Pacienti v pokusné skupině prováděli zrcadlovou terapii 2 x 15 minut, šest dní v týdnu po dobu čtyř týdnů. Pacienti kontrolní skupiny ve stejnou dobu cvičili s neodraznou plastovou plochou. Vyhodnocení pokroku bylo monitorováno pomocí videonahrávek pacientů a zaznamenáváním jejich subjektivních pocitů. Závěr této pilotní studie byl, že zrcadlová terapie je prospěšná v rehabilitaci paretické končetiny, tedy aspoň pro některé pacienty. Autoři zároveň dodali, že je třeba provést další, rozsáhlejší studie, aby bylo

specifikováno kdy, komu a v jaké míře tuto terapii doporučit (Altschuler et al., 1999; p. 2035).

Výzkumné týmy Dohle, Yavuzer, Sutbeyaz, Samuelkamaleshkumar, Arya, Sciusco, Invernizzi, Michielsen a Rothgangel, kteří, mezi dalšími, pokračovali ve výzkumu této rehabilitační metody, se shodují na přínosnosti zrcadlové terapie pro obnovu kontroly pohybu paretické končetiny u pacientů po iCMP. Kim a Shim zjistili statisticky významný rozdíl u pacientů cvičících se zrcadlem pro schopnost úchopu a manipulace s předměty. Použili k tomu korejskou modifikaci funkčního manuálního testu (Kim and Shim, 2015; pp. 227 – 228). Jejich zjištění naznačuje vliv zrcadlové terapie na funkce jemné motoriky.

6.1.4 Vliv zrcadlové terapie na spasticitu

Spasticita se vyskytuje asi u třetiny všech pacientů po CMP (Thibaut et al., 2013; p 1). Jedná se o délkově a rychlostně závislý svalový hypertonus. Je způsobena insuficientní inhibicí sestupných drah, které aktivují alfa- motoneurony. Tato nežádoucí aktivita se děje na popud přílišné aference ze svalových vřetének. Patofyziologický mechanismus jejího vzniku není ovlivnitelný cestou optické iluze (Sutbeyaz et al., 2007; p. 558). Závěry studií Dohle a kol., Yavuzer a kol., Stubayez a kol. i Samuelkamaleshkumar a týmu se shodují v tom, že MT neovlivňuje spasticitu. Sciusco a jeho výzkumný tým pozorovali mírné snížení spasticity po čtyřech týdnech cvičení se zrcadlem. Tento výsledek byl zaznamenán na vzorku sedmi pacientů. Rothgangel navrhl takové cvičení s využitím zrcadla k mírnění spasticity, při kterém pacient pohybuje pouze neparetickou horní končetinou v antispastickém pohybovém vzoru. Svůj návrh nepodkládá výsledky žádného měření a uvádí, že efekt takového cvičení na spasticitu by byl pravděpodobně malý a krátkodobý (Rothgangel, 2013; p. 13).

6.1.5 Vliv zrcadlové terapie na úpravu povrchového čítí

Je uznávaným faktem, že pacienti se zachovalou povrchovou a hlubokou citlivostí dosahují rehabilitací lepších výsledků snáz a dříve, než pacienti s poškozením těchto modalit. Schopnost přijímat a zpracovávat zpětnovazebné informace o výchozí a konečné pozici těla i o průběhu pohybu totiž přímo souvisí s prováděním pohybů samých.

Facilitaci povrchového čítí lze podnítit taktilní stimulací neparetické končetiny. Je-li tato stimulace sledována v zrcadle, může být pacientem vnímána jako dráždění ruky za zrcadlem. Tento efekt se nevytrácí s ukončením terapie, ale přetrvává dlouhodobě (Sathian et al., 2000; pp. 73 - 75; Ro et al., 2004; pp. 24 - 28). Mechanické dráždění může být současně aplikováno na obě končetiny zároveň. Tato technika by měla podle zákonitostí

multisenzorické integrace zajišťovat mocnější facilitaci zúčastněných modalit. Podobného principu je možné využít k facilitaci hlubokého čítí. Například stereognozii je možné trénovat vložením stejného předmětu do obou rukou pacienta. Zraková aference může umocnit taktilní a propioceptivní aferenci z paretické končetiny (Rothgangel, 2013; p. 13).

Zlepšení schopnosti povrchového čítí po zrcadlové intervenci potvrzuje důležitost integrace zrakových a taktilních aferentních informací. Sledování pohybu nejen facilituje motorický kortex, ale také podněcuje reorganizaci somatosenzorické reprezentace těla v gyrus postcentralis (Dohle et al., 2008; p. 6). Pozitivní efekt zrcadlové terapie na úpravu povrchového čítí byl potvrzen vysoce hodnocenou studií Dohle a kolegů (Dohle et al., 2008; pp. 1 - 7).

6.1.6 Vliv zrcadlové terapie na provádění každodenních aktivit pacienta

Handicap způsobený poruchou volní hybnosti pacientů po iCMP se značně projevuje v běžných každodenních aktivitách.

Park a spolupracovníci zkoumali vliv zrcadlové terapie na kvalitu ADL u pacientů v chronické fázi po CMP. Soubor třiceti pacientů byl náhodně rozdělen do dvou stejně početných skupin. Pokusná skupina prováděla zrcadlovou terapii pětkrát týdně půl hodiny po dobu čtyř týdnů, kontrolní skupina věnovala stejnou dobu cvičení placebo terapie. Obě skupiny pacientů dostávaly navíc konvenční terapii a ergoterapii. Výstupní škálou byl Fugl- Meyer test, test funkční nezávislosti a box and block test. Výsledkem této studie bylo statisticky signifikantní zlepšení dovedností ADL u pacientů pokusné skupiny oproti těm v kontrolní skupině. Kvalitnější zapojení paretické horní končetiny do běžných denních aktivit si autoři článku vysvětlují celkovým zlepšením motorických funkcí této končetiny (Park et al., 2015; pp. 1681 – 1683).

6.1.7 Vliv zrcadlové terapie na komplexní regionální bolestivý syndrom

Komplexní regionální bolestivý syndrom (CRBS), dříve známý pod pojmenováním reflexní sympatická dystrofie či Suddeckův syndrom, je možným důsledkem CMP. Je rozlišováno více typů CRBS. Ten, k němuž dochází po mozkové mrtvici, se označuje jako typ 1 (CRBS1). Tento stav se vyznačuje poruchou citlivosti, konkrétně pálivou bolestí v klidu a sníženým prahem bolestivosti pro podněty z vnějšku (allodynie). Dále je poškozena trofika tkání, především kůže a svalů, ale i kostí. Mezi motorické projevy je řazen třes, svalová slabost a spasticita. Léze vegetativního nervstva se manifestuje také otokem

a pocením paretické horní končetiny. Mění se i napětí a teplota kůže (Cacchio et al., 2009; p. 1).

McCabe s kolegy porovnávali efekt zrcadlové terapie, cvičení s neodraznou plochou a cvičení s vizuální kontrolou obou horních končetin. Jedinou efektivní metodou se ukázala být zrcadlová terapie. Pět z celkového počtu osmi pacientů zaznamenalo snížení bolesti po šestitýdenním praktikování MT. Zbylí tři neregistrovali žádnou změnu. Zajímavým výstupem tohoto výzkumu je vztah doby uplynulé od CMP a úspěšnosti terapie. Pacienti s kladným efektem byli méně než rok po iktu. Naopak tři pacienti s negativním hodnocením pociťovali symptomy již dva až tři roky. Závěrem této studie tedy je, že zrcadlová terapie coby prostředek proti CRBS je vhodná pro pacienty v subakutním stádiu po iCMP, nikoli v chronickém (McCabe et al., 2008; p. 104).

Cacchio a tým rozdělili 48 pacientů s CRBS1 do dvou skupin. Pokusná skupina prováděla zrcadlovou terapii, kontrolní skupina placebo terapii. Terapie trvala po dobu čtyř týdnů. Všichni zúčastnění byli méně, než jeden rok od CMP. Po ukončení terapie bylo patrné snížení bolesti v klidu, při pohybu a na slabý iritační podnět. K objektivizaci výsledků byla použita vizuální analogová škála. U pacientů placebo skupiny nedošlo k žádnému zlepšení. Výsledky přetrvaly po šestitýdenním přeměření (Cacchio et al., 2009; pp. 1 - 7).

Boesch a spolupracovníci provedli review a meta analýzu literatury pojednávající o analgetických účincích perceptuálních iluzí, mezi které se řadí i zrcadlová terapie. Z 2213 nalezených studií vybrali 20 důvěryhodných. Z prozkoumaných výsledků vyplývá, že čtyři až šest týdnů zrcadlové terapie vede ke zmírnění bolestivosti paretické končetiny pacientů po CMP. Zrcadlová terapie se v tlumení bolesti ukázala být efektivnější než představování si pohybu (Boesch et al., 2016; pp. 516 – 528).

6.1.8 Vliv Zrcadlové terapie na neglect syndrom a neučenou parézu

Někteří autoři se domnívají, že redukce motoriky paretické končetiny není způsobena pouze lézí CNS, ale také nepoužíváním paretické končetiny během běžných denních aktivit. Vzniká tak bludný kruh, ve kterém léze CNS vede k nepohybu a tento nepohyb představuje vnitřní prostředí v neprospěch obnovení funkce (Michielsen, 2012; p. 33).

Již krátké období nepoužívání např. pravé ruky vede k snížení vzrušivosti levé primární motorické oblasti a zvýšení interhemisferální inhibice pravé hemisféry vůči levé (Avanzino et al., 2014; p. 2586). Nevyužíváním jedné HK může vzniknout stav označovaný jako

naučená paréza (learned non- use). Pro něj je příznačná redukce plochy reprezentující horní končetinu v senzomotorickém homunkulu a absolutní převaha kontralezionální M1 vůči stejné oblasti ipsilezionální hemisféry. MT takový stav účinně konfrontuje. Během bimanuálně prováděné zrcadlové terapie se zvýšeně aktivuje precuneus a posteriorní cingulum, oblasti související s uvědomováním si vlastního těla a jeho orientace v prostoru. Zvýšené uvědomění si paretické končetiny může vést k potlačení naučeného nepoužívání paretické HK či zmírnění neglect syndromu (Michielsen et al., 2010; p. 1).

Pandian a spolupracovníci testovali efektivitu zrcadlové terapie v boji proti vizuálnímu hemineglectu u pacientů po mozkové mrtvici. Dvacet sedm pacientů v pokusné skupině provádělo zrcadlovou terapii jednu až dvě hodiny denně, pět dní v týdnu po dobu čtyř týdnů. Kontrolní skupina 21 pacientů prováděla po stejné dlouhou dobu terapii s neodraznou deskou. Po šesti měsících od ukončení pokusu byli pacienti zhodnoceni pomocí Star cancellation testu, line bisection testu a testu identifikace předmětů. Ve všech třech škálách vyšli lepší výsledky pacientům v pokusné skupině. Autoři této studie došli k závěru, že zrcadlová terapie příznivě ovlivňuje hemispaciální neglect u pacientů po CMP (Pandian et al., 2014; pp. 1012 – 1016).

Ramachandran a tým rovněž zkoumali využitelnost zrcadlového tréninku k potlačení hemispaciálního neglect syndromu, jejich závěr ale nebyl tak jednoznačný. Umístění zrcadla v této studii se lišilo od klasického nastavení k terapii hemiparetické končetiny. Zrcadlo bylo umístěno nikoli mezi horními končetinami pacienta, ale bokem jeho fyziologicky vnímané končetiny. Pohled do zrcadla odhaloval levou, čili nevnímanou stranu. Poté byl do levého zorného pole pacienta v dosahové vzdálenosti pravé HK umístěn předmět. U skupiny dvanácti pacientů, kteří praktikovali zrcadlovou terapii, byly pozorovány dva druhy reakce na tuto situaci. Jedna podskupina pacientů dovedla sáhnout pravou rukou po předmětu umístěném za mediální rovinou těla. Druhá podskupina sahala po zrcadlovém odrazu předmětu místo po předmětu samém. Na otázku, kde se tento předmět nachází, odpovídali, že v zrcadle nebo za zrcadlem. I přes tuto diskrepanci se autoři studie domnívají, že zrcadlová terapie je vhodnou metodou k terapii hemineglect syndromu (Ramachandran et al., 1999; pp. 303 – 305).

Konkurenční metodou vedoucí restituci funkce paretické končetiny je constraint- induce movement therapy (CIMT). Princip této metody spočívá ve znemožnění pohyblivosti neparetické končetiny jejím přivázáním k tělu. Zdravá horní končetina by měla být upoutána

k tělu po 90 % bdělého času pacientova dne. Pacientovi tak nezbyvá než využívat paretickou končetinu. CMIT je v souladu s principy ovlivňování neuroplasticity a interhemisferických interakcí u pacientů po iCMP. Její použití je, podobně jako využití zrcadlové terapie, u některých pacientů příhodnější, než u jiných. Zařazení CMIT vyžaduje aspoň určitý stupeň volní pohyblivosti. U pacientů s těžším stupněm parézy by tato intervence mohla být velmi frustrující a poněkud drastická (Thieme et al., 2012b; p. 5; Foley et al., 2013, p. 60). Zrcadlová terapie je v těchto případech vhodnější metodou volby. Obě metody si však vzájemně neodporují a tak by mohli být v určitém poměru využívány současně (Taub, 1980; Wolf, 2006; Altschuller, 2009).

6.2 Diskuse k vlastnímu měření

6.2.1 Diskuse k vědecké otázce 1

FMA škála je ve studiích citovaných v diskusi použita k vyhodnocení dat velmi často (6 z 10 studií shrnutých v tabulce 1 v přílohách). Z porovnání výsledků pokusné i kontrolní skupiny před a po terapii v této studii vyplývá jasná tendence zlepšení se stavu pacientů obou skupin. Výraznější rozdíl byl paradoxně zaznamenán u kontrolní skupiny. Předpoklad, že zařazení zrcadlové terapie do rehabilitačního programu pacientů pokusné skupiny bude mít za následek výraznější zlepšení jejich stavu, se tedy nepotvrdil. Patrnější zlepšení stavu pacientů kontrolní skupiny je možné vysvětlit rozdílnou fakultativní péčí, účastí na dalších experimentech podněcujících úpravu stavu či kvalitnější spontánní reparací poškození.

Ani v jedné z částí Fugl- Meyer testu nepředčila kontrolní skupina pokusnou skupinu statisticky signifikantně. Největší rozdíl skóre před a po terapii byl v porovnání obou skupin v částech A, B a C Fugl- Meyer testu, část D a části věnované čítí, pasivnímu rozsahu pohybu a bolesti ukázaly pouze minimální rozdíly mezi skupinami.

Část A se věnuje komplexním pohybům horní končetiny, které kladou nároky především na motorickou kontrolu pletence ramenního. Tyto pohyby nebyly obsaženy v cvičebních jednotkách zrcadlové terapie. Během praktikování MT se pacienti věnovali procvičování pohybů předloktí, zápěstí a prstů. V této práci vyplynul rozdíl bodových zisků před a po terapii ve prospěch kontrolní skupiny, nicméně i u pokusné skupiny bylo zaznamenáno zlepšení u sedmi s osmi pacientů.

Část B hodnotí volní motoriku a stabilitu zápěstí. Obě tyto dovednosti byly během cvičení se zrcadlem procvičovány. Přesto se průměrný pacient pokusné skupiny v této části

testu zlepšil o 0,5 bodu, kdežto průměrný pacient kontrolní skupiny získal v závěrečném hodnocení o 2 body více. Tento výsledek je neočekávaný a paradoxní. Pacienti pokusné skupiny zaznamenali při prvním měření buď 0 bodů, což svědčí pro závažnost stavu, nebo se jejich bodový zisk blížil maximu (sedm a více bodů). Čtyři pacienti, kteří v části B nezaznamenali ani bod, nedosáhli dobrých počátečních výsledků ani v části A. Jak známo, pro dobrou funkci akra je esenciální kvalitní stabilita a mobilita pletence ramenního. Když je insuficientní, nevytváří dobré podmínky pro pohyb v distálněji uložených kloubech. Rovněž je třeba vzít v úvahu, že spontánní úprava motoriky probíhá směrem proximo-distálním. Tudiž zlepšení se pravděpodobně nejprve projeví na pletenci končetiny a až později periferněji. Výše zmínění čtyři pacienti se v závěrečném hodnocení v části A zlepšili o 0, 2, 3 a 9 bodů. Přičemž pacient se zlepšením o devět bodů se v části B zlepšil o jeden bod (z 6 na 15 bodů). Z jeho tří kolegů jej v tomto ohledu předčil pouze pacient, který se v části A zlepšil o dva body (ze 14 na 16 bodů).

Část C Fugl- Meyer testu se zabývá schopností pacienta provést aktivní úchop předmětů různé prostorové výraznosti. Schopnost cíleného aktivního úchopu nebyla během cvičení s odraznou plochou procvičována, byla pouze do jisté míry zastoupena v některých z repertoáru cviků. Průměrný rozdíl skóre před a po terapii u pacienta pokusné skupiny činil 1,4 bodu, což je více, než o kolik se takový pacient zlepšil v části B. Průměrný pacient kontrolní skupiny zaznamenal zlepšení o 2,2 bodu.

Část D je zaměřena na testování přítomnosti tremoru, dysmertie a rozdílu v rychlosti provádění pohybů paretickou a neparetickou končetinou. Touto studií nebyl zjištěn významný efekt zrcadlové terapie na mírnění těchto symptomů. Ztráta bodů byla u většiny pacientů podmíněna především sníženou rychlostí provádění pohybů paretickou končetinou. Autoři ostatních studií často vyhodnocovali části A – D dohromady, tudíž nelze kvalitně porovnat dílčí výsledek části D s jejich naměřenými hodnotami.

V rozdílu z počtu získaných bodů před a po terapii v částech testu, které se soustředí na objektivizaci kvality povrchového cití, pasivního kloubního rozsahu, bolestivosti a rychlosti pohybu nebyly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly mezi pokusnou a kontrolní skupinou. Tyto závěry se shodují se závěry studií provedených ostatními autory s výjimkou Dohle a kolegů, kteří uvádí pozitivní vliv zrcadlové terapie na úpravu povrchového cití. Možným vysvětlením této rozdílnosti je, že experimentální skupina Dohle a týmu zahrnovala část pacientů s počáteční akrální plegií. U těchto pacientů mohlo být na začátku terapie

přítomno silné porušení povrchového čítí, které se časem upravovalo. Tuto domněnku potvrzují i výsledky naší studie, které ukazují zlepšení povrchového čítí u pacientů s nízkým skóre v této části testu před terapií. Ačkoli rozdíl v Fugl- Meyer testu mezi kontrolní a pokusnou skupinou ve studii Dohle et al. byl statisticky signifikantní, nelze s jistotou říci, že je za tento efekt odpovědná zrcadlová terapie.

Pasivní rozsah pohybu není ve studiích ostatních autorů diskutován a v této práci se v něm projevil nejmenší rozdíl v porovnání hodnot před a po terapii ze všech sedmi zkoumaných oddílů. Průměrný posun v hodnocení pacienta pokusné skupiny v této části testu je 0,25 bodu, u pacienta kontrolní skupiny 0,33 bodu. Této skutečnosti výrazně napomáhal fakt, že většina pacientů neměla s pasivní hybností problém již před zahájením terapie.

Efektivita zrcadlové terapie na mírnění bolesti byla zkoumána především v souvislosti se Suddeckovým syndromem a fantomovými bolestmi u pacientů po amputacích. U bolestí těchto etiologií se ukazuje jako přínosná. Soubor pacientů obou skupin v této studii nevykazoval značnou počáteční bolestivost. Osm z celkových čtrnácti pacientů dosáhlo maximálního skóre za nepřítomnost bolesti již před zahájením terapie, což významně ovlivnilo, že nebyl zjištěn výrazný rozdíl mezi skupinami. Nejnižší počáteční skóre bylo 16 bodů z 24. Dva pacienti s nižším počátečním skóre pro bolest z celého souboru pacientů, kteří získali méně, než dvacet bodů za nepřítomnost bolesti, vykázali po terapii největší nárůst ve skóre.

Uvážíme-li hodnoty skupin vztahované k počtu pacientů, zjistíme, že průměrný bodový zisk pacienta pokusné a kontrolní skupiny před a po terapii se takřka neliší.

6.2.2 Diskuse k vědecké otázce 2

V této práci byl pořízen SEMG záznam pacientů před a po terapii. Z obou hodnot byl u obou skupin odečten rozdíl a tyto rozdíly vzájemně porovnány. Z výsledků nevyplývala staticky signifikantní rozdílnost amplitudy EMG záznamu mezi skupinami. Závěry dvevítí z deseti studií diskutovaných výše se shodují v přínosnosti zrcadlové terapie pro reedukaci motoricky pacientů po CMP. Možných vysvětlení těchto odlišností v závěru je více.

Nejprve samotná metoda vyhodnocení dat. Amplituda EMG záznamu aktivity svalu vypovídá především o velikosti a počtu akčních potenciálů zapojených motorických jednotek a tedy síle snímaného svalu. Zrcadlová terapie není metodou, která by se primárně snažila o zvýšení svalové síly. Cílí spíše na reedukaci, obratnost a plynulost trénovaných pohybů

a jejich provádění submaximální silou. Samotné provádění MT nevyžaduje používání maximální síly, naopak pacient pracuje v intenzitě svalové práce srovnatelné s těmi, ke kterým dochází při běžných každodenních aktivitách, jakými jsou například čištění zubů či manipulace s přístrojem. Z tohoto úhlu pohledu není povrchová EMG optimálním médiem objektivizace účinnosti zrcadlové terapie pro pacienty po CMP. Vědecké týmy, které zkoumaly efektivitu zrcadlové terapie porovnáváním stavu pokusné a kontrolní skupiny pacientů jen vzácně využívají SEMG jako klasifikační metodu. Drtivá většina studií preferuje různé vyhodnocovací škály.

Ve všech deseti studiích uvedených výše v diskusi cvičili pacienti pětkrát týdně. Délka cvičební jednotky variovala mezi dvaceti minutami a hodinou, nejčastěji však byla třicet minut. Celková doba cvičení se pohybovala od tří do osmi týdnů. Pacienti v této studii cvičili pětkrát dvacet minut, tedy dohromady strávili praktikováním zrcadlové terapie hodinu a čtyřicet minut. Tento čas byl rozložen do období od dvou do tří týdnů. V deseti diskutovaných studiích se pacienti věnovali procvičování zrcadlové terapie od pěti do třiceti hodin čistého času. Nejčastěji zastoupenou hodnotou bylo deset hodin terapie. Celková doba cvičení byla v této studii tedy několikanásobně nižší, než průměrná doba cvičení pacienta z citovaných studií.

Diskutabilní je i intenzita cvičení. Zrcadlová terapie si klade za cíl navodit neuroplastické změny v CNS. K dosažení tohoto záměru je zřejmě a potřebí kontinuální působení na nervovou soustavu, čili cvičení každý den a nikoli s několikanásobnými pauzami. I v tomto ohledu se tato studie liší od studií ostatních autorů.

Poslední proměnnou je počet pacientů. V deseti zmíněných studiích jejich počet pohyboval od čtyř do dvaceti v každé skupině, nejčastěji však nad patnáct členů v pokusné i kontrolní skupině. Je zajímavé, že jediná z deseti studií, která neshledala zrcadlovou terapii prospěšnější v porovnání s konvenční rehabilitací, byla studie s nejnižším počtem probandů a zároveň nejnižší celkovou dobou cvičení. Pacienti ve studii Yeldan a týmu (2015) byli čtyři v každé skupině a každý strávil celkem pět hodin praktikováním MT. V této studii byl počet pacientů osm v pokusné a šest v kontrolní skupině. Tomuto počtu se z uvedených studií nejvíce blíží studie Sciuco a kolegů (2008), kteří do každé skupiny shromáždili sedm pacientů. Jejich závěr ohledně zrcadlové terapie byl však pozitivní.

Na grafech normality rozložení dat v populaci pokusné skupiny je pro všechny pohyby a oba extensory prstů patrná odchylka jednoho pacienta vždy směrem k negativním hodnotám. To se projevuje i na box grafech výraznou směrodatnou odchylkou směrem k záporným hodnotám. Je otázkou, jaké by byly výsledky signifikance rozdílu progresu stavu pacientů v pokusné oproti kontrolní skupině, kdyby byly statistické výpočty provedeny bez tohoto jednoho pacienta. Jediná hodnota p , která se přiblížila hranici statistické významnosti, byla hodnota pro *m. extensor carpi radialis longus* při stříhání nůžkami. Normalita rozložení dat pro *m. extensor carpi radialis longus* při stříhání nůžkami rovněž vykazovala posun jednoho pacienta směrem doleva, avšak v tomto případě byl vyjádřen méně markantně, než v ostatních datových souborech.

6.2.3 Limity studie

Je pravděpodobné, že počet čtrnácti pacientů rozdělených do dvou skupin není dostatečný pro vyvození solidních závěrů týkajících se přínosu zrcadlové terapie pacientům po CMP. Stejně tak dva až tři týdny nekontinuální terapie nejsou pravděpodobně dostatečné k podnícení změn funkčního stavu pacientů, které by se oproti kontrolní skupině projevil jako statisticky signifikantní, ať už se je snažíme objektivizovat pomocí EMG či FMA.

6.2.4 Přínos pro praxi

Zrcadlová terapie je v určitých ohledech unikátní metodou. Její jedinečnost tkví v kombinaci jejích vlastností. Tato metoda je, s nadsázkou řečeno, dostupná pro všechny pacienty, kdekoli a kdykoli. Kontraindikace této techniky vylučují jen velmi málo pacientů a k jejímu provádění je třeba pouze zrcadlo. V dnešní době je možné využívat přenosných rozkládacích zrcadel s ochranným obalem. Dobu i délku trvání cvičení si pacient může zvolit libovolně. Reakce pacientů na MT jsou často velmi pozitivní. Cvičící nabývají přesvědčení, že se paretická ruka za zrcadlem skutečně hýbe. Tak patrný pokrok, i když není skutečný, je velmi motivující a vytváří u pacientů pozitivní vztah k cvičení se zrcadlem. Obsah tréninkové jednotky není stanoven pevně, pacient si jej může upravovat podle svých potřeb. Terapie tak nabývá výrazné variability a je možné ji využívat k trénování konkrétních dovedností.

7 Závěr

Zrcadlová terapie je rozporuplný fenomén. Dodnes nedovedeme s jistotou říci, jakým způsobem působí její provádění na lidský centrální nervový systém. Teorií existuje více a všechna vysvětlení se opírají o z terapeutického hlediska zajímavé a vítané procesy. Přesto, praktické výsledky nejsou závratné. Jsou značné rozdíly mezi efektivitou této techniky u různých pacientů. Ani tuto skutečnost si nedovedeme seriózně vysvětlit a říci, kteří konkrétní pacienti budou pravděpodobně benefitovat ze zařazení zrcadlové terapie do rehabilitačního programu.

V současné době vyvolává zrcadlová terapie více otázek, než existuje informací, které o ní můžeme s jistotou tvrdit. A to nemusí být špatně. Tento fenomén odhaluje cestu, jak ovlivňovat nejvyšší etáže nervového systému a na základě poznatků, které nám přináší, by v budoucnosti mohly vznikat další metody a přístupy. Rozhodně tedy stojí za to vytrvat v odhalování tajů fungování CNS, a to jak za fyziologického stavu, tak v patologických podmínkách, jako například po ischemické cévní mozkové příhodě. Těchto pacientů totiž stále přibývá a s tím se zvyšuje naléhavost umění poskytnutí kvalitní péče snižující závažnost následků způsobených iktem. Značnou výhodou zrcadlové terapie je možnost jejího domácího provádění bez odborné asistence fyzioterapeuta. Pro pacienty tak představuje snadný a finančně i časově nenáročný způsob, jak pracovat na zlepšení vlastního stavu v domácím prostředí. Zrcadlovou terapii navíc nelze předávkovat a je volně kombinovatelná s dalšími terapeutickými principy.

8 Referenční seznam

- ALLRED, R, P, KIM, S, Y, JONES, T, A. 2014. Use it and/ or lose it- experience effects on brain remodeling across time after stroke. *Frontiers in human neuroscience*; vol. 8, pp. 379 – 387; doi: 10.3389/fnhum.2014.00379
- ALTSCHULER, E, L, WISDOM, S, B, STONE, L, FOSTER, CH, GALASKO, D, LEWELLYN, D, M, E, RAMACHANDRAN, V, S. 1999. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *The Lancet*; Vol. 353; pp. 2035 - 2036; doi: 10.1016/S0140-6736(99)00920-4
- ARMEL, K, C, RAMACHANDRAN, V, S. 2003. Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *The royal society*; vol. 270, pp. 1499 – 1506; doi: 10.1098/rspb.2003.2364
- ARYA, K, N, PANDIAN, S, KUMAR, D, PURI, V. 2015. Task- based mirror therapy augmenting motor recovery in poststroke hemiparesis: A randomized controlled trial. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases*. vol. 24, pp. 1738 - 1748; doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.03.026
- AVANZINO, L, RAFFO, A, PELOSIN, E, OGLIASTRA, C, MARCHESE, R, RUGGERI, P, ABBRUZZESE, G. 2014. Training based on mirror visual feedback influences transcallosal communication. *European journal of neuroscience*; vol. 40, pp. 2581 - 2588; doi: 10.1111/ejn.12615
- BENOWITZ, L, I, CARMICHAEL, S, T. 2010. Promoting axonal rewiring to improve outcome after stroke. *Neurobiology of disease*; vol. 37, pp. 2 – 17; doi: 10.1016/j.nbd.2009.11.009
- BLISS, T, V, P, COOKE, S, F. 2011. Long- term potentiation and long- term depression: a clinical perspective. *Clinics*; vol. 66, pp. 3 – 17; doi: 10.1590/S1807-59322011001300002
- BOESCH E, BELLAN, V, MOSELEY, G, L, STANTON, T, R. The effect of bodily ilusions on clinical pain: a systematic review and meta- analysis. *Pain*; vol. 157, pp. 516 – 529; doi: 10.1097/j.pain.0000000000000423
- BOTVINICK, M, COHEN, J. 1998. Rubber hand feel touch that eyes see. *Nature*; vol. 391, p. 756; doi: 10.1038/35784
- BRINKMAN, J, KUYPERS, H, G, J, M. 1973. Cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand and finger movements in the split brain rhesus monkey. *Brain*; vol, 96, pp. 653 – 674; doi: 10.1126/science.176.4034.536
- BROWN, C, E, WONG, CH, MURPHY, T, H. 2008. Rapid morphologic plasticity of peri – infarkt dendritic spines after focal ischemic stroke. *Stroke*; vol. 39, pp. 1286 - 1291; doi: 10.1161/STROKEAHA.107.498238

- BROWN, C, E, LI, P, BOYD, J, D, DELANEY, K, R, MURPHY, T, H. 2007. Extensive turnover of dendritic spines and vascular remodeling in cortical tissues recovering from stroke. *The journal of neuroscience*; vol. 27, pp. 4101 – 4109; doi: 10.1523/JNEUROSCI.4295-06.2007
- BUCCINO, G, VOGT, S, RITZL, A, FINK, G, R, ZILLES, K, FREUD, H, J, RIZZOLATTI, G. 2004. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions : an event. related fMRI study. *Neuron*; vol. 42, pp. 323 -334; doi: 10.1016/S0896-6273(04)00181-3
- BURNS, M, S. 2008. Application of neuroscience to technology in stroke rehabilitation. *Topics in stroke rehabilitation*; vol. 15, pp. 570 – 579; doi: 10.1310/tsr1506-570
- BURY, S, D, EICHHORN, A, C, KOTZER, C, M, JONES, T, A. 2000. Reaktive astrocytic responses to denervation in the motor cortex of adult rats are sensitive to manipulations of behavioral experience. *Journal of neuropharmacology*; vol. 39, pp. 743 – 755; doi: 10.1016/S0028-3908(99)00272-5
- CACCHIO, A, DE BLASIS, E, DE BLASIS, V, SANTILLI, V, SPACCA, G. 2009. Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabilitation and neural repair*; vol. 8, pp. 792 - 799; doi: 10.1177/1545968309335977
- CALVERT, G, SPENCE, CH, STEIN, B, C. 2004. The handbook of multisensory processes. A Bradford book MIT press; pp. 1 - 915; ISBN: 0-262-03321-6
- CARMICHAEL, T, S. 2006. Cellular and molecular mechanisms of neural repair after stroke: making waves. *Annals of neurology*; vol. 59, pp. 735 – 742; doi: 10.1002/ana.20845
- CARMICHAEL, T, S. 2012. Brain excitability in stroke- the yin and yang of stroke progression. *Archives of neurology*; vol. 69, pp. 161 – 167; doi: 10.1001/archneurol.2011.1175
- CARVALHO, D, TEIXERIA, S, LUCAS, M, YUAN, T, F, CHAVES, F, PERESSUTTI, C, MACHADO, S, BITTENCOURT, J, MENENDÉZ- GONZÁLEZ, M, NARDI, A, E, VALASQUEZ, B, CAGY, M, PIEDADE, R, RIBEIRO, P, ARIAS- CARRIÓN, O. 2013. The mirror neuron system in post- stroke rehabilitation. *International archives of medicine*; vol. 6, pp. 45 – 52; doi: 10.1186/1755-7682-6-41
- CATTANEO, L, RIZZOLATTI, G. 2009. *The mirror neuron system*. *Archives of neurology*; vol. 66; pp. 557- 560; doi: 10.1001/archneurol.2009.41
- COCHIN, S, BARTHELEMY, C, LEJEUNE, B, ROUX, S, MARTINEAU, J. 1998. Perception of motion and qEEG activity in human adults. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*; vol. 107, pp. 287 – 295; doi: 10.1016/S0013-4694(98)00071-6
- COCHIN, S, BARTHLEMY, C, ROUX, S, MARTINEAU, J. 1999. Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography.

European journal of neuroscience; vol. 11, pp. 1839 – 1842; doi: 10.1046/j.1460-9568.1999.00598.x

DIEDERICH, A, COLONIUS, H. 2004. Bimodal and trimodal multisensory enhancement: effects of stimulus onset and intensity on reaction time. *Perception and psychophysics*; vol. 66, pp. 1388 – 1404; doi: 10.3758/BF03195006

DIRNAGL, U, SIMON, R, P, HALLENBECK, J, M. 2003. Ischemic tolerance and endogenous neuroprotection. *Trends in neurosciences*; vol. 26, pp. 248 – 254; doi: 10.1016/S0166-2236(03)00071-7

DOHLE, CH, PÜLLEN, J, NAKATEN, A, KÜST, J, RIETZ, CH, KARBE, H. 2008. Mirror therapy promotes a recovery from severe hemiparesis: A randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair*; vol. 23, pp. 209 - 217; doi: 10.1177/1545968308324786

DRAGANSKI, B, GASER, CH, BUSCH, V, SCHUIERER, G, BOGDAHN, U, MAY, A. 2004. Changes in grey matter induced by training. *Nature*; vol. 427, pp. 311 – 312; doi: 10.1038/427311a

DREIMEYER, J, BOYKE, J, GASER, CH, BÜCHEL, CH, MAY, A. 2008. Changes in gray matter induced by learning- revisited. *Plos one*; vol. 3, pp. 1 – 5; doi: 10.1371/journal.pone.0002669

DYAN, E, COHEN, L, G. 2011. Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron*; vol. 3, pp. 1 – 22; doi: 10.1016/j.neuron.2011.10.008

ERGOLU, C, ALLEN, N, J, SUSMANN, M, W, O’ROURKE, N, A, PARK, C, Y, OZKAN, E. 2009. Gabapentin receptot alpha2delta is a neuronal thrombospondin receptor responsible for excitatory CNS synaptogenesis. *Cell journal*; vol. 139, pp. 380 – 392; doi: 10.1016/j.cell.2009.09.025

FERBERT, A, PRIORI, A, ROTHWELL, J, C, DAY, B, L, GOLEBATCH, J, G, MARSDEN, C, D. 1992. Interhemispheric inhibition of the human motor cortex. *Journal of physiology*; vol. 453, pp. 525 - 546; doi: 10.1113/jphysiol.1992.sp019243

FOLEY, N, MEHTA, S, JUTAI, J, STAINES, E, TEASELL, R. 2013. Upper extremity intervention. *Evidence- based review of stroke rehabilitation*; pp. 1 – 163

GARRISON, K, A, AZIZ- ZADEH, L, WONG, S, W, LEIW, S, L, WINSTEIN, S, J. 2010. The mirror neuron system: a neural substrate for methods in stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and neural repair*; vol. 24, pp. 404- 412; doi: 10.1177/1545968309354536

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*; vol. 163, pp. 118 – 122; doi: 10.1007/s00221-005-2226-9

GOPNIK, A, MELTZOFF, A, KUHL, P. 2000. *The Scientist in the Crib: What Early Learning Tells Us About the Mind*; New York, NY: HarperCollins publishers; ISBN:10: 9780688177881

GORITZ, C, MUCHA, G, H, PFRIEGER, F, W. 2005. Multiple mechanisms mediate cholesterol- induced synaptogenesis in a CNS neuron. *Molecular and cellular neuroscience*; vol. 27, pp. 190 – 201; doi: 10.1016/j.mcn.2005.02.006

GREFKES, CH, EICKHOFF, S, B, NOWAK, D, A, DAFOTAKIS, M, FINK, G, R. 2008. Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMIR and DCM. *NeuroImage*; vol 41, pp. 1382 - 1394; doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.03.048

GUERRAZ, M. 2015. The mirror paradigm and mirror therapy: does the “virtual hand“ have a beneficial impact on motor behavior? *Therapeutical targets for neurological diseases*; vol. 517, pp. 1 - 4; doi: 10.14800/ttnd.517

HARI, R, FORSS, N, AVIKANEN, S, KIRVESKARI, E, SALENIUS, S, RIZZOLATTI, G. 1998. Activation of human primarx motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. *Archives of proceedings of the national academy of sciences*; vol. 95, pp. 15061 - 15065; doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230

HARRIS, K, M, FIALA, J, C, OSTROFF, L. 2003. Structural changes at dendritic spine synapses during long- term potentiation. *Philosophical transactions of the royal society B*; vol. 358, pp. 745 – 748; doi: 10.1098/rstb.2002.1254

HEBB, D, O. 1949. *The organization of bahaviour: a neuropsychological theory*. John Wiley & sons, inc.; ISBN: 10: 0805843000

HERMAN, D, M, CHOPP, M. 2012. Promoting brain remodelling and plasticity for stroke recovery: therapeutic promise and potential pitfalls of clinical translation. *The lancet neurology*; vol. 11, pp. 369 – 380; doi: 10.1016/S1474-4422(12)70039-X

IACOBINI, G, MOLNAR- SZAKAC, I, GALLESE, V, BUCCINO, G, MAZZIOTTA, J, C, RIZZOLATTI, G. 2005. Grasping the intentions of others with one’s own mirror neuron system. *Plos biology*; vol. 3, pp. 529 – 535; doi: 10.1371/journal.pbio.0030079

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 rehabilitattion medicine*; vol. 49, pp. 311 – 317; PMID: 23480975

JONES, T, A, SCHALLER, T. 1994. Use- dependent growth of pyramidal neurons after neocortical damage. *Journal of neurosciences*; vol. 14, pp. 2140 – 2152; PubMed: 8158262

JONES, T, A, KLEIM, J, A, GREENOUGH, W, T. 1996. Synaptogenesis and dendritic growth in the cortex opposite unilateral sensorimotor cortex damage in adult rats:

a quantitative electron microscopic examination. *The brain research*; vol. 733, pp. 142 – 148; PubMed: 8891261

JONES, T, A, CHU, C, J, GRANDE, L, A, GREGORY, A, D. 1999. Motor skills training enhances lesion- induced structural plasticity in the motor cortex of adult rats. *Journal of neurosciences*; vol. 19, pp. 10153 – 10163; PubMed: 10559423

KANG, Y, J, KU, J, KIM, H, J, PARK, H, K. 2011. Facilitation of corticospinal excitability according to motor imagery and mirror therapy in healthy subjects and stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*; vol. 35, pp. 747 – 758; doi: 10.5535/arm.2011.35.6.747

KEYSERS, C, KOHLER, E, UMITA, M, A, NANETTI, L, FOGASSI, L, GALLESE, V. 2003. Audiovisual mirror neurons and action recognition. *Experimental brain research*; vol. 153, pp. 628 – 636; doi: 10.1007/s00221-003-1603-5

KIM, H, SHIM, J. 2015. Investigation of the effects of mirror therapy on the upper extremity functions of stroke patients using the manual function test. *Journal of physical therapy science*; vol. 27, pp. 227 – 229; doi: 10.1589/jpts.27.227

KOLB, B, MORSHEAD, C, GONZALEZ, C, KIM, M, GREGG, CH, SHINGO, T, WEISS, S. 2007. Growth factor-stimulated generation of new cortical tissue and functional *Journal of neurophysiology* recovery after stroke damage to the motor cortex of rats. *Journal of cerebral blood flow and metabolism*; vol. 27, pp. 983 – 997; doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600402

LÄPPCHEN, C, H, RINGER, T, BLESSIN, J, SEIDEL, G, GRIESHAMMER, S, LANGE, R, HAMZEI, F. 2012. Optical illusion alters M1 excitability after mirror therapy: a TMS study. *Journal of neurophysiology*; vol. 108, pp. 2857 – 2861; doi: 10.1152/jn.00321.2012

LIEPERT, J, BAUDER, H, MILTNER, W, H, R, TAUB, E, WEILLER, C. 2000. Treatment- induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*; vol. 31, pp. 1210 – 1216; doi: 10.1161/01

LLOYD, D, M. 2007. Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo- tactile peripersonal space surrounding the hand. *Brain cognitive science*; Vol. 64, pp. 104 - 109; doi: 10.1016/j.bandc.2006.09.013

MAGUIRE, E, A, GADIAN, D, G, JOHNSRUDE, I, S, GOOD, C, D, ASHBURNER, J, FRACKOWIAK, R, S, J, FRITH, CH, D. 2005. Navigation – related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the national academy of sciences of the United states of america*; vol. 97, pp. 4398 – 4403; doi: 10.1073ypnas.070039597

MATSUZAKI, M, HONAKURA, N, ELLIES- DAVIES, G, C, R, KASAI, H. 2004. Structural basis of long- term potentiation in single dendritic spines. *Nature*; vol. 429, pp. 761 – 766; doi: 10.1038/nature02617

MAY, A, HAJAK, G, GÄNSBAUER, S, STEFFENS, T, LANGGUTH, B, KLEINJUNG, T, EICHHAMMER, P. 2007. Structural brain alterations following 5 days of intervention:

dynamic aspects of neuroplasticity. *Cerebral cortex*; vol. 17, pp. 205 – 210; doi: 10.1093/cercor/bhj138

McCABE, C, S, HAIGH, R, C, BLAKE, D, R. 2008. Mirror visual feedback for the treatment of complex regional pain syndrom (type 1). *Psychiatric management of pain*; vol. 12, pp. 103 – 107; PMID: 18474189

MELTZOFF, A, N, MOORE, K, M. 1977. Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*; vol. 198, pp. 75 – 78; doi: 10.1126/science.198.4312.75

MICHELSEN, E, M, SMITS, M, RIBBERS, G, STAM, H, VAN DER GEEST, J, N, BUSSMANN, J, B, 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, neuropsychology and psychiatry*; vol. 15, pp. 1 - 7; doi: 10.1136/jnnp.2009.194134

MICHELSEN, M, E, SELLES, R, W, VAN DER GEEST, J, N, ECKHARDT, M, YAVUZER, G, STAM, H, J, SMITS, M, RIBBERS, G, M, BUSSMANN, J, B, J. 2011. Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: phase II randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair*; vol. 20, pp. 1 – 11; doi: 10.1177/1545968310385127

MICHELSEN, E, M. 2012. Reflections on mirror therapy in stroke: Mechanisms and effectiveness for improving hand functions. Department of rehabilitation medicine and physical therapy, Erasmus university Rotterdam; pp. 1 - 128; ISBN: 978-94-6169-265-8

MOSLEY, G, L, GALLACE, A, SPENCE, CH. 2008. Is mirror therapy all it is cracked up to be? Current evidence and future directions. *Pain*; vol. 138, pp. 7 – 10; doi: 10.1016/j.pain.2008.06.026

MURASE, N, DUQUE, J, MAZZOCCHIO, R, COHEN, L, G. 2004. Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke. *Annals of neurology*; vol. 55, pp. 400 – 409; doi: 10.1002/ana.10848

MYOWA- YAMAKOSHI, M, TOMONAGA, M, TANAKA, M, MATSUZAWA, T. 2004. Imitation in neonatal chimpanzees. *Developmental science*; vol. 7, pp. 437 – 442; doi: 10.1111/j.1467-7687.2004.00364.x

NÜRNBERGER, E. 2011. Síla pozitivního myšlení- jak získat životní nadhled a udržet starosti na uzdě. Czech edition © Grada Publishing, a.s., ISBN 978-80-247-3954-0

OHAB, J, J, FLEMING, S, BLESCH, A, CARMICHAEL, S, T. 2006. A neurovascular niche for neurogenesis after stroke. *Journal of neurosciences*; vol. 26, pp. 13007 – 13016; doi: 10.1523/JNEUROSCI.4223-06.2006

PANDIAN, J, D, ARORA, R, KAUR, P, SHARMA, D, VISHWAMBARAN, D, K, ARIMA, H. 2014. Mirror therapy in unilateral neglect after stroke. *Neurology*; vol. 84, pp. 1012 - 1017; doi: 10.1212/01.wnl.0000462978.57606.5a

- PANTIERE, A, THEODOSIS, D, T, MOTHET, J, P, TOUQUET, B, POLLEGIONI, L, POULAIN, D, A. 2006. Glia- derivated D- serine controls NMDA receptor aktivity and synaptic memory. *Cell journal*; vol. 125, pp. 775 – 784; doi: 10.1016/j.cell.2006.02.051
- PARK, J, Y, CHANG, M, KIM, K, KIM, H, J. 2015. The effects of mirror therapy on upper- extremity function and activities of daily living in stroke patients. *Journal of physical therapy science*; vol. 27, pp. 1681 - 1683 doi: 10.1589/jpts.27.1681
- PASCUAL – LEONE, A, AMEDI, A, FREGNI, F, MERABET, L, B. 2005. The plastic human brain cortex. *Annual review of neuroscience*; vol. 28, pp. 377 – 401; doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216
- RAMACHANDRAN, V, S, ALTSCHULER, E, L, STONE, L, AL- ABOUDLI, M, SCHWARTZ, E, SIVA, N. 1999. Can mirrors alleviate visual hemineglect?. *Medical hypotheses*; vol. 52, pp. 303 - 305; doi: 10.1054/mehy.1997.0651
- 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*; vol. 132, pp. 1693 – 1710; doi: 10.1093/brain/awp135
- RIZZOLATTI, G, FADIGA, L, GALLESE, V, FOGASSI, L. 1996. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*; vol. 2, pp. 131- 141; PMID: 8713554
- RIZZOLATTI, G, LUPPINO, G, MATELLI, M. 1998. The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*; vol. 106, pp. 283 – 296; doi: 10.1016/S0013-4694(98)00022-4
- RIZZOLATTI, G, ARBIB, M, A. 1998. Language within our grasp. *Viewpoint*; vol. 21, pp. 189 - 194; doi: 10.1016/S0166-2236(98)01260-0
- RIZZOLATTI, G, FOGASSI, L, GALLESE, V. 2001. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature reviews neuroscience*; vol. 2, pp. 661- 670; doi: 10.1038/35090060
- RIZZOLATTI, G. 2005. The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy nad embryology*; vol. 210; pp. 419- 421; doi: 10.1007/s00429-005-0039-z
- RIZZOLATTI, G, CRAIGHERO, L. 2004. The mirror- neuron system. *Annual review of neuroscience*; vol. 27, pp. 169 – 192; doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- RIZZOLATTI, G, SINIGAGLIA, C. 2010. The functional role of the parieto- frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nature*; vol. 11, pp. 264 – 274; doi: 10.1038/nrn2805
- RO, T, WALLACE, R, HAGEDORN, J, FARNÉ, A, PIENKOS, E. 2004. Visual enhancing of tactile perception in the posterior parietal cortex. *Journal of cognitive neuroscience*; vol. 16, pp. 24 - 30; doi: 10.1162/089892904322755520
- ROCK, I, VICTOR, J. 1964. Vision and touch: an experimentally created conflict between the two senses. *Science*; vol. 143, pp. 594 – 596; doi: 10.1126/science.143.3606.594

- ROTHGANGEL, A, S, BEURSKENS, A, J, SEITZ, R, J, WADE, D, T. 2011. The clinical aspects of mirror therapy in rehabilitation: a systematic review on literature. *International journal of rehabilitation research*; vol. 34, pp. 1 – 13; doi: 10.1097/MRR.0b013e3283441e98
- ROTHGANGEL, A, S. 2013. Mirror therapy: Practical protocol for stroke rehabilitation. pp. 1 - 25; doi: 10.12855/ar.sb.mirrortherapy.e2013
- SAMUELKAMALESHKUMAR, S, REETHAJANETSUREKA, S, PAULJEBARAJ, P, BENSHAMIR, B, PADANKATTI, S, M, DAVIS, J, A. 2014. Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: A pilot randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*; vol. 95, pp. 2000 - 2005; doi: 10.1016/j.apmr.2014.06.020
- SATHIAN, K, GREENSPAN, A, I, WOLF, S, L. 2000. Doing it with mirrors: A case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabilitation and neural repair*; vol. 14, pp. 73 – 76; doi: 10.1177/154596830001400109
- SHATZ, J, S. 1992. The developing brain. *Scientific american*; vol. 2, pp. 60 – 66; ISSN: 0036-8733
- SCIUSCO, A, DITRENTA, G, RAHINO, A, DAMIANI, S, MEGNA, M, RANIERI, M, MEGNA, G. 2008. Mirror therapy in the motor recovery of upper extremities. *European journal of physical and rehabilitation medicine*; vol. 44, pp. 1 – 5; doi: 10.1186/1471-2377-6-39 30.
- SCHMALZL, L, RANGO, C, EHRSSON, H, H. 2013. An alternative to traditional mirror therapy. Illusory touch can reduce pain when illusory movement does not. *Journal of clinical pain*; vol. 29, pp. 10 – 18; doi: 10.1097/AJP.0b013e3182850573
- SCHOLZ, J, KLEIN, M, C, BEHRENS, T, E, J, JOHANSEN- BERG, H. 2009. Training induces changes in white- matter architecture. *Nature neuroscience*; vol. 12, pp. 1370 – 1371; doi: 10.1038/nn.2412
- SILVER, J, MILLER, J, H. 2004. Regeneration beyond the glial scar. *Nature reviews neuroscience*; vol. 5, pp. 146 – 156; doi: 10.1038/nrn1326
- STINEAR, J, W, BYBLOW, W, D. 2013. Rhythmic bilateral movement training modulates corticomotor excitability and enhances upper limb motricity poststroke: a pilot study. *Journal of clinical neurophysiology*; vol. 21, pp. 124 – 131; doi: 10.1097/00004691-200403000-00008
- STINEAR, C, M, MATTHEW, A, P, ANWAR, S, BARBER, P, A, BYBLOW, W, D. 2014. Bilateral priming accelerates recovery of upper limb function after stroke- a randomized controlled trial. *Stroke*; vol. 45, pp. 205 – 210; doi: 10.1161/STROKEAHA.113.003537
- STROEMER, R, P, KENT, T, A, HULSEBOCH, C, E. 1995. Neocortical neural sprouting, synaptogenesis, and behavioral recovery after neocortical infraction in rats. *Stroke*; vol. 26, pp. 2135 – 2144; doi: 10.1161/01.STR.26.11.2135

- SÜTBAYAZ, S, YAVUZER, G, NEBAHAT, S, FÜSUN, K. 2008. Mirror therapy enhances lower- extremity motor recovery and motor functioning after stroke: A randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*; vol. 88, pp. 555 - 559; doi: 10.1016/j.apmr.2007.02.034
- TAKEUCHI, N, TADA, T, TOSHIMA, M, MATUSO, Y, IKOMA, K. 2009. Repetitive transcranial magnetic stimulation over bilateral hemispheres enhances motor function and training effect of paretic hand in patients after stroke. *Journal of rehabilitation medicine*; vol. 41; pp. 1049 – 1054; doi: 10.2340/16501977-0454
- TAKUCHI, N, OOUCHIDA, Y, IZUMI, S, I. 2012. Motor control and neural plasticity through interhemispheric interactions. *Neural plasticity*; vol. 2012, pp. 1 – 13; doi: 10.1155/2012/823285
- TAUB, E. 1980. Somatosensory deafferentation research with monkeys: implications for rehabilitation medicine. *Behavioral psychology in rehabilitation medicine*; New York: Williams & Wilkins, pp. 371 – 401; doi: 10.3389/fnhum.2014.00544
- TAUBERT 2010 Plasticity of the human brain: we never use the same brain twice. Research perspectives of the Max Planck society; pp. 90 – 95.
- THIBAUT, A, CHATELLE, C, ZIEGLER, E, BRUNO, M, A, LAUREYS, S, GOSSERIES, O. 2013. Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment. *Brain injury*; vol. 7, pp. 1 – 13; doi: 10.3109/02699052.2013.804202
- THIEME, H, MEHRHOLZ, J, POHL, M, BEHRENS, J, DOHLE, CH. 2012. Mirror therapy for improving motor function after stroke (review). *The cochrane collaboration*; vol. 3, pp. 1 – 68; doi: 10.1002/14651858.CD008449.pub2.
- VILLRINGER, A, PLEGER, B. 2010. Plasticity of the human brain: we never use the same brain twice. Max Planck institute for human brain and cognitive sciences, Leipzig; pp. 1 -12.
- WAHL, A, S, CHWAB, M, E. 2014. Finding an optimal rehabilitation paradigm after stroke: enhancing fiber growth and training of the brain at the right moment. *Frontiers in human neuroscience*; vol. 8, pp. 1 - 13; doi: 10.3389/fnhum.2014.00381
- WHICKER, B, KEYSERS, CH, PLAILLY, J, ROYET, J, P, GALLESE, V, RIZZOLATTI, G. 2003. Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*; vol. 40, pp. 655 – 664; doi: 10.1016/S0896-6273(03)00679-2
- WHITAKER, V, R, CUI, L, MILLER, S, YU, S, P, WEI, L. 2007. Whisker stimulation enhances angiogenesis in the barrel cortex following focal ischemia in mice. *Journal of cerebral blood flow and metabolism*; vol. 27, pp. 57 – 68; doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600318
- WOLF, S, L, WINSTEIN, C, J, MILLER, J, P, TAUB, E, USWATTE, G, MORRIS, D. 2006. Effects of constraint- induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke. *The Journal of the American Medical Association*; vol. 296, pp. 2095 – 2104; doi: 10.1001/jama.296.17.2095

YAVUZER, G, SELLES, R, SEZER, N, SUTBEYAZ, S, BUSSMANN, J, B, KOSEOGLU, 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* 2008; vol. 89, pp. 393 - 398; doi: 10.1016/j.apmr.2007.08.162

YELDAN, I, HUSEYINSINOGLU, B, E, AKINIC, B, TARAKCI, E, BAYBAS, S, OZDINCLER, A, R. 2015. The effects of very early mirror therapy on functional improvement of the upper extremity in acute stroke patients. *Journal of physical therapy science*; vol. 27, pp. 3519 – 3524 doi: 10.1589/jpts.27.3519

YUN, J, CHUN, M, H, PARK, J, Y, KIM, B, R. 2011. The synergic effects of mirror therapy and neuromuscular electrical stimulation for hand function in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*; vol. 35, pp. 316 – 321; doi: 10.5535/arm.2011.35.3.316

ZHANG, R, L, ZHANG, Z, G, CHOPP, M. 2005. Neurogenesis in the adult ischemic brain: generation, migration, survival and restorative therapy. *The neuroscientist*; vol. 11, pp. 408 – 416; doi: 10.1177/1073858405278865

9 Seznam zkratek

ADL- activities of daily living- běžné každodenní činnosti

APBP- aktivně- pasivně bilaterální pohyb

ARAT- Action research arm test

BA- Brodmannova area

BI- Barthel index

BS- Brunnstrom škála

B&B- Box and Block test

CRBS- komplexní bolestivý regionální syndrom

CRBSt1- komplexní bolestivý regionální syndrom typ 1

CRPS- complex regional pain syndrom- komplexní regionální bolestivý syndrom

CMIT- constraint induce movement therapy

EMG- elektromyograf

EPO- erithropoetin

FIM- Functional independence measure- Škála funkční nezávislosti

FMA- Fugl- Meyer škála

HK- horní končetina

iCMP- ischemická cévní mozková příhoda

IHF- interhemisferická facilitace

IHI- interhemisferická inhibice

LTD- long- term depression- dlouhodobá deprese

LTP- long- term potentiation- dlouhodobá potenciace

M1 – primární korová motorická oblast

MAS- Modified Ashworth scale- Modifikovaná Ashworth škála

MEG- magnetoencephalography- magnetoencefalografie

MEPs- motor evoked potential- evokované motorické potenciály

MNs- mirror neurons- zrcadlové neurony

MT- mirror therapy- zrcadlová terapie

NMES- Neuromuskulární elektrická stimulace

NS- nervový systém/ nervová soustava

SEMG- surface electromyography – povrchová elektromyografie

TMS- transkraniální magnetická stimulace

10 Přílohy

Informovaný souhlas

pro výzkumný projekt: Diplomová práce: Vliv zrcadlové terapie na úpravu stavu paretické horní končetiny u pacientů po ischemické cévní mozkové příhodě

období realizace: leden 2015 – duben 2016

řešitelé projektu: Mgr. Radek Mlíka Ph.D., Bc Michael Drahota

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je zhodnocení efektu zrcadlové terapie s využitím zařízení EMG Delsys systému k rehabilitaci horní končetiny po cévní mozkové příhodě.

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

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitel projektu mne informoval o podstatě výzkumu a seznámil mne s cíli, metodami a postupy, které budou při výzkumu používány. Stejně tak s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány. Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

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

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu:

.....V.....dne:.....

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

.....V.....dne:.....

Hlavní autor studie	Rok vydání studie	Fáze onemocnění pacienta	Počet pacientů (pokusná : kontrolní skupina)	Délka cvičební jednotky a experimentu	Vyhodnocovací prostředky	Závěr
Dohle	2008	subakutní	18 : 18	30 min, 5x týdně, 6 týdnů	FMA, ARAT, FIM	MT je přínosná pro obnovu povrchového čítí, hemineglektu a obnovy motoriky paretické HK
Yavuzer	2008	subakutní	20 : 20	30 min, 5x týdně, 4 týdny; po 6 měsících follow up	BS, MAS, FIM	Zlepšení motoriky paretické HK, efekt přetrval
Sutbeyaz	2008	subakutní	20 : 20	30 min, 5x týdně, 4 týdny; po 6 měsících follow up	BS, MAS, FIM	Zlepšení motoriky akra DK
Samuelkam-aleshkumar	2014	subakutní	10 : 10	1 hodina, 5x týdně, 3 týdny	FMA, BS, B&B	Zlepšení motoriky paretické HK
Invernizzi	2013	subakutní	13 : 13	30 min, 5x týdně, 4 týdny	FIM, ARAT	MT je prospěšná pro obnovu motoriky pacientů po CMP
Sciusco	2008	subakutní	7 : 7	1 hodina, 5x týdně, 4 týdny	FMA, FIM, MAS	MT pozitivně ovlivnila pohyblivost paretické HK a kvalitu ADL
Yeldan	2015	subakutní	4 : 4	20 min, 5 týdně, 3 týdny	FMA, BI	Není rozdíl mezi MT a konkurenční metodou
Yun	2011	subakutní	20 : 20 : 20	30 min, 5x týdně, 3 týdny	FMA	MT je přínosná, ale méně, než při zkombinování s NMES
Arya	2015	chronická	17 : 16	45 min, 5x týdně, 8 týdnů	FMA, BS	Zrcadlová terapie přispívá k obnově motoriky akra HK
Michielsen	2012	chronická	20 : 20	1 hodina, 5x týdně, 6 týdnů, follow up po 6 měsících	FMA, fMRI	MT je přínosná pro reedukaci motoriky, efekt nepřetrval

Tabulka 1. Znázorňuje přehled výše rozvedených studií, zabývajících se vlivem zrcadlové terapie na úpravu stavu paretické HK.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	6,08547E-06	9,64853E-06	6,0096E-06	1,77129E-05	7,47925E-06	1,11444E-05	7,60483E-06	0,000147849
Sm odchylka	9,04294E-07	3,1076E-06	6,9493E-07	9,36931E-06	4,86615E-07	2,97765E-06	4,60413E-07	1,63774E-05
Pacient 2								
Průměr	8,74021E-06	1,0958E-05	7,26776E-06	8,75899E-06	7,68405E-06	5,92195E-06	5,12632E-06	4,41618E-06
Sm odchylka	1,49282E-06	1,95813E-06	1,40047E-06	1,51581E-06	1,496E-06	1,02415E-06	9,23535E-07	8,93966E-07
Pacient 3								
Průměr	2,27893E-06	3,80754E-05	3,31584E-06	7,59782E-05	3,19329E-06	2,34902E-05	1,68011E-05	3,0467E-05
Sm odchylka	8,91945E-07	3,19704E-05	1,22242E-06	6,4882E-05	8,32871E-07	1,97891E-05	1,19828E-06	9,71405E-06
Pacient 4								
Průměr	1,22348E-05	2,13915E-05	6,67206E-06	7,95098E-06	5,8903E-06	2,10155E-05	1,08389E-05	1,36052E-05
Sm odchylka	3,10071E-06	1,43478E-05	2,21114E-06	3,39542E-06	1,04281E-06	7,63493E-06	2,53908E-06	3,7953E-06
Pacient 5								
Průměr	9,93679E-06	1,3264E-05	7,67093E-06	1,75401E-05	6,51331E-06	7,29592E-06	5,39202E-06	5,79942E-06
Sm odchylka	8,21468E-07	5,64925E-06	6,14724E-07	7,42746E-06	6,4148E-07	8,35159E-07	7,48125E-07	8,73394E-07
Pacient 6								
Průměr	5,0013E-06	4,22247E-06	3,96812E-06	4,62617E-06	4,27054E-06	3,89681E-06	3,73904E-06	4,25027E-06
Sm odchylka	7,74466E-07	7,76016E-07	7,08615E-07	9,64408E-07	2,0791E-06	8,10934E-07	8,10357E-07	1,08433E-06
Pacient 7								
Průměr	7,69E-06	1,65E-05	8,24E-06	2,83E-05	5,97E-06	1,07E-05	6,22E-06	1,99E-05
Sm odchylka	6,72E-07	9,25E-06	3,76E-06	1,60E-05	6,22E-07	2,40E-06	9,83E-07	9,44E-06
Pacient 8								
Průměr	6,56442E-06	1,31283E-05	6,10694E-06	2,44261E-05	5,81012E-06	1,08193E-05	6,09123E-06	1,57957E-05
Sm odchylka	6,15471E-07	4,93016E-06	6,12058E-07	2,25594E-05	5,95725E-07	6,77639E-06	6,15261E-07	3,84818E-06

Tabulka 2. EMG hodnoty pro m. extensor digitorum před terapií u pacientů pokusné skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	4,8376E-05	0,000538013	3,21973E-05	0,000125574	2,07943E-05	5,21265E-05	2,68578E-05	2,15097E-05
Sm odchylka	1,12314E-05	0,00034357	5,0939E-06	9,84264E-05	6,99397E-06	2,83088E-05	3,2703E-05	9,50577E-06
Pacient 2								
Průměr	1,05716E-05	9,13365E-06	5,88502E-06	8,86563E-06	8,66697E-06	7,12094E-06	4,2869E-06	4,86388E-06
Sm odchylka	7,5855E-07	1,39841E-06	6,25227E-07	3,01449E-06	1,77712E-06	1,0831E-05	1,07797E-06	1,07634E-06
Pacient 3								
Průměr	1,17838E-05	5,88641E-05	1,10595E-05	7,05929E-05	7,06077E-06	3,16648E-05	5,89093E-06	4,44161E-05
Sm odchylka	1,43428E-06	3,47942E-05	1,3061E-06	5,23617E-05	7,06262E-07	1,04102E-05	6,36432E-07	1,32296E-05
Pacient 4								
Průměr	3,77391E-06	5,26095E-06	3,36445E-06	5,9068E-06	3,13664E-06	8,74735E-06	3,1502E-06	5,21475E-06
Sm odchylka	8,46468E-07	8,79496E-07	8,76102E-07	2,77534E-06	7,78938E-07	3,81648E-06	8,06383E-07	1,00565E-06
Pacient 5								
Průměr	7,58594E-05	1,72224E-05	1,65706E-05	1,70562E-05	1,56473E-05	9,11564E-06	7,66676E-06	6,74719E-06
Sm odchylka	9,63945E-06	1,58598E-06	1,67358E-06	2,40528E-06	2,22194E-06	8,30245E-07	8,10325E-07	7,32551E-07
Pacient 6								
Průměr	2,95302E-05	1,24287E-05	9,06767E-06	7,44902E-06	6,04068E-06	4,8355E-06	4,47434E-06	7,55416E-06
Sm odchylka	3,42424E-06	1,98345E-06	4,41551E-06	9,59025E-07	6,19508E-07	6,0736E-07	6,15048E-07	1,83813E-06
Pacient 7								
Průměr	5,96499E-06	1,82533E-05	6,01459E-06	6,41203E-06	6,07058E-06	8,9753E-06	5,80169E-06	1,30539E-05
Sm odchylka	6,50616E-07	7,45315E-06	6,70029E-07	6,76306E-07	6,73495E-07	2,61968E-06	6,26087E-07	6,38278E-06
Pacient 8								
Průměr	3,61222E-06	1,18663E-05	4,07887E-06	1,65936E-05	4,22081E-06	7,76013E-06	4,06834E-06	1,3869E-05
Sm odchylka	7,89747E-07	3,71886E-06	7,56855E-07	1,34546E-05	6,62406E-07	2,36057E-06	7,18345E-07	6,74607E-06

Tabulka 3. EMG hodnoty pro m. extensor digitorum po terapii u pacientů pokusné skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	6,07074E-05	1,51654E-05	1,04026E-05	1,10543E-05	6,0193E-06	6,73696E-06	4,93656E-06	9,75612E-05
Sm odchylka	7,91074E-06	2,58287E-06	1,37647E-06	2,47514E-06	7,5207E-07	1,73159E-06	7,10758E-07	1,31721E-05
Pacient 2								
Průměr	1,3281E-05	1,62423E-05	9,4349E-06	8,13776E-06	9,5416E-06	8,59379E-06	8,261E-06	5,24854E-06
Sm odchylka	3,38128E-06	3,96254E-06	2,16065E-06	1,82826E-06	8,2556E-06	1,8077E-06	1,70143E-06	1,14579E-06
Pacient 3								
Průměr	3,61315E-06	1,28361E-05	3,00804E-06	3,32604E-05	2,9028E-06	1,15391E-05	4,63147E-06	3,55029E-05
Sm odchylka	4,98423E-07	5,33776E-06	4,06239E-07	2,77259E-05	3,9026E-07	9,93389E-06	1,51608E-06	2,87574E-05
Pacient 4								
Průměr	1,02871E-05	1,83098E-05	5,29187E-06	7,47038E-06	7,2787E-06	1,09138E-05	5,54173E-06	8,75691E-06
Sm odchylka	2,37284E-06	5,48189E-06	1,30856E-06	3,37241E-06	3,4397E-06	3,76077E-06	1,7701E-06	3,23244E-06
Pacient 5								
Průměr	1,118E-05	2,22213E-05	5,82273E-06	2,04166E-05	7,6688E-06	1,83737E-05	8,59369E-06	1,01105E-05
Sm odchylka	2,31652E-06	5,33988E-06	9,38736E-07	7,94711E-06	1,3963E-06	3,63391E-06	1,89223E-06	4,3022E-06
Pacient 6								
Průměr	4,19122E-06	3,59505E-06	3,43516E-06	4,86433E-06	3,9936E-06	3,06106E-06	3,06315E-06	4,92634E-06
Sm odchylka	5,41601E-07	4,71469E-07	4,14493E-07	1,21207E-06	3,8714E-06	4,62403E-07	4,85541E-07	3,28831E-06
Pacient 7								
Průměr	4,94E-06	6,19E-06	5,36E-06	7,33E-06	4,04E-06	5,45E-06	4,41E-06	9,91E-06
Sm odchylka	6,60E-07	1,81E-06	1,24E-06	2,04E-06	5,44E-07	8,84E-07	6,53E-07	5,36E-06
Pacient 8								
Průměr	8,02987E-06	1,57551E-05	4,08301E-06	1,63813E-05	4,2039E-06	2,22251E-05	3,59936E-06	8,8585E-06
Sm odchylka	1,62374E-06	1,01982E-05	5,63338E-07	6,95656E-06	1,3881E-06	1,69903E-05	5,3542E-07	3,30499E-06

Tabulka 4. EMG hodnoty pro m. extensor carpi radialis longus před terapií u pacientů pokusné skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	4,95313E-06	4,92133E-06	4,68307E-06	4,90701E-06	4,5476E-06	6,00613E-06	4,4988E-06	5,05848E-06
Sm odchylka	6,05047E-07	6,89517E-07	5,12354E-07	6,53056E-07	5,9782E-07	1,05913E-06	6,80541E-07	9,60586E-07
Pacient 2								
Průměr	1,85775E-05	1,59708E-05	1,11434E-05	9,7689E-06	7,6289E-06	5,96829E-06	3,44331E-06	7,28759E-06
Sm odchylka	3,76931E-05	2,78284E-06	2,05787E-06	1,79829E-06	1,4492E-06	1,41977E-06	5,89914E-07	1,4846E-06
Pacient 3								
Průměr	2,07085E-07	1,98083E-07	2,02796E-07	2,0212E-07	2,0365E-07	1,96786E-07	2,09644E-07	2,21726E-07
Sm odchylka	6,97751E-08	6,94438E-08	8,35231E-08	7,81211E-08	9,7809E-08	8,05115E-08	1,05738E-07	1,23048E-07
Pacient 4								
Průměr	4,37398E-06	3,88292E-06	3,1558E-06	3,42486E-06	2,8353E-06	1,08627E-05	3,50561E-06	5,35199E-06
Sm odchylka	7,12323E-07	8,1361E-07	5,06747E-07	1,40553E-06	4,0665E-07	2,85515E-06	5,20419E-07	1,41386E-06
Pacient 5								
Průměr	1,11617E-05	4,02382E-06	3,95924E-06	4,21623E-06	3,8925E-06	3,48082E-06	3,32429E-06	3,10006E-06
Sm odchylka	1,63286E-06	5,65973E-07	5,0186E-07	6,1703E-07	5,7319E-07	4,96868E-07	5,72546E-07	4,3839E-07
Pacient 6								
Průměr	5,8485E-06	6,66626E-06	4,79933E-06	4,85563E-06	3,8536E-06	4,8848E-06	4,73781E-06	6,80585E-06
Sm odchylka	8,20198E-07	4,88429E-06	3,17716E-06	1,31259E-06	5,8894E-07	3,05329E-06	7,03442E-07	1,9938E-06
Pacient 7								
Průměr	4,33586E-06	5,34121E-06	3,64189E-06	6,67739E-06	3,5926E-06	4,87379E-06	3,35415E-06	5,25468E-06
Sm odchylka	5,7901E-07	1,24969E-06	4,81935E-07	2,16999E-06	5,6273E-07	7,63718E-07	4,55206E-07	1,98925E-06
Pacient 8								
Průměr	5,862E-07	1,18365E-05	3,85778E-06	9,03229E-06	4,3431E-06	2,48724E-05	4,31696E-06	5,46281E-06
Sm odchylka	5,87365E-06	6,7006E-06	6,29553E-07	3,65277E-06	6,0646E-07	1,3322E-05	6,6468E-07	1,41084E-06

Tabulka 5. EMG hodnoty pro m. extensor carpi radialis longus po terapii u pacientů pokusné skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	5,3602E-06	7,91123E-06	4,77143E-06	4,51554E-06	4,43024E-06	3,99327E-06	4,2041E-06	3,93015E-06
Sm odchylka	7,3698E-07	3,8337E-05	6,79505E-07	7,28304E-07	6,70004E-07	6,44653E-07	6,78232E-07	7,32869E-07
Pacient 2								
Průměr	3,2211E-06	3,99775E-06	3,06265E-06	4,76386E-06	3,14686E-06	4,17315E-06	3,01298E-06	4,30757E-06
Sm odchylka	7,9171E-07	9,05397E-07	7,44477E-07	1,85264E-06	8,6471E-07	1,29096E-06	7,4947E-07	1,18668E-06
Pacient 3								
Průměr	3,5609E-06	1,45922E-05	3,95869E-06	3,50168E-05	3,83045E-06	1,52647E-05	3,39454E-06	2,86241E-05
Sm odchylka	8,9937E-07	4,57503E-06	9,73585E-07	2,76989E-05	7,52772E-07	7,92392E-06	8,57707E-07	1,12175E-05
Pacient 4								
Průměr	7,5249E-06	6,83117E-06	5,48198E-06	1,27202E-05	5,17583E-06	5,89962E-06	5,17078E-06	8,91983E-06
Sm odchylka	7,1122E-07	1,08332E-06	7,077E-07	9,6139E-06	7,09483E-07	1,03173E-06	8,62701E-07	4,05947E-06
Pacient 5								
Průměr	7,4787E-06	6,22237E-06	5,55455E-06	6,0689E-06	4,8828E-06	4,83703E-06	4,55127E-06	4,94775E-06
Sm odchylka	8,1178E-07	7,74344E-07	8,37121E-07	1,37979E-06	7,69238E-07	8,56495E-07	7,62578E-07	8,28938E-07
Pacient 6								
Průměr	5,0589E-06	7,73786E-06	4,48767E-06	8,06334E-06	4,11387E-06	3,93975E-06	3,84527E-06	3,87954E-06
Sm odchylka	6,8768E-07	1,11464E-06	6,82837E-07	1,57251E-06	6,85778E-07	7,13327E-07	7,44237E-07	7,12253E-07

Tabulka 6. EMG hodnoty pro m. extensor digitorum před terapií u pacientů kontrolní skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	5,8788E-06	5,04282E-06	4,90267E-06	4,94353E-06	5,06413E-06	5,11189E-06	5,13706E-06	5,38148E-06
Sm odchylka	7,75E-07	7,91166E-07	6,7921E-07	7,08075E-07	7,17986E-07	8,44648E-07	7,52626E-07	7,46307E-07
Pacient 2								
Průměr	2,3879E-05	2,72487E-05	4,3437E-06	5,63184E-05	5,81833E-06	1,99822E-05	2,18585E-05	2,36324E-05
Sm odchylka	1,2482E-05	1,33782E-05	7,15006E-07	2,86849E-05	2,06451E-06	1,79168E-05	2,42538E-05	1,86892E-05
Pacient 3								
Průměr	4,5327E-06	2,78352E-05	4,77764E-06	4,91269E-05	5,71681E-06	1,90362E-05	5,12552E-06	3,64514E-05
Sm odchylka	7,0265E-07	1,19286E-05	8,54687E-07	3,10636E-05	7,66999E-07	5,73648E-06	8,45821E-07	2,04627E-05
Pacient 4								
Průměr	4,3015E-06	2,03834E-05	4,21625E-06	3,63207E-05	4,06774E-06	8,75331E-06	4,51289E-06	1,80241E-05
Sm odchylka	7,1371E-07	1,33826E-05	7,63786E-07	2,4105E-05	6,99345E-07	6,13334E-06	7,62056E-07	8,26873E-06
Pacient 5								
Průměr	6,9694E-06	7,07955E-06	6,72469E-06	3,429E-05	6,10435E-06	6,71511E-06	6,10869E-06	6,70924E-06
Sm odchylka	7,4074E-07	7,60154E-07	7,2496E-07	0,000159684	8,97144E-07	9,45803E-07	8,31571E-07	2,01968E-06
Pacient 6								
Průměr	1,3606E-05	1,2212E-05	8,06471E-06	7,31968E-06	7,20542E-06	9,19065E-06	6,90738E-06	6,86608E-06
Sm odchylka	1,7541E-06	4,92046E-05	2,35903E-06	8,63778E-07	7,7725E-07	1,36865E-05	7,46525E-07	7,81051E-07

Tabulka 6. EMG hodnoty pro m. extensor digitorum po terapii u pacientů kontrolní skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	5,95541E-06	1,16401E-05	4,62811E-06	3,8674E-06	3,80008E-06	3,99327E-06	4,2041E-06	3,93015E-06
Sm odchylka	9,5731E-07	9,05694E-05	2,79043E-06	5,98573E-07	5,18083E-07	6,44653E-07	6,78232E-07	7,32869E-07
Pacient 2								
Průměr	6,35883E-06	9,8793E-06	6,05258E-06	2,65595E-05	5,6808E-06	1,13932E-05	5,24442E-06	1,81266E-05
Sm odchylka	9,93089E-07	2,3999E-06	8,85243E-07	7,98229E-06	9,24381E-07	6,19117E-06	7,00278E-07	1,26861E-05
Pacient 3								
Průměr	3,27627E-06	6,53128E-06	3,66878E-06	9,59879E-06	4,09484E-06	1,55975E-05	3,58815E-06	1,21876E-05
Sm odchylka	5,35551E-07	3,86819E-06	5,27387E-07	6,04978E-06	3,24484E-06	1,06553E-05	4,11252E-06	5,92414E-06
Pacient 4								
Průměr	5,24048E-06	6,83117E-06	4,84322E-06	9,83336E-06	4,57981E-06	4,76913E-06	4,38231E-06	1,3998E-05
Sm odchylka	7,27363E-07	1,08332E-06	6,84564E-07	7,29489E-06	7,26578E-07	6,93849E-07	6,7536E-07	5,20036E-06
Pacient 5								
Průměr	5,34062E-06	6,48807E-06	4,09175E-06	6,08729E-06	3,71477E-06	3,83688E-06	3,50868E-06	5,74902E-06
Sm odchylka	6,54835E-07	1,22065E-06	5,67706E-07	2,11322E-06	4,89527E-07	6,51209E-07	4,59468E-07	9,60324E-07
Pacient 6								
Průměr	5,28858E-06	1,55164E-05	4,0746E-06	1,43491E-05	4,07203E-06	4,45254E-06	4,01966E-06	6,64774E-06
Sm odchylka	7,68661E-07	3,49544E-06	5,14832E-07	3,41927E-06	5,77781E-07	7,34031E-07	6,07666E-07	2,22853E-06

Tabulka 7. EMG hodnoty pro m. extensor carpi radialis longus před terapií u pacientů kontrolní skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

	Klid 1	Supinace- pron aktivně	Klid 2	Dorzální flexe aktivně	Klid 3	Koulení aktivně	Klid 4	Stříhání aktivně
Pacient 1								
Průměr	4,75484E-06	4,58861E-06	4,66576E-06	4,81808E-06	4,86984E-06	4,67292E-06	4,6431E-06	7,88761E-06
Sm odchylka	6,71505E-07	7,38985E-07	6,61196E-07	7,55746E-07	7,81659E-07	7,36118E-07	6,86418E-07	1,35736E-06
Pacient 2								
Průměr	5,70069E-06	5,07252E-06	4,12858E-06	8,56417E-06	1,17015E-05	5,38838E-06	4,24589E-06	1,54154E-05
Sm odchylka	2,30646E-06	9,14252E-07	6,01918E-07	4,36506E-06	6,22708E-06	1,76861E-06	6,84124E-07	9,50007E-06
Pacient 3								
Průměr	5,39231E-06	6,35526E-06	4,68158E-06	3,72011E-05	4,78191E-06	1,93073E-05	4,43717E-06	2,95914E-05
Sm odchylka	7,69212E-07	2,16071E-06	7,61525E-07	2,61096E-05	6,8594E-07	7,92723E-06	7,14929E-07	1,31747E-05
Pacient 4								
Průměr	9,29077E-06	2,1543E-05	8,14417E-06	2,40944E-05	7,54003E-06	9,25212E-06	6,99153E-06	2,54295E-05
Sm odchylka	1,35991E-06	1,05778E-05	1,20878E-06	1,22663E-05	1,04331E-06	4,83424E-06	8,79426E-07	9,7529E-06
Pacient 5								
Průměr	5,05279E-06	5,62351E-06	4,96378E-06	1,37257E-05	4,76651E-06	2,19317E-05	4,58743E-06	1,24763E-05
Sm odchylka	7,02346E-07	1,03983E-06	6,87102E-07	1,09359E-05	6,93536E-07	0,000162424	6,21858E-07	4,90318E-05
Pacient 6								
Průměr	1,01366E-05	7,48402E-06	8,15148E-06	7,9449E-06	7,70754E-06	1,12307E-05	8,2345E-06	7,74112E-06
Sm odchylka	2,5125E-06	1,2829E-06	1,24774E-06	1,28144E-06	1,13179E-06	4,77637E-06	1,35206E-06	1,23834E-06

Tabulka 8. EMG hodnoty pro m. extensor carpi radialis longus po terapii u pacientů kontrolní skupiny. Uvedené hodnoty jsou v milivoltech.

**FUGL-MEYER ASSESSMENT
UPPER EXTREMITY (FMA-UE)
Assessment of sensorimotor function**

ID:
Date:
Examiner:

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.

A. UPPER EXTREMITY , sitting position				
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)				
II. Volitional movement within synergies , without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	elevation	0	1	2
	abduction (90°)	0	1	2
	external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
	Forearm pronation	0	1	2
Subtotal II (max 18)				
III. Volitional movement mixing synergies , without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine	cannot be performed, hand in front of SIAS hand behind of SIAS (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0°-90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement complete flexion 90°, maintains 0° in elbow	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains position complete pronation/supination, maintains position	0	1	2
Subtotal III (max 6)				
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90°- 180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement complete flexion, maintains 0° in elbow	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30°-90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains extension full pronation/supination, maintains elbow extension	0	1	2
Subtotal IV (max 6)				
V. Normal reflex activity evaluated only if full score of 6 points achieved on part IV				
biceps, triceps, finger flexors	0 points on part IV or 2 of 3 reflexes markedly hyperactive 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)				
Total A (max 36)				

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

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

D. COORDINATION/SPEED after one trial with both arms, blind-folded, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor		0	1	2
Dysmetria	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		> 5s	2 - 5s	< 1s
Time	more than 5 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side maximum difference of 1 second between sides	0	1	2
Total D (max 6)				

TOTAL A-D (max 66)				
---------------------------	--	--	--	--

H. SENSATION , upper extremity blind-folded, compared with unaffected side		anesthesia	hypoesthesia dysesthesia	normal
Light touch	upper arm, forearm palmar surface of the hand	0 0	1 1	2 2
		absence less than 3/4 correct	3/4 correct considerable difference	correct 100% little or no difference
Position small alterations in the position	shoulder elbow wrist thumb (IP-joint)	0 0 0 0	1 1 1 1	2 2 2 2
Total H (max12)				

J. PASSIVE JOINT MOTION , upper extremity				J. JOINT PAIN during passive motion, upper extremity		
Sitting position, compare with unaffected side	only few degrees (less than 10° in shoulder)	decreased	normal	pronounced constant pain during or at the end of movement	some pain	no pain
Shoulder						
Flexion (0° - 180°)	0	1	2	0	1	2
Abduction (0°-90°)	0	1	2	0	1	2
External rotation	0	1	2	0	1	2
Internal rotation	0	1	2	0	1	2
Elbow						
Flexion	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Forearm						
Pronation	0	1	2	0	1	2
Supination	0	1	2	0	1	2
Wrist						
Flexion	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Fingers						
Flexion	0	1	2	0	1	2
Extension	0	1	2	0	1	2
Total (max 24)				Total (max 24)		

A. UPPER EXTREMITY	/36
B. WRIST	/10
C. HAND	/14
D. COORDINATION / SPEED	/ 6
TOTAL A-D (motor function)	/66

H. SENSATION	/12
J. PASSIVE JOINT MOTION	/24
J. JOINT PAIN	/24