

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**

**Interaktivní účelové pohyby v rehabilitaci  
hemiparetické ruky po CMP**

Diplomová práce

Bc. Kateřina Vlčková

Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Barbora Kolářová, Ph.D.

Olomouc 2012

## ANOTACE

**Název práce v ČJ:** Interaktivní účelové pohyby v rehabilitaci hemiparetické ruky u pacientů po CMP.

**Název práce v AJ:** Interactive task-oriented movements in rehabilitation of hemiparetic hand following the stroke..

**Datum zadání:** 2010-01-31

**Datum odevzdání:** 2012-05-20

**Autor práce:** Bc. Kateřina Vlčková

**Institute:** Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci

**Vedoucí práce:** Mgr. Barbora Kolářová, Ph.D.

**Oponent:** Mgr. Veronika Kristková

### **Abstrakt v ČJ:**

Předmětem diplomové práce je objasnit vliv interaktivních účelových pohybů na aktivitu svalů hemiparetické horní končetiny u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP). V teoretické části jsou uvedeny poznatky o neuromuskulárním řízení lidského motorického systému, observaci a představě účelového pohybu a významu komplexních účelově zaměřených pohybů ve fyzioterapii. Bylo změřeno polyelektromyograficky 10 probandů v subakutním stádiu po CMP během představy a observace funkčního pohybu – napití se ze sklenice. Hodnoceny byly m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus a m. trapesius. Z výsledků práce vyplynulo, že představa i observace pohybu vedou ke zvýšené aktivitě zejména testovaných svalů předloktí, přičemž observace pohybu vedla k významnějším rozdílům. Naše výsledky podporují užitečnost observace a představy pohybu jako facilitační metody v rámci fyzioterapie pacientů po CMP.

### **Abstrakt v AJ:**

The main purpose of this paper is to clarify the influence of interactive task-oriented movements on muscle activity in patients after stroke. The theoretical part shows recent findings about neuromuscular control of human motor system, action observation and motor imagery and the use of complex task-oriented movements in

physical therapy. Ten patients in subacute stroke were measured using surface electromyography during motor imagery and action observation of the drinking movement. Following muscles were evaluated: m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus and m. trapezius. The outcomes showed increased activity of the forearm muscles, higher in observation task. This conclusion supports the use of motor imagery and observation as a facilitation technique in post-stroke patients rehabilitation.

**Klíčová slova v ČJ:** představa pohybu, observace pohybu, účelové pohyby, povrchová elektromyografie, řízení pohybového systému, cévní mozková příhoda.

**Klíčová slova v AJ:** motor imagery, action observation, task-oriented movements, surface electromyography, motor control, stroke.

**Počet stran:** 95 stran; 8 stran přílohy

**Místo zpracování:** Olomouc

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Barbory Kolářové, Ph.D. a použila jsem všechny použité literární a odborné zdroje.

Olomouc 14. května 2012

.....

Děkuji Mgr. Barboře Kolářové, Ph.D. za ochotu, odborné vedení, cenné rady a připomínky k diplomové práci. Děkuji Mgr. Zdeňku Svobodovi za pomoc a rady při statistickém zpracování dat a personálu Fakultní nemocnice Olomouc za jejich pomoc při realizaci výzkumného měření.

Tato práce vznikla za přispění grantu Tato práce vznikla s přispěním vnitřního grantu FZV 2011\_002 s názvem "Objektivizace modifikovaného sensorického vstupu v klinické rehabilitaci".

# OBSAH

ÚVOD.....	7
1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ .....	9
1. 1 LIDSKÝ POHYBOVÝ SYSTÉM.....	9
1.1.1 Fyziologické řízení hybnosti .....	10
1.1.2 Podkorové řízení motoriky.....	10
1.1.2.1 Retikulární formace.....	10
1.1.2.2 Bazální ganglia.....	11
1.1.2.3 Thalamus .....	12
1.1.2.4 Mozeček.....	12
1.1.2.4.1 Hlavní funkce při řízení motoriky .....	13
1.1.2.4.2 Další funkce při řízení motoriky .....	14
1.1.2.4.3 Porucha funkce mozečku .....	14
1.1.3 Motorický kortex a řízení motoriky.....	14
1.1.3.1 Primární motorická korová oblast (M1).....	15
1.1.3.2 Premotorická a sekundární motorická korová oblast (M II).....	16
1.1.4 Funkce hybné soustavy jako celku .....	17
1.1.5 Fyziologické změny svalu v průběhu stárnutí.....	17
1.2 Cévní mozková příhoda .....	18
1.2.1 Hemoragická cévní mozková příhoda.....	18
1.2.2 Ischemická cévní mozková příhoda.....	19
1.2.2.1 Klasifikace .....	19
1.2.2.2 Specifické klinické obrazy.....	20
1.2.2.3 Poruchy hybnosti u ischemického CMP.....	21
1.2.3 Patofyziologie po cévní mozkové příhodě.....	22
1.2.4 Mechanismy regenerace po cévní mozkové příhodě.....	23
1.2.4.1 Mechanismy regenerace na úrovni centrální nervové soustavy .....	23
1.2.4.1.1 Korová plasticita.....	23
1.2.4.1.2 Mechanismy plasticity .....	24
1.2.4.1.3 Neuroplasticita následující cévní mozkovou příhodu.....	25
1.2.4.2 Mechanismy regenerace na úrovni periferie.....	26
1.2.4.3 Mechanismy regenerace specifické pro horní končetinu .....	26
1.2.5 Svalové změny.....	26
1.3 Účelově zaměřené pohyby.....	29
1.3.1 Motorické učení .....	30
1.3.2 Význam u člověka.....	30
1.4 Observace.....	31
1.4.1 Systém zrcadlového neuronu.....	31
1.4.2 Význam systému zrcadlového neuronu.....	32
1.5 Motorická představa .....	35
1.5.1 Studie funkční magnetickou resonancí .....	35
1.5.2 Představa kinestetická a vizuální .....	36
1.5.3 Myoelektrická odpověď na pohyb v představě .....	38
1.5.4 Motorická představa a spasticita.....	38
1.5.5 Terapeutické využití pohybu v představě.....	39
1.6 Fyzioterapie po cévní mozkové příhodě.....	40
1.6.1 Význam účelových pohybů v terapii .....	40
1.6.1.1 Constraint-Induced Movement Therapy.....	41

1.6.1.2 Bilaterální trénink.....	41
1.6.1.3 Mirror box terapie .....	42
1.6.1.4 Virtuální realita .....	42
1.6.1.5 Bobath koncept .....	42
2. CÍLE A HYPOTÉZY .....	44
2.1 Cíl práce .....	44
2.2 Vědecké otázky a hypotézy.....	44
3. METODA VÝZKUMU .....	46
3.1 Charakteristika testovaného souboru.....	46
3.2 Metody měření .....	46
3.2.1 Klinická vyšetření .....	46
3.2.2 Elektromyografické vyšetření.....	47
3.2.2.1 Aplikace elektrod .....	47
3.2.2.2 Průběh experimentu.....	47
3.2.2.3 Zpracování dat .....	48
4. VÝSLEDKY .....	49
4. 1 Výsledky k vědecké otázce č. 1.....	50
4. 1. 1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení:.....	50
4.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2.....	53
4. 2. 1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení:.....	54
5. DISKUZE .....	62
5. 1 Účelově zaměřené pohyby .....	62
5. 1. 1 Přínos terapie využívající účelově zaměřené pohyby .....	62
5. 1. 2 Kritický pohled na terapie využívající účelově zaměřené pohyby .....	63
5. 2 Argumentace pozitivního vlivu pohybu v představě .....	65
5. 2. 1 Argumentace pomocí povrchové elektromyografie.....	66
5. 3 Argumentace pozitivního vlivu observace účelového pohybu .....	70
5. 4 Aktivita svalů paretické a neparetické horní končetiny během představy pohybu a observace.....	72
5. 5 Přínos pro praxi .....	76
5. 6 Limity práce .....	77
ZÁVĚR.....	79
LITERATURA A PRAMENY .....	80
SEZNAM ZKRATEK.....	91
SEZNAM GRAFŮ .....	93
SEZNAM TABULEK.....	94
SEZNAM PŘÍLOH .....	95
PŘÍLOHY .....	96

## ÚVOD

Cílem práce bylo zjistit, jak se mění elektrická aktivita svalů na hemiparetické horní končetině během observace a představy účelového pohybu.

Cévní mozková příhoda je postižení, které ročně připadá asi na 300 ze 100 000 obyvatel České republiky. Vzniká na podkladě cévního onemocnění, přičemž ischemizace některé z mozkových tepen je podstatně častější, než krvácení do mozku. Výsledkem často bývá motorické postižení, jehož klinický obraz se mění v závislosti na poškozené tepně. Pro účely této práce byla zvolena ischemizace arterie cerebri media, která zapříčiňuje motorický deficit převážně horních končetin, výrazněji na straně kontralaterální k mozkové lézi.

V rehabilitaci ruky se používá velké množství přístupů založených na podkladě plastických změn mozku podmíněných aferentními vstupy z periferie, motorického učení a účelových pohybů. Kromě terapie pohybové se však uvažuje i o terapii probíhající na úrovni mentální, a to zejména u pacientů, kteří nejsou schopni účastnit se rehabilitace klasické.

Představa pohybu se podobá procesu aktivnímu, během kterého je reprezentace určitého děje vnitřně reprodukována pomocí pohybové paměti bez jakéhokoli motorického výsledku. Předpokládá stejnou aktivitu mozkových center podílejících se na realizaci pohybu, jaká se vyskytuje i u pohybu skutečně provedeného. Není však závislá na zbytkové funkci končetiny, ale stále v sobě zahrnuje motivaci k provedení volního pohybu.

Podobně jako u motorické představy i u observace existuje důkaz, že aktivuje ty samé motorické oblasti kůry, které jsou zahrnuty ve skutečném provádění pozorované činnosti. Neurologickým podkladem pro tento jev je tzv. „mirror neuron system (MNS)“. Předpokladem je zapojení tohoto systému při pozorování činností, které jsou člověku vlastní, a které jsou dobře ukotveny v jeho pohybové paměti, tedy už je někdy prováděl a má s nimi spojenou senzomotorickou zkušenost.

Aplikace mentálního procesu motorického učení do rámce samotné pohybové terapie by mohlo přinést jednoznačně pozitivní využití v rámci rehabilitace ruky u



pacientů po cévní mozkové příhodě, obzvláště ve spojení s účelovými pohyby, které by měly být základním kamenem motorického učení.

Vyhledávání zdrojů pro teoretické poznatky bylo uskutečněno pomocí online databáze PubMed – NCBI, OvidSP a vyhledávače scholar.google.com a proběhlo v časovém úseku od října 2010 do dubna 2012. Pro vyhledávání v zahraniční odborné literatuře byla použita anglická klíčová slova: action observation, motor imagery, surface electromyography, stroke, task-oriented movements, motor control.

# 1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ

## 1. 1 LIDSKÝ POHYBOVÝ SYSTÉM

Pohybové chování u lidí se vyznačuje extrémní flexibilitou. Je schopné bez větších problémů vyprodukovat téměř nekonečné množství pohybů za účelem dosažení určitého cíle. Tato nezbytně důležitá vlastnost je založená na vytvoření generalizovaného zastoupení všech možných způsobů, kterými okolní prostředí systém ovlivňuje. Funkční propojenost jednotlivých částí znamená schopnost využití obrovské kapacity pro skladování aspektů pohybu, jako je koordinace činností probíhajících ve více kloubech, rychlost a směr pohybu. Udržování probíhá na základě neustálého využívání.

Živý organismus je neustále nucen hledat řešení problémů, které se v prostředí vyskytují. Řešení však nejsou statická, ale jsou vždy „šitá na míru“ aktuálním požadavkům. Jelikož překážky kolem nás nejsou nikdy stejné, ani řešení nemohou být stejná (Mulder, 2007).

Jakmile je vyslán pokyn, jehož účelem je zajistit určitý pohyb nebo posturu a je realizován pomocí svalů, změní se podmínky vnějšího prostředí a zamýšlený pohyb nebo postura bude těmito výchyly změnena. Postura a pohyb musí být do jisté míry odolné vůči všem každodenním výchytkám, přičemž lidské tělo je vybaveno různými mechanismy, které takovou stabilitu zajišťují (Latash, 2008).

Funkční vývoj je realizován ve skocích, od jednoho uzlového bodu ke druhému. První spontánní pohyby je možné pozorovat ke konci 6. Embryonálního týdne. První reflexní odpověď lze vybatit u sedmitýdenního lidského embrya z cervikální oblasti míchy, odpovědí je odklon hlavy. Prenatální hybnost je tedy bulbo-spinální. Následuje zvyšování svalového napětí. Ke konci 8. Týdne intrauterinního života jsou již založeny téměř všechny svaly a mohou se rozvíjet geneticky dané pohybové vzorce. V popředí je reflexní posturální motorika, a to i krátce postnatálně, následně se realizuje volní hybnost (Trojan, 2004).

### **1.1.1 Fyziologické řízení hybnosti**

Činnost kosterních svalů je vždy řízena jako jeden funkční celek, na řízení motoriky se u člověka podílejí prakticky všechny oddíly centrálního nervového systému (CNS).

Základem hybnosti je svalový tonus zajišťovaný činností páteřní míchy. Motorický systém polohy je základem složité soustavy volných pohybů řízené činností mozkové kůry, bazálních ganglií a korového mozečku. Všechny nervové vlivy, které spouštějí svalovou kontrakci, se uplatňují pomocí motoneuronů z jader hlavových nervů nebo z páteřní míchy (Králíček, 2011, Trojan, 2004).

Nejdůležitější složkou somatických funkcí jsou cílené úmyslné pohyby. U člověka jsou také základním předpokladem pro plnění funkcí společenských, tj. řeči a práce: vzájemné komunikace, sdělování zkušeností a aktivních zásahů do zevního prostředí. Proto se někdy mluví o cílených pohybech jako o volní motorice. Cílené pohyby představují tzv. „motorický systém úmyslného pohybu“, který je řízený činností bazálních ganglií, mozečku (korového mozečku) a mozkové kůry (Trojan, 2004).

### **1.1.2 Podkorové řízení motoriky**

#### *1.1.2.1 Retikulární formace*

Retikulární formace je vývojově starý a funkčně významný soubor neuronů, který úpravou svých spojů zajišťuje především funkce aktivační a funkce inhibiční vůči dalším strukturám CNS. Podněty z periferie přicházejí spinoretikulárními drahami, podněty z vyšších center CNS a hlavových nervů jsou zde zesíleny a předávány thalamu a hypothalamu mozkové kůře, kterou udržují ve stavu zvýšené aktivity – bdění. Stejný účinek má retikulární formace na míšní motoneurony prostřednictvím retikulospinálních drah a na motoneurony hlavových nervů pomocí retikulonukleárních drah. Zajišťuje tak ovlivnění a kontrolu motorické aktivity.

Inhibiční vzruchy jsou předávány obdobně jako vzruchy aktivační. Souhrou facilitačních a inhibičních účinků je docíleno potřebné regulace (Čihák, 2000).

### *1.1.2.2 Bazální ganglia*

Základní funkcí bazálních ganglií je řízení excitačních a inhibičních dějů a vztahů mezi nimi při volném pohybu. Mají tlumivý vliv na korové i podkorové motorické funkce. Činnost motorických korových oblastí ovlivňují jak přímo působením na neurony mozkové kůry, tak i tím, že mohou tlumit korové podněty na nižších úrovních centrálního nervstva, zejména pomocí retikulární formace (Čihák, 2000).

Motorický výstup bazálních ganglií spočívá ve složitém korovém mechanismu, zatímco jejich nejkaudálnější spoje končí v mezencefalu. Rozhodující je zde projekce do thalamu. Vzhledem k neobyčejné strukturální, funkční a chemické heterogenitě striato-palidového komplexu, a také vzhledem k paralelním spojením mezi jednotlivými částmi okruhu, podílejí se tyto struktury svou činností na složitých funkcích. Základním rysem je tlumivý vliv na motoriku, kde se pravděpodobně uplatňují dvě cesty: zpětnovazebná, která má přímý vliv na činnost neuronů mozkové kůry, a dopředná – tlumí korové výstupní informace v oblasti retikulární formace a míšních reflexů. V obou případech bazální ganglia modulují výstupní informace z motorické kůry, a to většinou dříve, než dospějí k alfa-motoneuronům předních rohů míšních, což je konečná společná dráha. Elektrofyzilogická sledování ukázala, že většina neuronů striata zvyšuje svoji vzruchovou aktivitu už před začátkem pohybu. To vede k úvaze o možné účasti bazálních ganglií na programování pomalých a ustálených pohybů.

Bazální ganglia se dále uplatňují zřejmě i na zajištění přístupu motivačních, emočních a paměťových center k motorickým mechanismům chování. To znamená, že rozhodují o tom, které behaviorální složky budou potlačeny, a které budou realizovány (Čihák, 2000, Trojan, 2004).

Poškození striata, zejména oboustranné, vyvolá u člověka choreatické a athetoidní pohyby spojené s hypotonií svalů. Stimulace vede naopak k zástavě pohybů řeči a krátkodobé ztrátě paměti. Poškození globus pallidus vede k poškození pohybů řeči, ospalosti až ke kataleptickému stavu. Jeho stimulace způsobuje třes končetin opačné strany, zástavu volných pohybů a pohybů oka opačné strany. Poškození nucleus subthalamicus vede k druhostrannému hemibalismu. Poškození substantia nigra vyvolává tzv. Parkinsonův syndrom charakterizovaný zvýšeným svalovým tonem,

hypokinezi až akinezi se ztrátou koordinace pohybů a klidovým třesem končetin – tremorem (Čihák, 2000, Druga et al., 2011, Králíček, 2011).

### *1.1.2.3 Thalamus*

K motorickým funkcím má vztah i několik talamických jader. Jsou to ta, která fungují jako přepojovací stanice mezi bazálními ganglii, mozečkem, mozkovou kůrou, nebo retikulární formací a bazálními ganglii. Mezi ně se řadí např. ncl. ventralis anterior, ncl. ventralis lateralis a intralaminární jádra thalamu. Jejich stimulace vyvolává pohyby jen ojediněle, ale výrazně mění mimovolní motorickou aktivitu (Čihák, 2000, Druga et al., 2011, Trojan, 2004).

Při poškození thalamu vznikají tzv. thalamické syndromy, k nimž patří přechodné jednostranné ochrnutí jedné poloviny těla se sníženým tonem svalů, snížení citlivosti – zejména hluboké, pohybový neklid, spontánní bolestivé stavy, snížení pozornosti a značná afektivní labilita (Čihák, 2000).

### *1.1.2.4 Mozeček*

Na řízení cílené motoriky se podílí cerebrální (korový) mozeček, a to díky svým spojům s kortikospinálním systémem.

Cestou retikulární formace přicházejí do mozečku i informace z interoreceptorů a exteroceptorů. I v kůře neocerebela byla prokázána somatotopická organizace, ale zdaleka ne tak přesná, jako v motorické a somatosenzorické oblasti mozkové kůry. Určité svalové skupiny a oblasti kožního krytu se promítají do určitých oblastí mozečkové kůry.

Příslušná aferentace přichází šplhavými a mechovými vlákny. Šplhavá vlákna jdou přímo k Purkyňovým buňkám, kde nastavují hladinu jejich dráždivosti. Mechová vlákna směřují ke granulárním buňkám, což jsou jediné buňky v mozečkové kůře, které mají excitační povahu a vytvářejí excitační spoje s dendrity Purkyňových, košičkových, hvězdicových a Golgiho buněk. Neurony hvězdicových, košičkových a Golgiho buněk pak působí inhibičně na buňku Purkyňovu. Ta je výlučně inhibičním neuronem, což znamená, že v mozečkové kůře je téměř všechna excitace přeměněna na inhibici. Axony Purkyňových buněk pak jako jediné vedou výslednou informaci do mozečkových jader a přímo do jádra vestibulárního. Zvýšená vzruchová aktivita

Purkyňových buněk vede k inhibičnímu vlivu na mozečková a vestibulární jádra, snížená aktivita má naopak za následek zvýšenou činnost neuronů těchto struktur. Důsledkem je, že výlučně inhibiční projekce Purkyňových buněk může řídit neurony mozkového kmene nejen ve smyslu inhibice, ale i ve smyslu facilitace.

Výsledná informace z motorických oblastí je v mozečku integrována s informacemi ze statokinetického čidla – o poloze hlavy v prostoru, a z proprioceptorů – o poloze trupu a končetin. Na základě všech těchto informací je zpětně ovlivňována výstupní informace z kůry. Korová informace je tedy neustále, v průběhu každého úmyslného pohybu, rychle a přesně korigována podle aktuálního stavu napětí a kontrakcí všech jednotlivých svalů. Vliv této zpětné vazby na motorický kortex je jak facilitační, tak i tlumivý. Výslednou funkcí mozečkové kůry není jenom zpětnovazebná regulace pohybu, podílí se i na jeho programování, případně na jeho ukončení (viz Obr. 2) (Čihák, 2000, Druga et al., 2011, Králíček, 2011, Trojan, 2004).

#### 1.1.2.4.1 Hlavní funkce při řízení motoriky

Při přípravě složitějšího pohybu, které probíhá v motorickém kortexu, a s počátkem realizace pohybu, který opět vychází z mozkové kůry, je současně informována kůra mozečku, takže v mozkové i mozečkové kůře je schéma celého složeného pohybu.

Pohyb je podle připraveného schématu uskutečněn činností motorických drah, především kortikospinální. Dále spolupůsobí dráhy z kůry do bazálních ganglií – ta koordinují podněty k pohybu za spoluúčasti kůry a thalamu. Současně přecházejí podněty pro motoriku na jádra mozkového kmene a navazují kmenové motorické dráhy (rubrospinální, tektospinální, retikulospinální).

V průběhu realizace složitého pohybu dostává mozeček veškeré senzitivní a propriocepční údaje z pohybujících se částí těla a informace z kůry a podle předem vytvořeného schématu pohybu trvale reguluje jeho průběh v prostoru a v časovém sledu. Tím trvale ovlivňuje směr, cíl a způsob pohybu (Čihák, 2000, Druga et al., 2011).

#### 1.1.2.4.2 Další funkce při řízení motoriky

Jedná se zejména o kontrolu svalového tonu a tím držení těla – uplatňuje se zde hlavně inhibiční působení přes šedou hmotu mozkového kmene na posturální antigravitační svaly.

Dále se jedná o kontrolu svalového tonu a tím i držení těla, která je vázaná na údaje z vestibulárního systému, tedy kontrola udržení rovnováhy těla při stoji i při pohybu (Čihák, 2000).

#### 1.1.2.4.3 Porucha funkce mozečku

Při poruše vzniká několik typických neurologických příznaků. Řadí se sem v první řadě mozečková ataxie – nekontrolovatelné pohyby ze ztráty regulace svalového tonu, nejistá, vrávoravá chůze spojená s výpadem kontroly rovnováhy a pád při zavřených očích.

Dysmetrie je defekt míry při provedení plánovaného pohybu, neboli přestřelování pohybů spojené také s nedostatečným tlumením svalového napětí.

Dyssynergie je označení pro poruchu až chybění koordinace svalů zúčastněných v prostorovém a časovém sledu pohybu. Narušuje průběh všech pohybů, takže u osových svalů vznikají poruchy udržení rovnováhy.

V neposlední řadě je sem řazena adiadochokineza – neschopnost provádět rychle se střídající protichůdné pohyby, což je opět důsledkem svalové dyskoordinace (Čihák, 2000, Králíček, 2011, Latash, 2008).

### **1.1.3 Motorický kortex a řízení motoriky**

Veškerá svalová činnost je závislá na konečné výstupní informaci, která je formována v alfa-motoneuronech předních rohů míšních a v motorických buňkách jader hlavových nervů. Definitivní podoba této informace je ale výsledkem součinnosti celého hybného systému počínaje funkcí mozkové kůry. V ní jsou tvořeny cílené, volní, úmyslné pohyby.

Vstupní informace pro cílené pohyby je zajišťována součinností všech receptorů. Ta je analyzována mozkovou kůrou za přímé účasti podkoří, především retikulární formace thalamu. Každá nová informace je současně porovnávána s předchozími,

uloženými v paměti. Na základě této analýzy se vytvářejí výstupní motorické informace.

Výstupní informace jsou vysílány drahou kortikospinální přímo, nebo nepřímo po přepojení v podkorových strukturách do páteřní míchy. Tractus corticospinalis představuje přímé jednoneurální kortikofugální spojení mezi mozkovou kůrou a páteřní míchou. Většina nervových vláken pyramidové dráhy začíná v V. vrstvě kůry mozku, malá část vychází z VI. a II. vrstvy. Pro řízení úmyslných pohybů mají největší vliv vlákna vycházející z gyrus praecentralis. Odtud vychází 30% neuritů; 20% vláken vychází z premotorické oblasti frontálního lobe, 25% vláken z gyrus postcentralis a zbytek z temenního, týlního a spánkového laloku (Čihák, 2000, Trojan, 2004).

#### *1.1.3.1 Primární motorická korová oblast (M1)*

Jedná se o rozhodující motorické centrum člověka a je umístěno před hlavní mozkovou rýhou v gyrus praecentralis, což odpovídá Brodmanově arey 4. Nazývá se také hybný (motorický, kinestetický) analyzátor. Elektrické dráždění primární oblasti vyvolá nejlépe definovaný pohyb s nejkratší latencí.

Nejdůležitější jsou informace pocházející z V. vrstvy korové oblasti, z velkých Becových pyramid. Léze této oblasti vede ke kontralaterální centrální obrně.

Becovy buňky jsou řazeny topograficky podle vztahů k jednotlivým svalům a svalovým skupinám, což je tzv. somatotopická organizace. V gyrus praecentralis jsou skupiny buněk – jádra, která řídí činnost určitých svalů. Kolem těchto jader je uloženo pole (periferie), které má k příslušným svalům větší nebo menší vztah. Jádra se nikdy nepřekrývají, pole ano (Čihák, 2000, Latash, 2008, Trojan, 2004).

Existuje těsná souvislost mezi způsobem korového řízení a složitostí a přesností určitého pohybu. Vyjadřuje to např. počet Becových buněk, které mají vztah k určitým svalům – plošný rozsah úseku gyru praecentralis. Největší plochu zaujímají neurony pro svalstvo jazyku a hrtanu a pro svalstvo ruky. Korové úseky těchto svalů zabírají větší plochu než úseky všech ostatních svalů dohromady. Čím přesnější a cílenější je řízení svalu, tím menší je divergence informací. Toto pravidlo platí pro činnost mozkové kůry i pro činnost páteřní míchy. Korové oblasti řídící svalstvo trupu sahají až do arey 6 a vykazují relativně značnou divergenci.



Informace z motorického kortexu zprostředkované kortikospinální drahou mají význam základního rozhodujícího impulsu, který je do své konečné podoby upravován na alfa-motoneuronech míšních pomocí složitého systému regulačních mechanismů - ty jsou uskutečňované nižšími oddíly CNS. Bez činnosti primární motorické oblasti motorického kortexu není možný volní pohyb, bez nižších oblastí mozku jeho přesné a jemné řízení.

Výstupní motorické informace z mozkové kůry vedené systémem extrapyramidálním jsou do páteřní míchy vedeny přepojené činností podkorových center (Čihák, 2000, Trojan, 2004).

#### *1.1.3.2 Premotorická a sekundární motorická korová oblast (M II)*

Její dráždění vyvolá svalové pohyby, podobně jako dráždění primární motorické oblasti. Tyto pohyby jsou však hrubší, méně přesné a k jejich vybavení je třeba silnějšího podnětu. Experimentální i klinické studie svědčí o tom, že premotorická oblast je důležitá pro realizaci komplexních volních pohybů, obzvláště těch, k jejichž přípravě a provedení je potřeba sensorická kontrola. Nejspíše jde o reprezentační oblast axiálního a proximálního končetinového svalstva. Oblast premotorická i motorická spolu však velmi významně funkčně i anatomicky souvisejí. Mnohá aferentní vlákna z premotorické oblasti jsou i součástí pyramidové dráhy.

U pacientů s postižením M II se vyskytují zejména poruchy při provádění plynulých a bimanuálních pohybů a poruchy řeči. Zdá se, že premotorická a doplňková motorická oblast mají rozdílnou úlohu při přípravě a sensorickém vedení pohybu: aktivita závislá na změně mimo organismus je řízena spíše z premotorické oblasti, aspekty pohybu závislé na vnitřním stavu organismu jsou řízeny více z doplňkové motorické oblasti. M II se především podílí na programování pohybů. Protože je v hierarchii motorických oblastí nejspíše předřazena M I, bývá označována jako supramotorická oblast (Čihák, 2000, Trojan, 2004).

Zdrojem aferentních informací jsou bazální ganglia, mícha a mozeček, které vysílají informace do thalamu. Odtud jsou následně přepojeny do motorického kortexu. Další spoje dostává kůra z jiné korové oblasti – z parietálního laloku. Jedná se o informace o vnímání relativní polohy těla a jednotlivých segmentů (kinestezie) (Latash, 2008).

### **1.1.4 Funkce hybné soustavy jako celku**

Účast centrálních struktur a mechanismů podílejících se na provedení pohybu je možné si představit jako sled několika kroků.

Idea – koncepce pohybu; jejím výsledkem je vůle pohyb vykonat. Vzniká pravděpodobně součinností limbické kůry, frontálního laloku a limbických podkorových struktur.

Taktika – plán provedení pohybu, pochází z asociačních korových oblastí, odkud se dostává k podkorovým generátorům pohybu, k bazálním gangliím a mozečku. Bazální ganglia se podílejí na iniciaci pohybu a uskutečňují pomalou a ustálenou hybnost. Mozečkové struktury kontrolují fáze přípravy a provedení motorického úkonu a mozečkové hemisféry přeprogramovávají rychlou cílenou motoriku.

Start – náleží motorickému kortexu, který přijímá programy cestou thalamu a neustále pohyb řídí (Trojan, 2004).

### **1.1.5 Fyziologické změny svalu v průběhu stárnutí**

Svalová vlákna kosterního svalu u savců mají velký adaptační potenciál. Jsou schopná přizpůsobit své molekulární, metabolické a funkční vlastnosti jako odpověď na změny požadavků funkčnosti, mechanické zátěže nebo změny v neuromuskulární aktivitě.

Stárnutí je spojeno se snižující se svalovou silou, rychlostí kontrakce a pomalejší regenerací po zranění. Stárnutí také vede k poklesu syntézy myofibrilárních komponent, zvýšené produkci katabolických cytokinů, atrofii a změně svalového metabolismu. Výpadek motorických jednotek jde ruku v ruce s jejich zvětšující se velikostí. Rychlá vlákna jsou více náchylná k denervaci a následně bývají nahrazena vlákny pomalými. Normální proces stárnutí vede ke zvětšování motorických jednotek pomalých vláken a zmenšování motorických jednotek rychlých vláken. Celkově se zvětšuje masa pomalých vláken (Hafer-Macko et al., 2008).

Další změna se odehrává s adenosintrifosfátovou (ATP). Aktivita ATP klesá, což má za následek zpomalení svalové kontrakce, které je pro stáří typické. U člověka začíná pokles svalové síly ve věku asi 40 let a ještě více se zdůrazňuje po 65. roce života. Ačkoliv se svalová masa redukuje asi o 30-40 % v důsledku sarkopenie spojené

se stárnutím, svalová síla klesá ještě více, což naznačuje další změny a poruchy kontraktilního svalového aparátu a metabolismu (Hafer-Macko et al., 2008).

## **1.2 Cévní mozková příhoda**

Cévní mozková příhoda (CMP) je stav, kdy je přerušeno krevní zásobení mozkové oblasti kvůli ruptuře cévy nebo blokáde krevního toku (Latash, 2008).

Cévní mozkové příhody jsou nejčastější příčinou vzniku centrálních paréz. Vyskytují se převážně ve středním věku a jejich incidence s narůstajícím věkem logaritmicky stoupá. Poněkud vyšší je přitom u mužů než u žen; tento rozdíl se ale ve vysokém věku stírá. U nás je výskyt asi 300 na 100 000 obyvatel.

Cévní mozkové příhody vznikají nejčastěji na podkladě cévního onemocnění mozku – aterosklerózy mozkových tepen a cévních změn na podkladě kardiovaskulární hypertenze. Spolupůsobícím prvkem může být i onemocnění srdce (embolizace při endokarditidě, pokles tlaku při infarktu myokardu) (Trojan et al., 2005).

Klinické znaky korového CMP vykazují proximo – distální gradiaci symptomů, přičemž distální svaly jsou postiženy více. Postiženo bývá zvláště akrom horní končetiny; jeho funkce bývá poškozena více než funkce paže, jako je např. dosah, který je ovládán spíše proximálními svalovými skupinami (Latash, 2008).

CMP má dvě možné příčiny – ischemii nebo krvácení do mozku (Trojan et al., 2005).

### **1.2.1 Hemoragická cévní mozková příhoda**

Krvácení do mozkové tkáně vzniká prasknutím cévní stěny jedné z mozkových arterií, vzácněji je venózního původu. V etiopatogenezi se uplatňují faktory anatomické, hemodynamické a hemokoagulační (Bauer, 2010).

Hemoragické CMP tvoří asi 15% všech atak. Nejčastěji jde o typickou hemoragii – krvácení hypertoniků, lokalizačně do bazálních ganglií (55%), thalamu (15%), mozečku (10%) a pontu (5%) (Dufek, 2002). V klinickém obraze jsou charakterizována kombinací ložiskových projevů a nitrolební hypertenze. Většinou jde o příhodu se závažnou symptomatologií, často rychle progredující do komatózního

stavu. Nemocný má obvykle bolesti hlavy, trpní zvracením, inkontinencí. Prognóza bývá nepříznivá, doprovázená vysokou mortalitou (Bauer, 2010).

Atypické krvácení se vyskytuje u normotoniků a jde o krvácení lobární (15%). Zvláštní skupinou jsou krvácení do preexistující léze (Dufek, 2002). Bývají méně dramatická a připomínají ischemické CMP stejné lokalizace. Porucha vědomí je vzácná, častěji se krvácení manifestuje fokálním epileptickým záchvatem. Prognóza bývá příznivější, protože nedochází k destrukci mozkové tkáně (Bauer, 2010).

## **1.2.2 Ischemická cévní mozková příhoda**

Ischemické CMP vznikají následkem kritického poklesu prokrvení části nebo celého mozku, kdy mozková perfuze klesá pod hodnoty 20 ml/100g mozkové tkáně/min. Příčiny jsou velmi pestré a často se kombinují.

Makroangiopatie (onemocnění velkých tepen) je příčinou 50-ti % všech iktů. Jde o postižení magistrálních přívodních tepen, nejčastěji aterotrombosklerotickým procesem. Ostatní příčiny jako disekce tepny nebo fibromuskulární dysplazie jsou mnohem vzácnější.

Mikroangiopatie (onemocnění malých tepen) tvoří 25% iktů. Příčinou je postižení drobných tepen odstupujících z Willisova okruhu a proximálních částí hlavních intrakraniálních tepen zejména aterosklerózou.

Embolizace ze srdce tvoří asi 20% ischemických iktů. Příčinou jsou onemocnění srdce provázená tvorbou trombů v levé srdeční síni nebo komoře, popřípadě defekt srdečního septa s následnou embolizací (Bauer, 2010).

### *1.2.2.1 Klasifikace*

Ischemické CMP dělíme v základu na fokální a celkové a dále na přechodné a trvalé. Představují asi 80% ze všech CMP (Dufek, 2002).

Tranzitorní ischemická ataka (TIA) je definována jako náhle vzniklý neurologický deficit, který se zcela upraví do 24 hodin. Hlavním znakem je tedy úplná úprava neurologického deficitu, rozhodujícím kritériem pro diagnostiku zůstává klinický obraz (Kalina et al., 2008). Bývá doprovázena jednostrannou poruchou zraku vaskulárního původu, bez vývoje mozkového infarktu (Bauer, 2010).

Reverzibilní ischemický neurologický deficit (RIND) je příhoda, kdy neurologický deficit trvá déle než 24 hodin a méně než 3 týdny. Příčina regrese deficitu není zcela známá. Může jít o následek posunu embolu do distálnější části tepny nebo individuální mechanismus zahrnující kolaterální oběh či plasticitu mozku (Dufek, 2002).

Stroke in evolution je typický progredujícími příznaky během hodin či dnů způsobeným narůstajícím trombem, edémem nebo metabolickými faktory (Dufek, 2002).

Závažnější je dokonaný iktus, který je charakterizován rychlým vznikem ložiskových nebo celkových příznaků na podkladě mozkové ischémie nebo hemorhagie, které přetrvávají déle než 24 hodin a mají zřetelný morfologický korelát. Příznaky se mohou týkat poruch vědomí, vyšších mozkových funkcí, hybnosti, somatosenzoriky, smyslových, poruch rovnováhy a koordinace (Kalina et al., 2008)

#### *1.2.2.2 Specifické klinické obrazy*

Podle postiženého povodí nebo tepny mohou vzniknout relativně typické klinické obrazy (Kalina et al., 2008, Latash, 2008).

Nejčastěji se jedná o uzávěr střední mozkové tepny (a. cerebri media). Ta v úseku M1 vydává drobné tepny, které zásobují část nucleus caudatus a lentiformis, přední a částečně zadní raménko capsuly interny. Je-li ischémie způsobena uzávěrem M1 úseku, vzniká často těžký motorický deficit horní i dolní končetiny kontralaterální strany. Akutní uzávěr proximálního kmene vede k ischémii hlubokých a kortikosubkortikálních oblastí velkého povodí, což má za následek těžkou hemiparézu nebo až hemiplegii, hemihypestezii, obvykle hemianopii, a k poruše vyšších funkcí příslušných dané hemisféře. V Sylvijské rýze se a. cerebri media větví na horní a dolní skupinu větví. Vyřazení dolní skupiny vede v dominantní hemisféře k fluentní afázii s lehkou až střední hemiparézou; vyřazení horní skupiny vede k těžkému motorickému deficitu, často více vyjádřenému na obličeji a horní končetině, méně na dolní (Kalina et al., 2008, Silbernagl a Lang, 2001).

Přední mozková tepna (a. cerebri anterior) zásobuje mediální plochu čelního a parietálního laloku. Proto je při ischémii výrazněji postižena dolní než horní končetina, a to více distálně. Porucha čítí je lehčí. Obvykle je přítomna některé ze složek

frontálního syndromu – apatie, abulie, demotivace, inkontinence nebo sociální dezinhibice. Vyskytuje se i apraxie nebo dyskoordinace na druhostranných končetinách.

Jednostranný uzávěr zadní mozkové tepny (a.cerebri posterior) způsobí kontralaterální homonymní hemianopsii, při oboustranném uzávěru oslepnutí. Později se vyskytují výpadky paměti. Postižení mohou mít i těžkou hemiparézu zapříčiněnou jednostrannou mezencefalickou nebo thalamicovou ischemií (Kalina et al., 2008, Silbernagl a Lang, 2001).

Uzávěr arterie basilaris vede k řadě kmenových syndromů, jejichž klinický obraz díky nakupení vitálně důležitých struktur v malém objemu může vyústit až v locked-in syndrom nebo top-of-basilar syndrom, což je tetraplegie s parézou vertikálního pohledu, poruchou fotoreakcí, halucinacemi až korovou slepotou, amnezií a někdy mimovolnými pohyby (Kalina et al., 2008). Při úplném uzávěru nastává obrna všech končetin (tetraplegie), očních svalů a koma. Infarkty větví a. basilaris mohou poškodit mozeček, střední mozek, Varolův most nebo prodlouženou míchu. Následky se pak odvíjejí podle lokalizace: závrať, nystagmus, hemiataxie (mozeček), Parkinsonova choroba (substantia nigra), tetraplegie (pyramidová dráha), ztráta bolestivého a tepelného čítí (tractus spinothalamicus), pseudobulbární paralýza s obrnou svalů, ale zachovalým vědomím (Silbernagl a Lang, 2001).

### *1.2.2.3 Poruchy hybnosti u ischemického CMP*

Jde o nejtypičtější a nejnápadnější projev CMP vedle poruchy řeči. Je způsobený lézemi kortikospinálního traktu, který obsahuje přibližně z 60-ti procent vláknů z primárního motorického a premotorického kortexu a ze 40-ti procent vláknů z jiných korových oblastí, zejména parietálních. Vláknů pak procházejí vnitřním pouzdrém (capsula interna), kde v předním raménku převládají vláknů z oblasti pro hlavu a obličej, v genu z oblasti pro ústa, pharynx a larynx a v zadním raménku pro horní končetinu, dorzálněji pro dolní. Vláknů z precentrální oblasti vedou pyramidovou drahou v oblongatě, kříží se v decusatio pyramis na bazi oblongaty a cestou anterolaterálních traktů se dostávají k motoneuronům míchy. Vláknů z postcentrální oblasti končí většinou již v retikulární formaci. Při lézích kapsuly interny se obvykle

vyvíjí spasticita s pozitivními iritačními pyramidovými jevy, při postižení kortikálních oblastí bývá spasticita menší a vyvíjí se pomaleji.

Klinický obraz zahrnuje zejména poruchu hybnosti na polovině těla, lehké deficity a kombinaci s vizuospaciálními a sensorickými deficity a poruchou řeči a vědomí.

Z distribuce postižení motoriky lze do jisté míry lokalizovat CMP. Léze omezené na capsula interna se vyznačují zhruba stejnou mírou postižení horní a dolní končetiny, významnou spasticitou a absencí jiných příznaku než hemiparézou nebo hemiplegií. Při postižení obličeje a horní končetiny jde většinou o lézi v kortikosubkortikální oblasti motorického kortexu na konvexitě. Dominantní postižení dolní končetiny lze lokalizovat do povodí přední mozkové tepny (a. cerebri anterior).

Extrapyramidové příznaky jsou méně časté. Jedná se zejména o fokální dystonie, jednostranný třes a hemibalismus. Příznaky však obvykle rychle odeznívají (Kalina et al., 2008).

### **1. 2. 3 Patofyziologie po cévní mozkové příhodě**

Většina pacientů po cévní mozkové mrtvici trpí unilaterální slabostí kvůli účasti motorického systému (kortikospinálního) na úrovni motorické kůry, subkortikálních jádrech a axonech, které se projikují do spinální míchy. Takoví pacienti trpí typicky signifikantní slabostí v končetinách kontralaterálních k mozkové infarkci, která se upravuje v časovém rozmezí pohybujícím se od několika měsíců do několika let. Největší úprava se pravděpodobně odehrává během prvních 6-ti měsíců po CMP. Předpokladem je, že úprava postižených funkcí, jako jsou pohybové dovednosti, je doprovázena změnami v neurofiziologii mozku (Small, 2002).

Po CMP vykazují obvykle končetiny na různých polovinách těla výrazně odlišný stupeň postižení. Někdy je dokonce jedna polovina považována za zdravou. Role nezkřížených vláken descendentního traktu ovládá míru kontroly kontralaterální i ipsilaterální končetiny. Dosahové schopnosti kontralaterální horní končetiny vykazují nepravidelné trajektorie, které se odlišují od těch přímých, typických pro normální dosah. Dosah ipsilaterální končetinou může ukázat téměř normální trajektorii. Když je předmět umístěn dále od těla pacienta, který utrpěl CMP, je pravděpodobné, že použije pohyb trupu, aby dosahu napomohl. Může to být považováno za strategii adaptace na ztrátu kontroly paže (Latash, 2008).

## 1.2.4 Mechanismy regenerace po cévní mozkové příhodě

Typická je pomalá spontánní regenerace. Její stupeň se velmi liší, od zcela kompletní regenerace po závažné reziduální postižení (Latash, 2008).

### 1.2.4.1 Mechanismy regenerace na úrovni centrální nervové soustavy

Mechanismů podmiňujících regeneraci je několik, včetně aktivního učení a pasivních procesů. Základním dogmatem při neurorehabilitaci je opakované používání postižené končetiny pod odborným terapeutickým dohledem, což má za následek podpoření pozitivní neuronální plasticity mozku. Stále více sílí i důkaz o tom, že motorické oblasti nejsou aktivovány pouze při skutečném provedení činnosti, ale také při jejich představě nebo pouhém pozorování (Ertelt et al., 2007).

V závislosti na topografii poranění může být korová funkce přenesena do sousedních oblastí. Topografie postižení při mrtvici ovlivňuje funkční reorganizaci mozku. Místní změny nervových funkcí se mohou odrážet i na anatomické stránce, jako je například tloušťka kůry (Cramer a Riley, 2008).

#### 1. 2. 4. 1. 1 Korová plasticita

Lidský mozek neustále prochází plastickými změnami vyvolanými různými mechanismy. Spontánní rekonvalescence po prodělaném CMP z chronického stadia je stále možná díky neuroplasticitě, a nejlepší zotavení se zdá být výsledkem reorganizace v postižené hemisféře (Draganski, 2004, Hallett, 2001, Johansson, 2001).

Neuroplasticita může být rozdělena na změnu kortikálního zastoupení spojenou s úrazem nebo s užíváním. Plasticita spojená s užíváním je závislá ne externích podnětech. Důležitost rehabilitačního vstupu zároveň s vnější stimulací, které spolu facilitují neuroplasticitu je dobře prozkoumaný jev. Díky rozvoji funkčního neurologického zobrazování bylo provedeno několik studií zkoumajících změnu kortikálního zastoupení vyvolaného fyzioterapií i u pacientů po CMP (Jang et al., 2002).

Korové zastoupení není fixní ani rigidní, ale vysoce dynamické. Lokální korové spoje a reakce jsou nepřetržitě reorganizovány jako odpověď na periferní a centrální



změny. Naše zkušenost tedy formuje strukturu mozku. Tato schopnost senzorické a motorické kůry dynamicky se měnit je důležitou součástí normálního učení a zotavení po neurálním poranění.

Bylo prokázáno již v roce 1983, že jestliže se některá část těla stane méně aktivní, do mozku je vysíláno méně aferentních informací a její topografická reprezentace v somatosenzorickém kortexu klesá. Tato korová reorganizace není jenom výsledkem dlouhodobé strukturální léze, ale nastává i po relativně krátkém čase, ve kterém chybí normální vjem, jako při dočasném ischemickém nervovém bloku nebo po krátkém čase nežívání (Mulder, 2007).

Za účelem zjistit, jak rychle může nastat modulace motorického výstupu u člověka, byly provedeny studie využívající reverzibilní deafferentace za pomoci tlakové manžety, nejprve s a později bez lokální anestezie. Aktivita svalů bezprostředně proximálních k dočasně deafferentovanému předloktí se zvýšila během minut po podání anestezie a vrátila se k původním hodnotám, jakmile anestezie ustoupila. Na druhou stranu jiné procesy vyžadují mnohem více času. U pacientů s poškozením brachiálního plexu byla provedena anastomoza interkostálního nervu s nervem muskulokutánním. Ukázalo se, že projekce z regie, které v motorickém kortexu zabíral musculus biceps brachii, byly přeměrovány do neuronů míchy interkostálního nervu. Tento proces trval rok nebo více (Hallett, 2001).

Plasticita závislá na činnosti není jen otázkou mozku, ale i spinální míchy.

Až doposud bylo tradičně uváděno 5 zdrojů aferentních vjemů, které byly považovány za nezbytné pro pohybové učení: propioceptivní informace, taktilní informace, vestibulární informace, vizuální informace a sluchová informace. Těchto 5 vjemů je spojeno s vlastním provedením pohybu. Nyní se však objevuje otázka, zda je možné naučit se určitému pohybu ne jeho provedením, ale pouhou jeho představou nebo pozorováním toho, jak jej provádějí jiní (Mulder, 2007).

#### 1. 2. 4. 1. 2 Mechanismy plasticity

Buněčné mechanismy zodpovědné za plasticitu lidského mozku jsou stále předmětem zkoumání, některé procesy jsou však již jasnější.

Nejprve se odehrává změna ve vyrovnanosti mezi excitací a inhibicí. Ta může přijít velmi rychle. Proces se odvíjí od faktu, že neurony nebo neuronální cesty mají

mnohem větší regionální zastoupení v rámci anatomických spojů, než jaká je area jejich vlivu. Některé zóny mohou být udržovány v záloze pomocí tonické inhibice. Pokud je tato inhibice odstraněna, zóna vlivu se může prudce zvýšit nebo odmaskovat – v procesu zvaném odmaskování. Dalším procesem, který také může být relativně rychlý, je zesilování nebo zeslabování již existujících synapsí. Jedná se o dlouhodobou potenciaci nebo dlouhodobou depresi. Třetím procesem je změna v neuronální membránové excitabilitě. Jako další nastupují anatomické změny, které už vyžadují delší časové období. Zahrnují „pučení“ nových axonálních zakončení a formování nových synapsí (Draganski, 2004, Hallett, 2001, Johansson, 2001).

#### 1. 2. 4. 1. 3 Neuroplasticita následující cévní mozkovou příhodu

Cévní mozková příhoda je běžné a často velmi devastující postižení, které vede k značné disabilitě. Existují metody prevence a k dispozici je i spousta moderních technologií pro akutní intervenci umožňující zabránit většímu postižení mozku. Naštěstí však přichází i určité množství spontánní rekonvalescence. Část je bezpochyby způsobena splasknutím otoku a obnově funkce tkáně, která byla ischemizována, ale ne poškozena. Toto se může odehrát během prvních pár dní akutního stadia. Dalším aspektem podporujícím hojení mozku po tomto období je neuroplasticita.

V současné době víme, že nejenže je mozek schopný plastických změn, ale mění se v podstatě neustále. Plasticita musí být zodpovědná za učení, přičemž učení vyvolává změny v mozku. Dokud je mozek schopný se učit, může se měnit a podobné změny pravděpodobně stojí i za rekonvalescencí po zranění.

Jednou z teorií regenerace po CMP je nábor ipsilaterálních neuronálních cest. Důkaz podporující tuto možnost se zakládá na výsledcích pacientů, kteří podstoupili hemisferektomii. Po této operaci se pohybová funkce končetiny kontralaterální k vyňaté hemisféře může do určitého stupně obnovit, zvláště pokud je operace provedena v mladším věku. Názor, že tyto ipsilaterální cesty se mohou podílet také na zotavení po CMP, pochází ze studií zobrazení CNS. Je však víceméně kontroverzní a výsledky různých studií se rozcházejí. Může to být proto, že existuje konkurenční boj mezi ipsilaterálními a kontralaterálními spoji, a že méně funkční ipsilaterální cesty se zdůrazňují pouze tehdy, když funkční kontralaterální cesty nemohou regenerovat.

Obecně však nacházíme využití ipsilaterálních spojů spíše u dětí než u dospělých pacientů (Draganski, 2004, Hallett, 2001, Johansson, 2001).

#### *1.2.4.2 Mechanismy regenerace na úrovni periferie*

Hustota zastoupení svalových vláken je citlivým indikátorem reorganizace motorických jednotek, která nastává po částečné denervaci svalu z důsledku výpadku prvního motoneuronu. Svalová vlákna mohou být reinervována pomocí kolaterálních nervových spojek, které vycházejí z nepoškozených motoneuronů, čímž způsobují nárůst počtu svalových vláken náležejících jedné motorické jednotce v dané oblasti. Znamky reinervace jsou na elektromyografickém (EMG) záznamu vidět již týdny nebo měsíce po lézi druhého motoneuronu. Změny v hustotě zastoupení vláken přitom přímo souvisí s klinickou závažností CMP (Lukács et al., 2009).

#### *1.2.4.3 Mechanismy regenerace specifické pro horní končetinu*

Byla provedena studie na lidech postižených unilaterálním ischemickým CMP v povodí a. cerebri media v období 2 týdny až 48 měsíců po příhodě. Byla zkoumána změna v zastoupení počtu svalových vláken na m. abductor digiti minimi pomocí jehlové EMG. Výsledky byly následně porovnány se staršími studiemi (Qiu et al., 1991, Terao et al., 1997) – ty za použití morfometrických metod nenalezly žádnou významnou změnu v počtu buněk předního míšního rohu na postižené straně. Možným vysvětlením pro protichůdné výsledky vůči studii Lukács et al. (2009) je, že starší studie použily vzorek z odlišného segmentu. Zde byl zkoumán sval ruky, který je inervován motoneurony z 8. segmentu míchy krční páteře. Morfometrie se zabývala 5. segmentem krční páteře a 4. segmentem bederní páteře. K tomu navíc přímé funkční kortikospinální spojení s buňkami předního rohu míšního, která inervují distální svaly ruky, jsou silnější, než motoneurony inervující proximální svalstvo. Je proto možné, že určitá populace druhých motoneuronů a určité segmenty páteře jsou postiženy více než jiné (Lukács et al., 2009)

### **1.2. 5 Svalové změny**

Postižení horní končetiny je velmi častý a nežádoucí důsledek cévní mozkové příhody, který omezuje pohyblivost končetiny. Uvádí se, že až 85 % pacientů, kteří

přežijí CMP, trpí hemiparézou a že v 55 % - 75 % nadále zůstává omezená funkčnost horní končetiny (Yavuzer et al., 2008).

Během let se vyvíjely různé teorie a přístupy k rehabilitaci horní končetiny postižené unilaterální slabostí. Vyvinul se spor mezi důležitostí prevence abnormálního stupně svalové kontrakce oproti popření důležitosti svalové slabosti jako hlavní příčiny dysfunkce horní končetiny. Terapií, jejíž teorie a technika jsou stále považovány za základ přístupu na neurofyziologickém podkladě, zůstává Bobath. Doporučuje vyhnout se posilovacím technikám; pacientův problém totiž není nedostatek síly na postižené straně, svalová slabost může nastat díky přehnané kokontrakci – typickému rysu spasticity. Přehnaná kokontrakce tedy nedává agonistovi možnost kontrahovat se proti odporu stejně silného nebo i silnějšího antagonisty (Gowland et al., 1992).

Kosterní svaly po prodělaném CMP mohou být postiženy změnou v aktivitě centrálního nervstva a spasticitou. Svalová slabost a spasticita mají zajímavý vliv na svalstvo a způsobují jak redukci v náboru motorických jednotek, tak přehnanou kokontrakci s přemíru aktivním stretch reflexem (Hafer-Macko et al., 2008).

Jedním z negativních rysů doprovázejících CMP je ztráta obratnosti horní končetiny. Obratnost je obvykle chápána jako zručnost ve smyslu ruky, ale je také definována jako schopnost využít celou paži nebo i tělo za účelem provedení úkolu. Byla popsána jako schopnost adekvátně řešit jakýkoli pohybový úkol přesně, rychle, racionálně a šikovně. Důležitá je i flexibilita ve vztahu k měnícímu se prostředí. V situacích každodenního života znamená ztrátu koordinace volní svalové aktivity a tedy poruchu dosažení nároků, které klade prostředí. Na úrovni neurofyziologické znamená poruchu zpracování vzruchů z kortikospinální dráhy a s tím i poruchu vedení sensomotorické informace mezi kortexem a míchou.

Ztráta obratnosti po CMP může být výsledkem různých svalových abnormalit. Po mrtvici byl popsán například prodloužený výboj agonisty spojený se sníženou rychlostí, přehnaná kokontrakce a nebo abnormální vzorce svalové aktivace.

Výsledky studie porovnávající svalovou aktivitu hemiparetické končetiny pacientů po CMP a svalovou aktivitu kontrolní skupiny zdravých lidí ukázaly, že během provedení úkolu je u kontrolní skupiny patrná jen minimální svalová aktivita. Proti tomu skupina pacientů vykazala aktivitu přehnanou. To může být vyloženo jako abnormální odpověď na nové podmínky, při kterých byl úkol prováděn, a tedy

důkazem ztráty obratnosti a schopnosti přizpůsobit svalovou aktivitu úkolu v daném prostředí.

Pozitivním výsledkem ovšem bylo, že většina subjektů ze skupiny pacientů po CMP, nezávisle na úrovni obratnosti, byla schopna selektivní aktivace flexorů a extensorů. Tato studie tedy nepodporuje názor, že jedním z hlavních důvodů ztráty obratnosti je narušená schopnost selektivní aktivace agonisty a antagonisty (Canning et al., 2000).

Po lézi prvního motoneuronu nastává i degenerace motoneuronu druhého. Studie zahrnující odhad počtu motorických jednotek (motor unit number estimation – MUNE) odhalila významný pokles počtu motorických jednotek, které následuje po CMP. Tyto změny mohou být pozorovány už 4-30 hodin po atace (Lukács et al., 2009).

Pomocí jehlového EMG a vedení vzruchu nervem byla objevena ztráta motorických jednotek – znak axonální léze a kolaterální reinervace paretického svalu. Postižení může být způsobeno poruchou trans-synaptického přenosu alfa motoneuronů jako výsledek výpadku prvního motoneuronu v akutní fázi CMP, což následuje reorganizace zbývajících motorických jednotek v chronické fázi. Není stále zcela jasné, zda se tyto změny odehrávají podle nějakého vzorce, nebo zcela náhodně (Lukács et al., 2008)

Je všeobecné známo, že vlastnost kontrakce záleží zejména na typu motorických jednotek svalu. Svalová vlákna jsou klasicky kategorizována na základě jejich kontraktálních vlastností na pomalá (typ I) a rychlá vlákna (typ II) plus jejich podtypy. Prevalence vláken typu I je charakteristická pro převážně tonické svaly (např. zádové), kdežto typ II převažuje u fázických svalů (např. extenzory zápěstí a prstů). Výzkumy (autoři) informují o tom, že svaly s převažujícím množstvím typu II (rychle glykolytická, rychle oxidativní) svalových vláken mají větší tendenci k rozvoji myoelektrické únavy. Naproti tomu svaly s převahou typu I svalových vláken podléhají myoelektrické únavě hůře.

V lidském svalu závisí predominance určitého svalového vlákna na různých faktorech, jako je funkce svalu (flexor, extensor), dědičnost, úroveň používání (imobilizace, přetěžování) a selektivní ztráta vláken. Paretický sval má nižší práh myoelektrické únavnosti. Vysvětlením pro to je, že postižené svaly nemohou vyvinout adekvátní sílu. Podle principu velikosti jsou motorické jednotky zdravého svalu nabírány v určitém pořadí a to tak, že velké jednotky (a velká svalová vlákna) jsou

nabírány až při vysokém stupni aktivity. Z toho důvodu jsou ve slabém svalu zapojována pouze vlákna typu I. V paretickém svalu tak podle výzkumu na povrchovém elektromyografu došlo k produkci síly pomocí vláken typu I kvůli ztrátě vláken typu II.

Svalové změny paretického svalu zůstávají nadále ne zcela jasné. Zatím se zdá, že existuje tendence k hypertrofii svalových vláken typu I a atrofii typu II, což potvrzují jak invazivní studie jako biopsie, tak i neinvazivní povrchová elektromyografie (Toffola et al., 2001).

### **1.3 Účelově zaměřené pohyby**

Účelově zaměřené pohyby spojené s fyzioterapií u pacientů po prodělaném CMP je založeno na poznání, že cílem motorické kontroly je kontrola pohybu potřebného k provedení určitého úkolu, a to zahrnuje i nabytí pohybových dovedností v důsledku opakovaného provádění.

Efekt terapie s využitím účelových pohybů zaměřené na zlepšení funkce horní končetiny a na změny v kortikální aktivitě u hemiparetických pacientů se věnovala studie využívající funkční magnetické rezonance (fMRI). Program terapie sestával ze šesti účelově zaměřených pohybů, přičemž se jednalo zejména o nácvik dosahových, úchopových a jemně motorických funkcí horní končetiny. Kortikální aktivita pak byla porovnána mezi zdravou a postiženou končetinou, zachovalá hemisféra byla použita jako kontrolní vzorek, měření bylo provedeno před a po skončení terapeutického setu. Stav funkce horní končetiny byl objektivizován pomocí Purdue Pegboard Score a Testu měření síly úchopu. Oba testy prokázaly zlepšení postižené horní končetiny. Síla úchopu přitom neprokázala žádnou jasnou korelaci se změnou laterality, což mohl být následek tréninku, který byl zaměřen na motorické dovednosti, a tím tedy i na zlepšení funkčnosti horní končetiny.

Zajímavé byly i výsledky z vyšetření fMRI: ukázalo se, že se rozšířilo korové zastoupení ruky, a to do oblastí dříve okupovaných loktem a ramenem. Dále došlo k nárůstu kontralaterální (postižené) a poklesu v ipsilaterální (zachovalé) kortikální aktivity. Tyto změny se odehrály v primární sensorické oblasti a v sekundárních motorických oblastech, jako area suplementární motorická a premotorická (Jang et al., 2002).

### 1.3.1 Motorické učení

Zkušenost pocházející z prožitku pohybu je nezbytná, ale nedostačuje k tomu, aby byly vyvolány plastické změny v mozku. Hypotézou je, že aby došlo k funkční strukturální reorganizaci, musí dojít k „označení“ důležitosti stimulu vstupem z limbických a paralimbických struktur.

Opice byly trénovány, aby dokázaly získat jídlo z velmi malé studny, což byl obtížný úkol vyžadující obratnou dovednost prstů. Znatelný nárůst motorické zdatnosti byl vidět asi po 10-ti dnech. Opice, které byly trénovány k získávání jídla z velké studny – mnohem snadnější úkol – prokázaly precizní dovednost od začátku tréninku, takže žádný pokrok už nebyl zapotřebí. Bylo provedeno srovnání korového zastoupení před a po tréninku. Skupina využívající velkou studnu nevykázala žádné změny, zatímco změny u skupiny druhé byly velké a odpovídaly kinematice účelového pohybu.

Motorické učení se zdá být prerekvizitou k rozvoji plasticity motorického kortexu. Podobně bylo odhaleno, že reorganizace zastoupení předloktí v mozkové kůře u krys bylo spojeno s rozvojem obratnosti předloktí, ne se zvýšenou silou v předloktí.

Krysy trénované v dosahové funkci vyžadující obratnost ukázaly rozšiřující se zastoupení zápěstí a prstů v rámci motorického kortexu, na rozdíl od kontrolního vzorku. Trénovaná zvířata měla také mnohem více synapsí připadajících na jeden neuron v V. vrstvě kortexu (Bayona et al, 2005).

### 1.3.2 Význam u člověka

Opakování hraje významnou roli ve spouštění a udržování změn v mozku. Neustálý trénink je tedy potřeba, aby byly zachovány výsledky dosažené terapií.

Je zapotřebí cvičit účelové pohyby, aby se odehrál proces motorického učení. Studie provedené transkraniální magnetickou stimulací ukázaly, že účelový trénink má za následek změny, které přetrvávají déle a korespondují s oblastí, která byla využívána. Prosté opakování zadaného úkolu, které není spojeno s učením nových a smysluplných dovedností, pravděpodobně nevyvolá žádané změny. Méně intenzivní účelový tréninkový režim využívající více postiženou končetinu naopak přináší významné změny v korovém rozložení a s tím spojené funkční zlepšení končetiny (Bayona et al, 2005).

## 1. 4 Observace

Existuje důkaz, že observace pohybu aktivuje ty samé motorické oblasti kůry, které jsou zahrnuty ve skutečném provádění pozorované činnosti. Neurologickým podkladem pro tento jev je tzv. „mirror neuron system (MNS)“.

Efekt video-terapie se zdá být lepší než standardní neurorehabilitační programy s dobou trvání 8 týdnů. Pozitivní výsledek této terapie spočívá v kombinaci pozorování každodenních účelových činností s doplňujícím fyzickým nácvikem. Nadále však chybí studie sledující dlouhodobý vliv videoterapie (Ertelt et al., 2007).

### 1. 4. 1 Systém zrcadlového neuronu

Zrcadlové neurony jsou určitou skupinou vizuomotorických neuronů, původně objevenou u opic v oblasti ventrálního premotorického kortexu (F5), který se spouští jednak když opice provádí nějakou činnost, tak i když pozoruje jiného jedince provádět tu samou činnost. Podobný systém byl později popsán i u člověka (Rizzolatti a Craighero, 2004, Iacoboni a Dapretto, 2006, Ertelt et al., 2007).

V oblasti F5 se objevují dva typy vizuomotorických neuronů – kanonické neurony odpovídající na prezentaci objektu a zrcadlové neurony, které hrají roli, když opice spatří činnost spojenou s užíváním objektu. Aby byly spuštěny pomocí vizuálního stimulu, musí se činnost odehrávat mezi biologickým efektem (ruka, ústa) a objektem. Uchopení kusu jídla nebo geometrického tvaru spouští systém stejnou intenzitou, opici tedy nezáleží na významu objektu (Rizzolatti a Craighero, 2004).

Zatím byly zrcadlové neurony popsány ve dvou korových oblastech – v posteriorní části inferiorního frontálního kortexu a anteriorní části inferiorního parietálního lobe. Tyto dvě oblasti jsou anatomicky propojeny a tak tvoří integrovaný frontoparietální MNS. Tento systém je pouze jedním z mnoha paralelních neuronálních systémů propojujících frontální a parietální oblast. Buňky této oblasti mají fyziologické schopnosti, které jsou vysoce důležité pro senzomotorickou integraci. Posteriorní část frontálního laloku je spojena s pohybem a sestává z několika korových oblastí. Jsou zde zastoupeny různé části těla. To naznačuje, že tyto motorické oblasti se aktivně podílejí na přenosu sensorického vjemu na přiměřenou akci. Ve skutečnosti většina frontálních motorických oblastí obdrhuje masivní sensorický vjem (vizuální a



somatosenzorický) z parietálního laloku. Frontální i parietální lalok jsou pak spojeny s dalšími oblastmi. Díky tomu je možné např. zformovat systém pro axiální a proximální pohyby včetně pohybů ruky, úchopu a dosahových akcí, pro defenzní mechanismy (Iacoboni a Dapretto, 2006).

Nebylo zatím jasně prokázáno, že tento systém se u člověka vyskytuje. Přesto existují záznamy nepřímo poukazující na přítomnost těchto neuronů i v lidském mozku. Data pocházejí z neurofyziologických experimentů a metod zobrazujících mozek.

Neurofyziologické experimenty demonstrují aktivaci motorického kortexu, když jedinec pozoruje činnost prováděnou někým jiným. Více přímých důkazů bylo získáno ze studií transkraniální magnetickou stimulací (TMS). Je to neinvazivní technika na elektrickou stimulaci nervového systému. Když je aplikována na motorický kortex v odpovídající intenzitě, motoricky evokované potenciály (MEP) mohou být zaznamenány na svalech kontralaterální končetiny. Studie TMS poukazují na to, že systém zrcadlového neuronu u člověka existuje a má důležité vlastnosti, které u opic zaznamenány nebyly. Zaprvé – bezúčelné pohyby, které nejsou spojené s manipulací s předmětem, vyvolávají odpověď zrcadlových neuronů, jaké u opic nebyly zaznamenány. Zadruhé – dočasná korová excitabilita během observace naznačuje, že lidský MNS registruje také pohyby za účelem provedení činnosti a ne jen samotnou činnost (Rizzolatti a Craighero, 2004).

#### **1. 4. 2 Význam systému zrcadlového neuronu**

Jak už bylo zmíněno, MNS se podílí na porozumění určitým činnostem. Aktivity, které provádí jiný jedinec, mohou být rozpoznány pomocí různých mechanismů. Aktivity, které patří do pohybového repertoáru pozorovatele jsou v jeho motorickém systému zmapovány. Aktivity, které tam nepatří, nemohou excitovat jeho MNS a zdají se být rozpoznány pouze vizuálně bez účasti motorického systému (Rizzolatti a Craighero, 2004).

Velké množství studií odhalilo aktivitu neuronálního komplexu tvořeného okcipitálním a temporálním lalokem, parietální vizuální oblastí a dvou korových oblastí, jejichž význam je ze základu nebo predominantně motorický. Těmito dvěma oblastmi je rostrální část inferiorního parietálního laloku a spodní část gyru precentralis spolu s posteriorní částí inferiorního frontálního gyru (IFG). Pozorování pohybů

prováděných rukou nebo paží v souvislosti s nějakým objektem reprezentují oblasti frontální lobu, a to pars opercularis IFG a oblast gyru precentralis. Během observace pohybů, které nebyly spojeny s předmětem, se aktivovala pouze premotorická oblast bez účasti parietální (Rizzolatti a Craighero, 2004).

Studie transkraniální magnetickou stimulací poukazují na to, že zrcadlové neurony u člověka mají důležité vlastnosti, které u opic nebyly zaznamenány, což určuje zásadní roli při schopnosti člověka imitovat činnosti druhých. Při zkoumání akcí, které aktivují zrcadlové neurony, vyplynulo, že pozorování činností, které patří do vlastního motorického repertoáru pozorovatele, jsou zaneseny do jeho motorického systému. Činnosti, které do jeho repertoáru nepatří, neaktivují motorický systém pozorovatele a zdají se být rozeznávány pouze na optické bázi, bez účasti motoriky (Rizzolatti a Craighero, 2004).

Zajímavou vlastností zrcadlových neuronů je, že se aktivují pouze když s objektem interaguje skutečný biologický efektor (ruka), nikoliv nástroj. Neurony se neaktivují ani v případě, že pohyb je proveden in vacuo, tedy bez konkrétního objektu.

Během studie, při které měly subjekty sledovat pohyby prováděné jinými jedinci, se prokázalo, že pokud byl pohyb proveden jiným efektozem vykonavatele, aktivovala se jiná pre-motorická oblast u pozorovatele. Během činnosti ruky to byla dorzální část ventrální arey 6 a dorzální sektor arey 44 v obou hemisférách (Mulder, 2007).

Studie provedená na pacientech s ischemickým CMP v oblasti a. cerebri media (pacienti s ischemizací v oblasti a. cerebri anterior byli vyloučeni) zkoumala zařazení této terapie (tzv. „action observation therapy“) do jejich rehabilitace. Pacienti měli sledovat video, na kterém byly nahrány činnosti běžného denního života, které měli posléze předvést pomocí postižené horní končetiny za použití stejných pomůcek, jaké byly užity ve videu. Každým dnem byla zvyšována komplexita pozorovaných a prováděných pohybů. Kontrolní skupina podstupovala tutéž terapii s tím rozdílem, že pozorovali video s geometrickými tvary a písmeny namísto prováděné činnosti. Poté byli požádáni, aby předvedli tytéž činnosti jako zkoumaná skupina. Výsledky ukázaly, že terapie kombinující observaci s intenzivním aktivním repetitivním tréninkem pozorované činnosti poskytuje výrazné motorické zlepšení postižené končetiny, a to i

v chronickém stadiu s už zakořeněným pohybovým postižením. Ten samý efekt nebyl zjištěn u kontrolní skupiny.

Navíc byl měřen i vliv na aktivaci mozku. Srovnáním aktivace spojené s manipulací objektem pomocí postižené horní končetiny před a po studii kontrolní skupiny bylo zjištěno, že pohybové zlepšení u těchto pacientů bylo spojeno se zvýšenou aktivitou ve ventrální premotorické a inferiorní parietální oblasti bilaterálně (pravděpodobně i se systémem zrcadlového neuronu) spolu s gyrus temporalis superior bilaterálně, suplementární motorickou areou (SMA) a kontralaterálním gyrem supramarginalis (Ertelt et al., 2007).

Observace je považována za efektivní také v případě formování pohybové paměti pacientů po CMP. Jak ukazuje další studie, devět pacientů v chronickém stadiu po CMP podstoupilo studii transkranální magnetickou resonancí. Měření sestávalo ze tří částí: v první jedinci podstoupili pouze pohybovou terapii, při které měli za úkol pohnout palcem na ruce v určitém směru. Ve druhé jim bylo promítáno video, na kterém pozorovali zdravého dobrovolníka provádějícího ten samý pohyb jako v prvním úkolu; pacienti měli pohyb imitovat stejným směrem a ve stejném rozsahu. Video bylo promítáno tak, jako by se pozorující díval na svou vlastní ruku, protože bylo prokázáno, že stupeň kortikomotorické aktivace je maximální, když je pohyb sledován z pohledu pozorujícího. Pohyby zdravého účastníka a zkoumaného jedince se odehrávaly současně. Ve třetím úkolu podstoupili pacienti opět pohybovou terapii zároveň se sledováním videa, avšak pohyb jejich palce šel více méně opačně ku pohybu sledovanému. Výsledky studie potvrzují domněnku, že pozorování jiného subjektu, který provádí nacvičovaný pohyb ve stejném směru jako sledovaný proband vyvolalo formování pohybové paměti srovnatelné se samotným fyzickým cvičením. (Stefan et al., 2005, Celnik et al., 2008).

I studie provedená o několik let dříve prokázala, že pouhé pozorování pohybu vedlo k formování dlouhotrvající specifické paměťové stopy podobné té vyvolané fyzickým tréninkem. Získaná data také naznačují, že neuronální plasticita vyvolaná observací, kvalitativně nerozlišitelná od plasticity vyvolané fyzickým tréninkem, může být přítomna i při absenci periferní somatosenzorické aferentní informace. To je možné pravděpodobně proto, že observace moduluje aktivitu v lidských somatosenzorických oblastech a je možné, že tato činnost nahrazuje nebo poskytuje

důležitý somatosenzorický signál do primární motorické oblasti (M1), který se zdá být nezbytný pro všechny aspekty formování motorické paměti (Stefan et al., 2005).

Ventrální premotorický kortex (vPMC) obsahuje zrcadlové neurony vybíjející jak při observaci, tak i při provedení pohybu. Nachází se zde také zastoupení pohybů distální horní končetiny. Stejně jako kanonické neurony, i zrcadlové neurony ve vPMC mohou zakódovat informaci o směru volního pohybu. Ačkoliv zrcadlové neurony ve vPMC odpovídají zejména na percepci specifických interakcí ruky s předmětem, aktivace PMC byla také sledována u pohybů bez jakéhokoli předmětu. Navíc, jelikož některé zrcadlové neurony nevybíjejí při observaci jednoduchého úchopu, ale pouze po opakování takového pohybu, je možné, že učení se přenáší z kanonických neuronů na zrcadlové. Tyto fyziologické parametry mohou naznačovat roli neuronů vPMC v plasticitě vyvolané pozorováním. Aktivita zrcadlových neuronů v primární motorické oblasti, ať už jako důsledek aktivity lokálních „pravých“ zrcadlových neuronů M1 nebo přeneseně z vPMC, má za úkol zachovat dočasnou strukturu pozorovaných pohybů s velkou přesností. Proto se lokální neuronální aktivita v M1 zdá být vybavena schopností zakódovat místní paměť, která si zachovává podrobnosti o pozorovaném pohybu se všemi jeho náležitými aspekty (Stefan et al., 2005).

## **1. 5 Motorická představa**

Motorická představitivost se podobá procesu aktivnímu, během kterého je reprezentace určitého děje vnitřně reprodukována pomocí pohybové paměti bez jakéhokoli motorického výsledku (Woldag a Hummelsheim, 2002, Mulder, 2007, Li et al., 2004, Zimmermann-Schlatter aj., 2008). Obecně vzato tedy subjekt cítí, že provádí určitý pohyb, aniž by ho doopravdy provedl (Li et al., 2004).

Narozdíl od terapie založené na aktivních a pasivních pohybech není motorická představa z principu závislá na zbytkové funkci, ale stále v sobě zahrnuje motivaci k provedení volního pohybu (Sharma et al., 2006).

### **1.5.1 Studie funkční magnetickou resonancí**

Bylo mnohokrát prokázáno, že během motorické představy pohybu se aktivuje několik oblastí: suplementární motorická oblast, lobus parietalis superior et inferior, dorzální a ventrální laterální premotorické oblasti, prefrontální oblast, gyrus frontalis

inferior, gyrus temporalis superior, primární motorická oblast (M1), primární sensorická oblast, sekundární sensorická oblast, cortex insularis, cortex cingulatus anterior, gyrus temporalis superior, basální ganglia a mozeček. Studie, které zkoumaly nábor těchto oblastí během provedení skutečného pohybu a pohybu v představě prokázaly, že ačkoliv se aktivované oblasti zdají být u obou podmínek stejné, objem zapojení se zdá být větší u skutečně provedeného pohybu než u pohybu v představě. Kontroverzním bodem zůstává oblast M1, která není při představě zapojená vždy a pokud je, tak je méně aktivní než při reálném pohybu. Nedostatek aktivace byl vysvětlen teorií, ve které má systém zabraňovat provedení pohybu během představy (Dickstein et al., 2005, Mulder, 2007).

### **1.5.2 Představa kinestetická a vizuální**

Strategie představy může být rozdělena na kinestetickou a vizuální. Během kinestetické představy má subjekt pocit, že skutečně provádí daný pohyb se všemi jeho sensorickými charakteristikami (pohled první osoby). Během vizuální představy se subjekt sleduje jakoby z dálky (pohled třetí osoby).

Ve skutečnosti má každá z těchto strategií rozdílné proporce. Zatímco kinestetickou je snadné verbalizovat, vizuální není. Zatímco kinestetická se chová podle Fittova zákona (pohyb v představě je stejně omezený jako pohyb provedený ve skutečnosti), vizuální ne. To značí, že během kinestetického nemůže jedinec provést pohyby na vyšší pohybové úrovni, než jaké je schopen ve skutečnosti. Naproti tomu během vizuální představy si může osoba představit pohyb, který dalece přesahuje úroveň, kterou má v reálu. Navíc určité fyziologické změny spojené s kinestetickou představou odrážejí ty, které se odehrávají během skutečného pohybu, kdežto tato vlastnost chybí u vizuální. Například aktivita naměřená na EMG během kinestetické představy ukazuje zapojení svalu korespondujícího s představou, což u vizuální chybí. Také vzrušivost kortikospinálního systému měřeného pomocí TMS je větší u představy kinestetické. Vzhledem k tomu, že kinestetická představa má tedy mnohem více fyziologických parametrů společných se skutečným pohybem, byla jí přiřknuta i schopnost asociace s přípravou pohybu, imitací a anticipací. Výsledky měření naznačují, že kinestetický model je pro terapii výhodnější (Mulder, 2007, Solodkin et al., 2004).

Byla provedena studie na zdravých lidech zkoumající také aktivitu mozkových oblastí v závislosti na provedení skutečného pohybu (N), kinestetické (KI) a vizuální představy (VI). Subjekty byly rozděleny do dvou skupin; první měla za úkol předvést KI a N, druhá skupina VI a N. Dělení bylo nezbytné proto, že pro jednoho jedince je nesmírně obtížné předvést tyto dva rozdílné typy představy v krátkém čase po sobě. Aktivita z prvního dorzálního interosseu byla snímána pomocí povrchového EMG, a to při pohybu opozice palce. Probandi nejprve pohyb předvedli (N), a poté měli za úkol si jej předvést jedním typem představy (KI nebo VI). Signály se při různých strategiích představy vzájemně lišily. Amplitudy vykazující svalovou aktivitu se objevily pouze u skutečně provedeného pohybu a lišily se od záznamu pohybu v představě. Lišily se ovšem i záznamy KI a VI – amplituda signálu během KI byla větší a frekvence vyšší.

Výsledky ze zobrazení mozku vykazovaly během skutečného pohybu aktivitu v oblastech M1, primární senzorycké oblasti (S1), lobus parietalis superior, dorsolaterálním premotorickém kortexu, suplementární motorické oblasti a cerebellu. Aktivita jiných oblastí se lišila subjekt od subjektu, mezi tyto patří zejména gyrus frontalis inferior, thalamus a temporo-okcipitální oblast. Kinestetická představa vyvolala aktivitu v oblastech dorsolaterálního premotorického kortexu, M1, S1, suplementární motorické oblasti, cerebellu a lobus parietalis superior. Důležité oblasti zapojené během vizuální představy zahrnovaly lobus parietalis superior, dorzolaterální premotorický kortex, suplementární motorický kortex a cerebellum. Intenzita zapojení těchto oblastí byla ve všech případech vyšší při skutečném pohybu (Solodkin et al., 2004).

Je ovšem nutné zmínit, že v zachování a v generování kinestetického modelu hrají významnou roli lobus parietalis a premotorická area, jejich poškození tedy může poškodit přesnost motorické představy (Sharma et al., 2006, Mulder, 2007).

Experiment s využitím vizuální představy předvedli Liu et al. (2004). 26 pacientů po CMP obdrželo terapii cvičením v představě kombinované s pohybovou terapií. Jejich léčba byla ovšem zaměřena na učení pohybů spojených s běžnými denními činnostmi, jako bylo skládání prádla. Výsledky této skupiny byly opět lepší, než výsledky kontrolní skupiny, která prodělala pouze pohybovou léčbu. Měřena byla však pouze škála Activities of Daily Living, neprokázalo se zlepšení pohybových dovedností. Pacienti po kombinované léčbě měli lepší výsledky co se týče měření pozornosti a aktivit denního života, což byl pravděpodobně následek cvičení vizuální

představy. To může naznačovat, že vizuální představu lze využívat při učení kognitivních a přípravných aspektech pohybu, kdežto kinestetická představa je výhodnější při učení základních pohybových dovedností. Jelikož se ale tento názor zakládá pouze na této jedné studii, nelze ho považovat za všeobecně platný.

### **1.5.3 Myoelektrická odpověď na pohyb v představě**

Byl podán dostatečný důkaz o tom, že skutečné provedení pohybu a pohyb provedený v představě sdílí stejnou podstatu co se týče mechanismů v centrální nervové soustavě. Zůstává otázkou, zda je představa pohybu doprovázena podprahovou elektromyografickou aktivitou. Třicet zdravých praváků mělo zvednout, nebo si představit, že zvedají činku. Přitom měli použít různé typy svalových kontrakcí – silnou koncentrickou, mírnou koncentrickou, izometrickou a excentrickou. Byla snímána EMG aktivita ze svalů horní končetiny – agonisté, antagonisté, synergisté a stabilizátory pohybu. Během představy byla zaznamenána významně zvýšená EMG aktivita u všech svalů v porovnání s klidovou hodnotou, ačkoliv data z goniometru nezaznamenala žádný pohyb. Více EMG aktivity bylo přitom zaznamenáno u silně koncentrických pohybů, které si subjekty představovaly, než u slabých. Ačkoliv se jednalo pouze o podprahovou představu, velikost aktivace odpovídala velikosti úsilí zvednout činku v představě. Pokud šlo o porovnání jednotlivých typů kontrakcí mezi sebou, excentrický pohyb v představě vyvolal významně nižší aktivitu než kterýkoli jiný. K tomu navíc bylo zjištěno, že EMG zrcadlově odráželo amplitudy nahrané při skutečně provedeném pohybu. Tyto výsledky podporují teorii o selektivním efektu motorické představy na úrovni svalové aktivity a nekompletní inhibici motorické kontroly během představy (Guillot et al., 2007).

### **1.5.4 Motorická představa a spasticita**

Proveditelnost a efekt při použití motorické představy během terapeutického protahování jedinců se spasticitou zkoumala pilotní studie formou single-blind randomizace. Participující pacienti trpěli spasticitou a vedle obvyklého terapeutického programu vyžadovali ještě protahování postižené končetiny. Subjektům v experimentální skupině byla přidána motorická představa zároveň se strečinkem, kontrolní skupina obdržela progresivní svalovou relaxaci během každého protahování.

Byl hodnocen odpor proti pasivnímu pohybu, pasivní rozsah pohybu, Modifikovaná Ashworthova Škála (MAS) a stupeň diskomfortu během MAS, a to před začátkem terapie a po skončení setu. Záznam neprokázal žádný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou, statistická průkaznost byla nízká kvůli velké odlišnosti vzorku a jeho nedostatečné velikosti. Byla navržena budoucí studie zahrnující větší počet účastníků (Bovend'Eerd et al., 2009)

### **1.5.5 Terapeutické využití pohybu v představě**

Terapeutický přínos kombinace motorické představy a ergoterapie u pacientů po centrální mozkové příhodě zkoumal Page (2000). Osm pacientů po CMP s pravou rukou postiženou parézou podstoupilo čtyř-týdenní program, který se skládal z cvičení v představě s následnou ergoterapií. Výsledky tohoto programu byly porovnány s tím, ve kterém kontrolní skupina osmi pacientů obdržela pouze ergoterapii. Funkčnost a zlepšení paréty končetiny byla zhodnocena pomocí Fugl-Meyerovy škály. Ukázalo se, že pacienti, kteří obdrželi kombinovanou terapii, se zlepšili o poznání více, než kontrolní skupina. V obou případech šlo o pacienty v raném stádiu – do jednoho roku po prodělaném CMP.

Využití pohybové představy zkoumal Page (2005) i u chronických pacientů s už „zakořeněným“ pohybovým stavem. Šest pacientů nejméně 1 rok po prodělaném CMP podstoupilo 6-ti týdenní léčbu, kde se pohybová terapie pojila s terapií v představě. Na základě zhodnocení zlepšení funkčnosti končetiny byla tato skupina porovnána se skupinou pacientů, kteří obdrželi pouze pohybovou terapii spojenou s relaxačními cvičeními. Výsledky opět mluvily ve prospěch skupiny, která podstoupila kombinovanou terapii.

Studie zkoumající maximální volní sílu generovanou pátým prstcem v metakarpofalangeálním skloubení po nácviku repetitivních, maximálních izometrických stahů svalu porovnávala tyto hodnoty s nácvikem v představě, který nezahrnoval opakovanou aktivaci svalu. Zjistili, že síla se zvětšila o 30 % v aktivním svalu a o 22 % v neaktivním. Důležitou poznámkou je, že EMG během motorické představy nenaměřilo žádnou aktivitu. To může znamenat, že nárůst svalové síly po mentálním nácviku není následkem nervových změn na úrovni efektoru, ale musí být spojen s vyššími centry zahrnujícími plánování a programování pohybu (Mulder, 2007).



## **1.6 Fyzioterapie po cévní mozkové příhodě**

Příznaky CMP závisí na lokalizaci ischemie nebo krvácení, na rozsahu postižení a přítomnosti kolaterálního krevního zásobení. Významnou roli hraje včas zahájená léčba. Pokud by se tomu rehabilitací nezabránilo, došlo by následkem převahy spastických svalů k jejich zkrácení. Horní končetina má tendenci k abdukci a vnitřní rotaci v rameni, které může být díky oslabenému ramennímu pletenci bolestivé až subluxované. V lokti se rozvíjí flexe a pronace, zápěstí a prsty jsou ve flexi. Na dolní končetině je přítomná typická addukce a zevní rotace v kyčli, extenze v koleni a plantární flexe a inverze nohy.

Rehabilitace začíná hned v akutní fázi polohováním a pasivními pohyby, čímž působíme proti spasticitě a vzniku deformit, popřípadě dekubitů. Z facilitačních metod se v současnosti využívá nejvíce Bobath konceptu, kdy je snaha vycházet ze správného postavení, inhibovat patologické napětí a tak aktivovat pohyb. Uvedené zásady se dodržují jak při cvičení, tak i při činnostech běžného denního života. Z metody Kabatovy se používají diagonály, v některých případech i Vojtova reflexní lokomoce.

K facilitačnímu působení lze využít také fyzikální terapie, např. elektrická stimulace. Jde o dráždění přenosným stimulatorem, který podrážděním periferního nervu vyvolá stah ochrnutého svalu. Kromě dráždění motorických nervových vláken dochází také k podráždění vláken dostředivých, především vláken Ia ze svalových vřetýnek (Trojan et al., 2005).

### **1.6.1 Význam účelových pohybů v terapii**

Současné chápání neuroplasticity má za následek vznik nových terapeutických přístupů v rehabilitaci ischemického CMP. Výrazný výsledek přináší kombinace lékařské a ošetrovatelské péče s intenzivním tréninkem na podkladě účelových pohybů v prostředí, které poskytuje stimulaci a motivaci. Pomocí repetitivní transkraniální magnetické stimulace je zkoumán dlouhodobý efekt metod využívajících multisenzorickou stimulaci motorickou, kognitivní a percepční, jako jsou například observace, cvičení v představě nebo virtuální realita.

Základním principem u rehabilitace po CMP je funkční přístup zaměřený na specifické aktivity, časté a intenzivní cvičení, přičemž by se mělo začít již během prvních dnů po příhodě. Důležitý je také stupeň zachování senzitivních funkcí. Po

CMP bývá senzitivita většinou narušena, což komplikuje výsledek terapie (Johansson, 2011).

#### *1.6.1.1 Constraint-Induced Movement Therapy*

Tato terapie sestává z nového setu rehabilitačních technik navržených pro zmírnění funkčního deficitu, primárně na postižené horní končetině u pacientů po CMP. Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT) je založena na poznání, že pacienti po mrtvici přestávají používat postiženou končetinu. Je to v podstatě kombinace účelové a intenzivní terapie. „Neužívání“ postižené končetiny je zabráněno tím, že se zdravá končetina omezí v pohybu, a to nejméně na 2 týdny.

Vynucené používání nebo vynucené omezení končetiny má velký vliv na rekonvalescenci pacientů po CMP. Intenzivní cvičení postiženou horní končetinou může vyústit v další zlepšení i u pacientů, kteří předtím dosáhli plateau. Studie provedené jak pomocí TMS tak i fMRI ukázaly, že funkční plasticita motorického kortexu doprovází zotavení spojené s terapií CIMT. Změny zahrnují expanzi zastoupení ruky a zvýšenou aktivitu ipsilaterálního kortexu.

CIMT však není definitivní řešení pro všechny pacienty po CMP. Funkce horní končetiny může být i tak výrazně změněna u velkého procenta pacientů. Výsledky CIMT se mění v závislosti na stupni poškození aktivního rozsahu pohybu (Bayona et al, 2005, Mededé et al., 2010).

Není však důkaz o tom, že by se tato terapie jevila jako efektivní v rehabilitaci časného stadia. Podle dostupných studií není efektivnější než obvyklá terapie, která byla poskytnuta kontrolní skupině. Dokonce došlo ke zhoršení terapeutických výsledků, když byla zvýšena intenzita terapie CIMT (Johansson, 2011).

#### *1.6.1.2 Bilaterální trénink*

Tato metoda je založena na faktu, že činnosti našeho každodenního života zahrnují používání obou rukou. Jsou to jak aktivity sebeobsluhy, tak i další funkce jako přenášení objektů, řízení nebo vstávání z křesla. Obzvláště u starších lidí pak vzrůstá potřeba plnit činnosti za pomoci obou horních končetin (Waller a Whitall, 2008).

Studie prokázaly zlepšení kontroly horní končetiny v prostoru během časové jednotky jak v bilaterálních, tak i v unilaterálních činnostech. Navíc se zmírnilo pohybové postižení.

Při srovnání CIMT a bilaterálního tréninku vyšlo najevo, že bilaterální trénink dosáhl lepších výsledků na proximální části horní končetiny. Naproti tomu CIMT získalo lepší výsledky v rehabilitaci ruky (Johansson, 2011).

#### *1.6.1.3 Mirror box terapie*

Při této metodě je pacientova ruka schovaná za zrcadlem. Zatímco zdravá ruka se pohybuje, pacient sleduje její zrcadlový odraz, jako by to byla postižená ruka. Studie informují o zlepšení funkce distální části horní končetiny, zlepšení senzitivních funkcí a potlačení hemineglektu. To přináší myšlenku, že mirror box therapy může indukovat multisenzorické interakce a lze ji připodobnit k terapii observací, která stimuluje motorickou a premotorickou areu mozkové kůry. Obě metody by pak pracovaly na základě existence systému zrcadlového neuronu (Johansson, 2011).

#### *1.6.1.4 Virtuální realita*

Tato technika poskytuje multimodální, interaktivní a realistické 3-D prostředí s možností přizpůsobení parametrů individuálním potřebám každého pacienta. Hry podporují pozornost, rychlost, preciznost a svalový timing. Mohou také poskytovat realistické prostředí pro nácvik funkčních činností každodenního života. Aby však byla terapie úspěšná, vyžaduje pozitivní přístup pacienta a neustálý kontakt s terapeutem (Johansson, 2011).

#### *1.6.1.5 Bobath koncept*

Koncept publikovaný Bertou a Karlem Bobathem naposledy v roce 1990 byl jedním z prvních, který spolu s novými objevy na poli neurofyziologie představil i terapii na neurofyziologickém podkladě. Bobath vysvětluje pohybovou dysfunkci u hemiplegiků a tvrdí, že pacient musí být aktivní, zatímco terapeut mu pomáhá hýbat klíčovými body kontroly (Kollen et al., 2009).

Koncept klade obzvláštní důraz na dva navzájem spolu související aspekty: integraci posturální kontroly a účelového pohybu a kontrolu selektivního pohybu za účelem provedení koordinované sekvence pohybu. Klíčová je také integrace senzitivního vjemu k motorické kontrole a motorickému učení.

Zvláštní pozornost je věnována individuálním cílům, rozvoji pracovních hypotéz, a léčebných plánů. Zvolená strategie je vždy unikátní pro toho daného jedince. V potaz jsou také brány klientovy potřeby a očekávání. Terapie se zaměřuje na sanaci, zkoumá potenciál získat schopnosti prostřednictvím neuromuskulární plastické adaptace daného jedince. Cílem je dopřát pacientovi prožitek účelového pohybu v různých prostředích. Funkce v rozdílných prostředích je závislá na efektivnosti posturální kontroly a selektivních pohybových vzorcích. Tyto jsou nezávislé a umožňují pohybovou efektivnost.

Nevyhnutelností traumatické léze CNS je následná kompenzace. Tu může s sebou přinést deficit v pohybové kontrole. Na úrovni funkce mohou kompenzační mechanismy pomoci k dosažení daného cíle. Pokud se tak stane, posílí tím použité pohybové strategie a zabrání použití jiných strategií, které má daný jedinec v zásobě. Na úrovni neurální může kompenzace omezit hojení zbylých neurálních mechanismů. Snahou je minimalizovat tyto kompenzace, které by omezily probíhající hojení a zároveň umožnit současné dosažení daného cíle. Přiměřená kompenzace je ta, která je nezbytná pro předvedení určitého pohybu v daném prostředí a daném čase, ale nepřetrvává po tom, co byl úkol splněn.

Terapie by měla přinést výsledky na všech těchto třech úrovních – účasti pacienta, aktivitě a zlepšení jeho stavu (Graham et al., 2009).

## **2. CÍLE A HYPOTÉZY**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je zhodnotit, jak se mění svalová aktivita na horní končetině u interaktivních účelových pohybů během observace a představy účelového pohybu u pacientů po cévní mozkové příhodě.

### **2.2 Vědecké otázky a hypotézy**

Vědecká otázka č. 1: Jaká je svalová aktivita na horní končetině při představě účelového pohybu?

Hypotéza H01: Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a klidovou hodnotou:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H02: Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a observací:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H03: Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a skutečným provedením účelového pohybu:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H04: Neexistuje rozdíl mezi jednotlivými představami účelového pohybu:

- a) u svalů paretické horní končetiny

b) u svalů neparetické horní končetiny

Vědecká otázka č. 2: Jaká je svalová aktivita na horní končetině při observaci účelového pohybu?

Hypotéza H05: Neexistuje rozdíl mezi observací a klidovou hodnotou:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H06: Neexistuje rozdíl mezi observací a iniciální představou:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H07: Neexistuje rozdíl mezi observací a představou po observaci:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H08: Neexistuje rozdíl mezi observací a skutečným pohybem:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

Hypotéza H09: Neexistuje rozdíl mezi observací a konečnou představou:

- a) u svalů paretické horní končetiny
- b) u svalů neparetické horní končetiny

## **3. METODA VÝZKUMU**

### **3.1 Charakteristika testovaného souboru**

Měření se zúčastnilo 10 probandů – průměrný věk 63,1 let, průměrná váha 76 kg, průměrná výška 172,1 cm, průměrný počet dní od prodělaného CMP 41,6. Pro výběr souboru byla stanovena následující kritéria: subakutní stadium po prodělané cévní mozkové příhodě s ischemizací arteria cerebri media, v dominantní hemisféře, podmiňující větší poškození dominantní horní končetiny, schopnost komunikace a porozumění. Všichni účastníci podepsali informovaný souhlas s průběhem měření. Studie byla schválena Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd UP.

### **3.2 Metody měření**

Nejdříve byli pacienti zhodnoceni klinicky, následovalo elektromyografické vyšetření svalů horní končetiny ke zhodnocení cílů práce. vlastní experiment ke zhodnocení dílů práce, při kterém byla snímána aktivita svalů horní končetiny....

#### **3.2.1 Klinická vyšetření**

Při klinickém vyšetření byl použit Action Research Arm Test (ARAT) (viz Příloha 4) na zhodnocení funkčního stavu horních končetin, Movement Imagery Questionnaire – Revised (MIQ-R) (viz Příloha 5) pro hodnocení schopnosti vizuální a kinestetické představy a modifikovaná Ashworthovu škála (MAS) (viz Příloha 6) na hodnocení stupně spasticity horní končetiny.

Průměrné hodnoty všech probandů u ARAT dosahovaly 48,9 bodů, průměrné hodnoty u MIQ-R dosahovaly 54,1 bodů a průměrné hodnoty u MAS dosahovaly stupně spasticity 1+ (viz Příloha 7).

### 3.2.2 Elektromyografické vyšetření

V průběhu experimentu bylo měření realizováno pomocí povrchového 16-ti kanálového elektromyografu firmy Noraxon – MyoResearch XP Master. Aktivita byla snímána z šesti svalů bilaterálně: m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii lateralis, m. trapezius a m. deltoideus. Zemní elektroda byla umístěna na laterální kondyl humeru levé horní končetiny.

#### 3.2.2.1 Aplikace elektrod

Před aplikací elektrod bylo vypalováno svalové břicho snímaného svalu v izometrické aktivitě daného svalu. Místo nalepení bylo očištěno abrazivní pastou, následně otřeno navlhčeným ručníkem a osušeno. Následně zde byly umístěny dvě stejně velké samoadhezivní elektrody, kolmo na průběh svalových vláken.

#### 3.2.2.2 Průběh experimentu

Výchozí poloha byla v průběhu celého měření standardizovaná. Jednalo se o sed na židli bez opory zad, s dolními končetinami opřenými celými ploškami o podlahu, horní končetiny byly v 90-ti stupňové flexi v lokti, předloktí opřené o desku stolu tak, aby kontakt elektrod s podložkou netvořil na EMG záznamu nežádoucí artefakty, akra v pronaci (viz Příloha 8).

Svalová aktivita byla snímána v šesti situacích, každá z nich se opakovala třikrát, a to nejdříve pro pravou horní končetinu a následně pro levou. Situace byly testovány v následujícím pořadí:

1. Klidný nehybný sed ve výchozí standardizované pozici (hodnocen pro získání referenční hodnoty) po dobu 30 sekund (K)
2. Proband byl instruován, aby si představil, jak pije ze sklenice (P1)
3. Před probanda jsme na stůl umístili monitor, na kterém měl sledovat, jak model provádí skutečný pohyb napítí se ze sklenice a sám si měl tento pohyb představovat (O)
4. Proband byl opět instruován, aby si představil bezprostředně po observaci pohybu, jak pije ze sklenice (P2).



5. Proband byl instruován, aby se skutečně napil ze sklenice, která byla umístěna před ním, v jeho střední tělní čáře ve vyznačeném čtvercovém poli na délku probandova předloktí, tak, aby bylo provedení pohybu možné pouze pomocí jedné horní končetiny, bez výraznějších výchylek trupu (N).

6. Proband si opět představil, že pije (P3).

Celý experiment byl zaznamenán videokamerou, aby bylo možné zhodnotit, zda observace činnosti nevedla k pohybům horních končetin. Videozáznam průběhu měření byl současně synchronizován se snímáním elektrokymografického signálu pro možnost posouzení svalové aktivity v závislosti na dílčích fázích sledovaného pohybu na monitoru.

### *3.2.2.3 Zpracování dat*

Všechna měření byla zaznamenána a vyhodnocena programem MR-XP 1.07 Master Edition, data byla následně rektifikována a vyhlazena využitím algoritmu RMS a okna o velikosti 40 ms. Byl použit standardní report Average Activation, a to pro všechna tři měření každé jednotlivé situace. Pomocí markerů byly vybrány přesné časové úseky u každé z aktivit: pacienti sami udávali začátek a konec jejich pohybů v představě slovními pokyny „start“ a „stop“; observace a skutečný pohyb zahrnovali uchopení sklenice, její přiložení k ústům a opětovné položení na stůl do předem vyznačeného pole a dané časové úseky byly vybrány pomocí synchronizace EMG záznamu s videozáznamem každé aktivity. Výsledky reportu prošly časovou normalizací – rozdělením na 100 dílů, ze kterých vyplynula průměrná hodnota pro každé měření. Získaná data byla převedena do programu MS Office Excel. Zde byla vypočítána aktivační hodnota (AH) jako průměr plus dvě směrodatné odchylky (SMODCH) a následně použita pro výpočet poměru amplitudy u všech hodnocených situací. Hodnoty byly vypočítány pro všech šest svalů pravé i levé horní končetiny a dále seřazeny do tabulky pro účely statistického zpracování.

Statistické zpracování proběhlo pomocí programu Statistica CZ, verze 9.0, kde byla použita Analýza rozptylu (ANOVA test) při opakovaných měřeních, testovou statistikou byl F-poměr. Druhým krokem při analýze byla post hoc analýza. Za signifikantní byly považovány výsledky na hladině významnosti 0,05.

## 4. VÝSLEDKY

Tabulky 1(a-b) zobrazují průměrné hodnoty svalové aktivity a jejich směrodatné odchylky pro všechny testované situace na paretické a neparetické horní končetině.

**Tabulka 1a** Průměrné hodnoty svalové aktivace pro všechny testované situace na paretické horní končetině.

PHK	FRC (SD)	ECR (SD)	BB (SD)	TB (SD)	DEL (SD)	TR (SD)
K	0,88 (0,08)	0,85 (0,10)	0,85 (0,09)	0,84 (0,10)	0,84 (0,12)	0,79 (0,16)
P1	1,07 (0,56)	1,68 (1,63)	0,56 (0,29)	0,79 (0,23)	4,25 (9,86)	0,90 (0,65)
O	3,64 (4,11)	2,46 (2,75)	0,98 (0,70)	0,86 (0,43)	3,86 (8,66)	1,05 (0,54)
P2	1,15 (0,90)	1,11 (0,88)	0,68 (0,24)	0,70 (0,13)	0,86 (0,33)	0,54 (0,18)
N	2,81 (2,87)	21,76 (50,33)	9,11 (14,74)	5,05 (10,92)	2,31 (1,31)	3,20 (1,78)
P3	0,91 (0,97)	19,00 (52,13)	0,65 (0,20)	0,71 (0,28)	1,12 (0,55)	0,86 (0,43)

Legenda k tabulce 1a: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; P2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; FRC – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapezius; PHK – paretická horní končetina; SD – směrodatná odchylka.

**Tabulka 1b** Průměrné hodnoty svalové aktivace pro všechny testované situace na neparetické horní končetině.

NHK	FRC (SD)	ECR (SD)	BB (SD)	TB (SD)	DEL (SD)	TR (SD)
K	0,88 (0,08)	0,81 (0,16)	0,84 (0,10)	0,84 (0,11)	0,86 (0,09)	0,83 (0,06)
P1	0,78 (0,26)	1,11 (0,48)	0,78 (0,26)	0,93 (0,41)	1,06 (0,61)	0,99 (0,55)
O	1,68 (2,05)	1,16 (0,76)	1,47 (1,19)	1,27(1,39)	3,53 (7,20)	1,08 (0,87)
P2	0,75 (0,37)	0,78 (0,28)	0,77 (0,29)	0,84 (0,46)	3,54 (8,07)	0,90 (0,87)
N	2,42 (1,70)	2,39 (1,78)	11,23 (9,48)	4,50 (11,13)	3,39 (3,54)	4,57 (4,51)
P3	0,71 (0,43)	1,05 (0,86)	1,86 (2,40)	1,10 (1,00)	3,69 (7,15)	1,08 (0,51)

Legenda k tabulce 1b: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; P2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; FRC – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapezius; NHK – neparetická horní končetina ; SD – směrodatná odchylka.

## 4. 1 Výsledky k vědecké otázce č. 1

Vědecká otázka zněla: „Změní se svalová aktivita na horní končetině při představě účelového pohybu?“

Vědecká otázka byla řešena ve čtyřech hypotézách (H01 až H04). Cílem bylo zjistit, jaká je svalová aktivita na horní končetině při představách účelového pohybu a porovnat tuto aktivitu s klidovou hodnotou, s observací a se skutečným provedením interaktivního účelového pohybu, a srovnat aktivitu svalů mezi představou iniciální, představou po observaci a představou konečnou.

Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05 a pomocí Fisherova post-hoc testu byla spočítána pravděpodobnost (p) pro následné testování nulových hypotéz.

### 4. 1. 1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení:

Hypotézu H01 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a klidovou hodnotou:*

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. deltoideus anterior. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 2 a znázorněny v grafu 3a.

**Tabulka 2** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a klidové aktivity na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	P / K (PHK)	P /K (NHK)
FCR	0,67	0,83
ECR	0,06	0,49
BB	0,83	0,96
TB	0,96	0,93
DEL	0,02	0,89
TR	0,78	0,68

Legenda k tabulce 2: P – průměrná hodnota iniciální představy a představy po observaci; K – klidová poloha; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H02 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a observací:*

a) *u svalů paretické horní končetiny“:* zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis a m. deltoideus. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny“:* zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 3 a znázorněny v grafech 1 (a-b), 2a a 3a.

**Tabulka 3** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a observace na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	P / O (PHK)	P / O (NHK)
FCR	0,001	0,046
ECR	0,003	0,91
BB	0,76	0,88
TB	0,95	0,78
DEL	0,04	0,09
TR	0,69	0,82

Legenda k tabulce 3: P – průměrná hodnota iniciální představy a představy po observaci; O – observace účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H03 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi představami účelového pohybu a skutečným provedením účelového pohybu*“:

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. trapesius. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. trapesius. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 4 a v grafech 1 (a-b) a 2 (a-b).

**Tabulka 4** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a skutečném provedení interaktivního účelového pohybu na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	P / N (PHK)	P / N (NHK)
FCR	0,001	0,001
ECR	0,001	0,01
BB	0,001	0,001
TB	0,001	0,003
DEL	0,2	0,1
TR	0,001	0,001

Legenda k tabulce 4: P – průměrná hodnota iniciální představy a představy po observaci; N – skutečný interaktivní účelový pohyb; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H04 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi jednotlivými představami účelového pohybu*“:

a) u svalů paretické horní končetiny“: zamítáme pro m. deltoideus. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) u svalů neparetické horní končetiny“: Nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

.Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 5 a v grafu 3a.

**Tabulka 5** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání iniciální představy, představy po observaci a konečné představy na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	P1		P2		P3		P2		P3	
	(PHK)	(NHK)	(PHK)	(NHK)	(PHK)	(NHK)	(PHK)	(NHK)	(PHK)	(NHK)
FCR	0,85	0,95	0,73	0,86	0,6	0,91				
ECR	0,2	0,46	0,92	0,97	0,25	0,45				
BB	0,92	0,99	0,94	0,44	0,98	0,43				
TB	0,94	0,94	0,95	0,89	0,99	0,83				
DEL	0,02	0,09	0,03	0,07	0,86	0,92				
TR	0,36	0,81	0,64	0,82	0,4	0,65				

Legenda k tabulce 5: P1 – iniciální představa účelového pohybu; P2 – představa účelového pohybu po observaci; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapezius.

## 4.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2

Vědecká otázka zněla: „Změní se svalová aktivita na horní končetině při observaci účelového pohybu?“

Vědecká otázka byla řešena v pěti hypotézách (H05 až H09). Cílem bylo zjistit, jaká je svalová aktivita na horní končetině při observaci účelového pohybu a porovnat tuto aktivitu s klidovou hodnotou, s iniciální představou, s představou po observaci, se skutečným interaktivním účelovým pohybem a s konečnou představou.

#### 4. 2. 1 Vyjádření k hypotézám na základě statistického hodnocení:

Hypotézu H05 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi observací a klidovou hodnotou:*

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis a m. deltoideus. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: Nelze zamítnout pro žádný z testovaných svalů.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 6 a v grafech 1a, 2a a 3a.

**Tabulka 6** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a klidové polohy na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	O / K (PHK)	O / K (NHK)
FCR	0,001	0,08
ECR	0,001	0,42
BB	0,92	0,65
TB	0,99	0,72
DEL	0,04	0,06
TR	0,5	0,53

Legenda k tabulce 6: O – observace účelového pohybu; K – klidová poloha; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H06 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi observací a iniciální představou:*

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 7 a v grafu 1(a-b).

**Tabulka 7** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a iniciální představy na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	O / P1 (PHK)	O / P1 (NHK)
FCR	0,001	0,046
ECR	0,08	0,9
BB	0,76	0,62
TB	0,95	0,69
DEL	0,78	0,09
TR	0,69	0,82

Legenda k tabulce 7: O – observace účelového pohybu; P1 – iniciální představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H07 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi observací a představou po observaci:*

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis a m. deltoideus. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 8 a v grafech 1 (a-b), 2a a 3a.

**Tabulka 8** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a představy po observaci na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	O / P2 (PHK)	O / P2 (NHK)
FCR	0,001	0,04
ECR	0,003	0,39
BB	0,83	0,61
TB	0,89	0,72
DEL	0,04	0,99
TR	0,19	0,64



Legenda k tabulce 8: O – observace účelového pohybu; P2 – představa po observaci účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H08 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi observací a skutečným pohybem*“:

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. trapesius. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii a m. trapesius. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 9 a v grafích 1(a-b) a 2(a-b).

**Tabulka 9** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a skutečného interaktivního účelového pohybu na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	O / N (PHK)	O / N (NHK)
FCR	0,001	0,01
ECR	0,001	0,71
BB	0,001	0,001
TB	0,001	0,003
DEL	0,34	0,74
TR	0,001	0,001

Legenda k tabulce 9: O – observace účelového pohybu; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

Hypotézu H09 ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi observací a konečnou představou*“:

a) *u svalů paretické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

b) *u svalů neparetické horní končetiny*“: zamítáme pro m. flexor carpi radialis. Pro ostatní testované svaly nelze zamítnout.

Výsledky pro ověření hypotéz jsou uvedeny v tabulce 10 a v grafu 1(a-b).

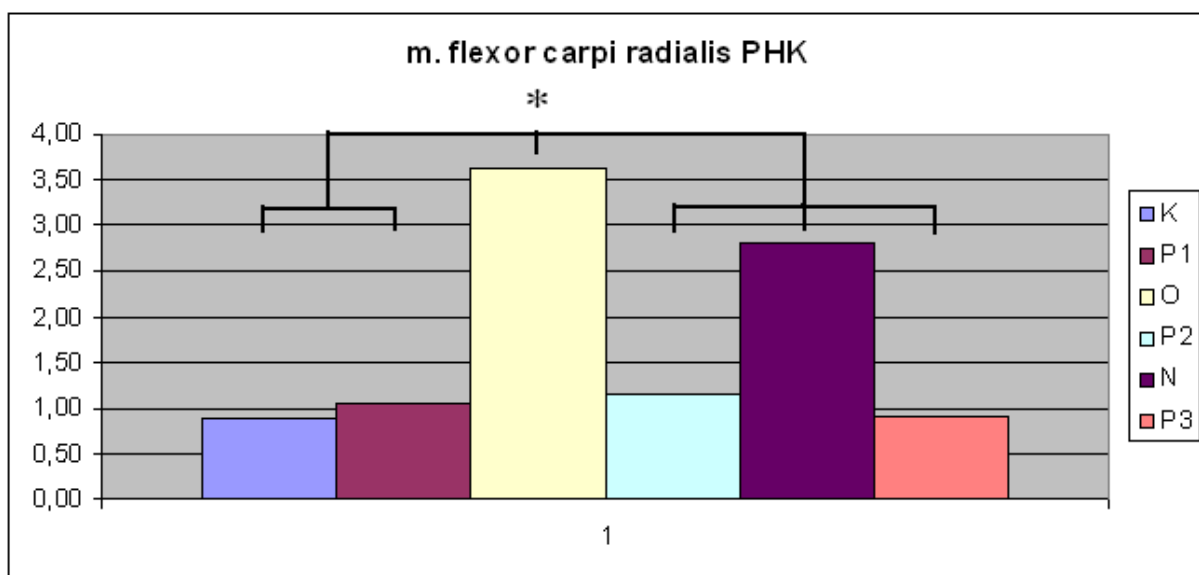
**Tabulka 10:** Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a konečné představy na paretické a neparetické horní končetině.

svaly	Hladina statistické významnosti - p	
	O / P3 (PHK)	O / P3 (NHK)
FCR	0,001	0,03
ECR	0,07	0,94
BB	0,81	0,78
TB	0,9	0,89
DEL	0,06	0,91
TR	0,63	0,99

Legenda k tabulce 10: O – observace účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; p-hod. – hladina statistické významnosti; FCR – m. flexor carpi radialis; ECR – m. extensor carpi radialis; BB – m. biceps brachii; TB – m. triceps brachii; DEL – m. deltoideus; TR – m. trapesius.

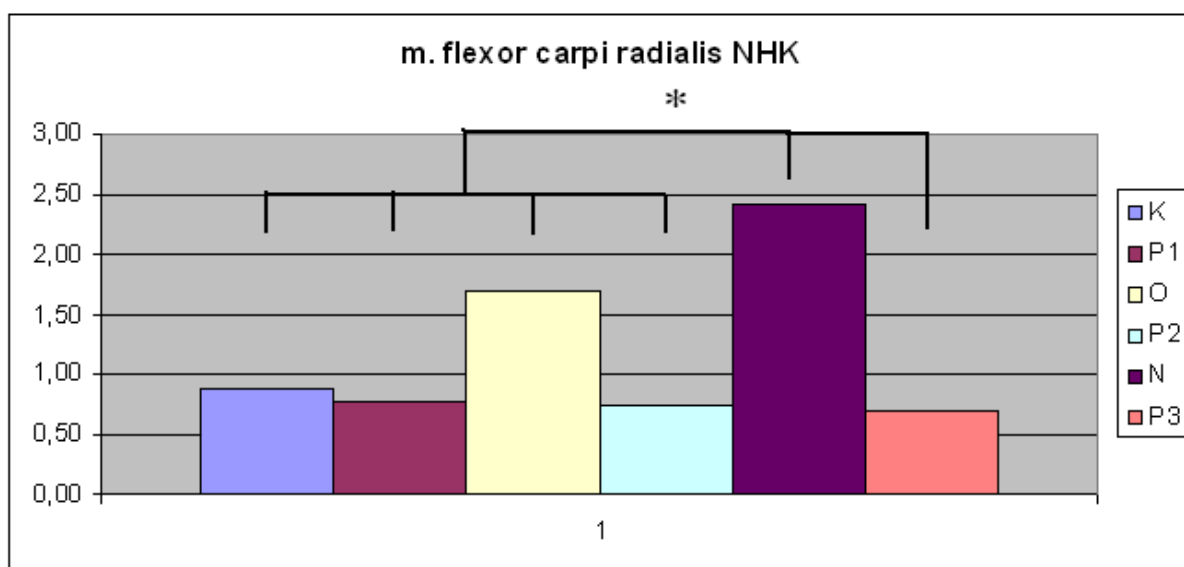
Na grafu 1(a-b) jsou graficky znázorněny průměry tří měření pro svalovou aktivitu m. flexor carpi radialis během testovaných aktivit.

**Graf 1a** Aktivita m. flexor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině .



Legenda ke grafu 1a: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; P2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

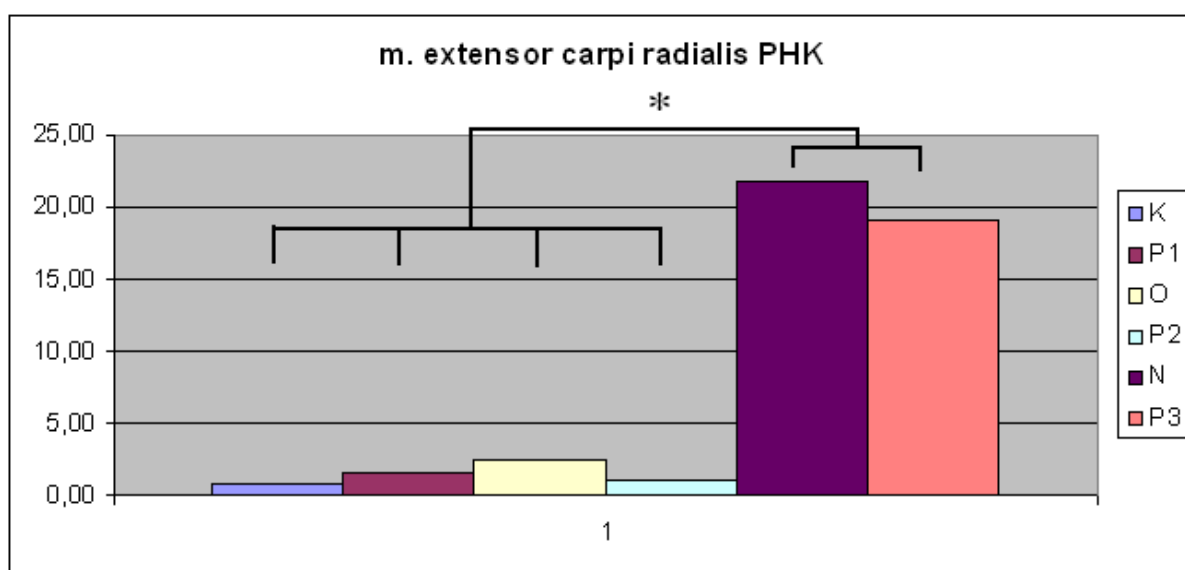
**Graf 1b** Aktivita m. flexor carpi radialis během testovaných situací na neparetické horní končetině.



Legenda ke grafu 1b: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; O2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

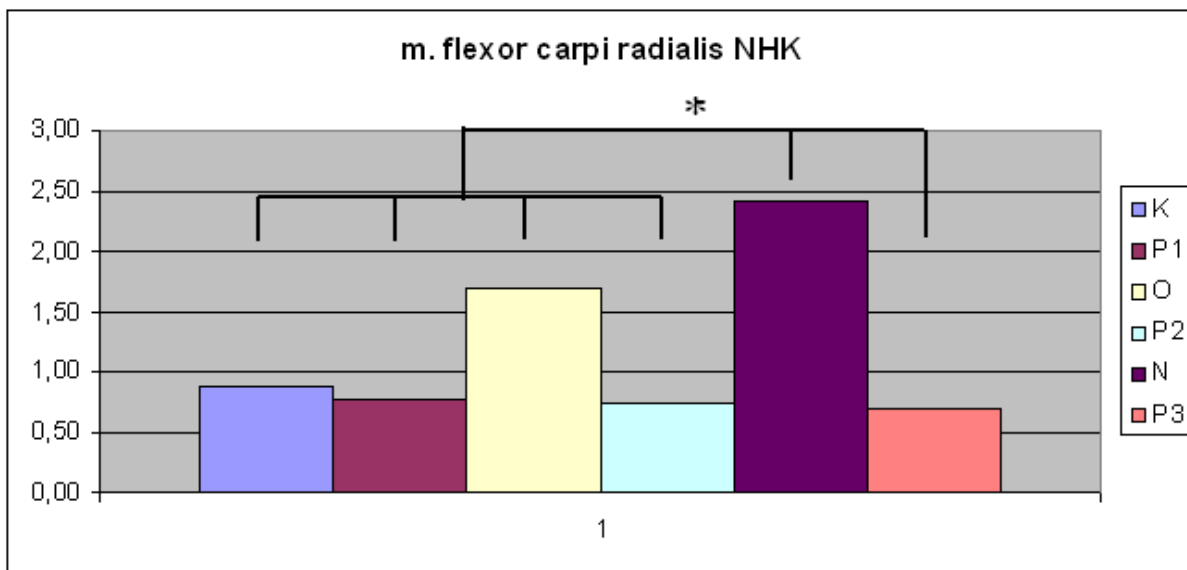
Na grafu 2(a-b) jsou graficky znázorněny průměry tří měření pro svalovou aktivitu m. extensor carpi radialis během testovaných aktivit.

**Graf 2a** Aktivita m. extensor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině .



Legenda ke grafu 2a: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; O2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

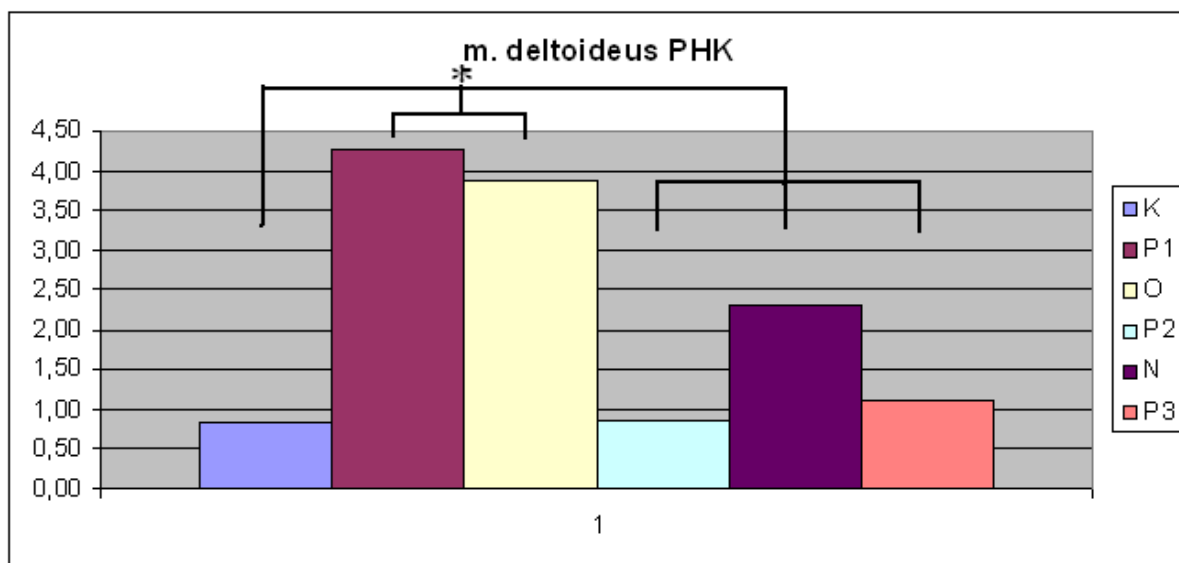
**Graf 2b** Aktivita m. extensor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině .



Legenda ke grafu 2b: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; O2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

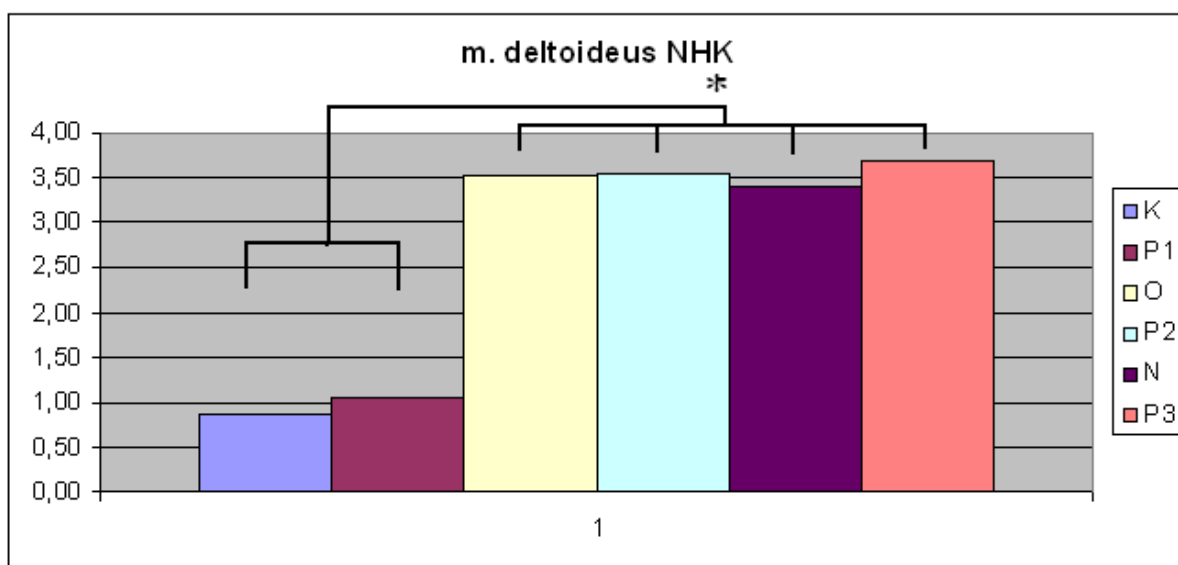
Na grafu 3(a-b) jsou graficky znázorněny průměry tří měření pro svalovou aktivitu m. deltoideus během testovaných aktivit.

**Graf 3a** Aktivita m. deltoideus během testovaných situací na paretické horní končetině .



Legenda ke grafu 3a: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; O2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

**Graf 3b** Aktivita m. deltoideus během testovaných situací na paretické horní končetině .



Legenda ke grafu 3b: K – klidová poloha; P1 – iniciální představa účelového pohybu; O – observace účelového pohybu; O2 – představa účelového pohybu po observaci; N – skutečné provedení interaktivního účelového pohybu; P3 – konečná představa účelového pohybu; PHK – paretická horní končetina; NHK – neparetická horní končetina; m. – musculus; \* - signifikantní rozdíl.

## **5. DISKUZE**

Cévní mozková příhoda je postižení, které má za následek široké pole funkčních disabilit a díky stárnoucí populaci je pravděpodobné, že se s ní budeme setkávat stále častěji. Lze být považována za příčinu, kvůli které dochází k poškození schopnosti mozku zpracovávat nervové vzruchy a informace s různým stupněm a heterogenitou důsledků. Po CMP nedochází jenom k postižení motorického systému, ale také kognitivního a emočního. Ačkoliv s sebou přináší spoustu obtíží nejrůznějšího charakteru, tato práce je zaměřena zejména na soustavu pohybovou a její řízení.

Úprava na úrovni funkce je přisuzována procesu reorganizace v poškozeném mozku. Samovolná úprava je možná, pokud je funkční poškození relativně malé, nebo jen částečné. Pokud je ale systém poškozen ve velkém měřítku, náprava je možná pouze za pomoci procesu substituce, při kterém zdravé oblasti přebírají funkci oblastí zničených. Efektivita a rychlost úpravy záleží více méně na dostupné senzomotorice poskytované pohybovou aktivitou. V tomto smyslu lze rozlišit pět hlavních zdrojů informací: propioceptivní, taktilní, vestibulární, vizuální a sluchové (Vries a Mulder, 2007). Tato práce se zabývá otázkou, zda lze tento informační tok rozšířit o představu a observaci účelově zaměřeného pohybu a zakomponovat tyto dvě techniky do rehabilitace ruky u pacientů po cévní mozkové příhodě.

### **5. 1 Účelově zaměřené pohyby**

#### **5. 1. 1 Přínos terapie využívající účelově zaměřené pohyby**

Mnoho výzkumů naznačuje, že nejlepším způsobem, jak se naučit pohybové dovednosti, je nacvičovat danou činnost opakovaně. K tomu je navíc zapotřebí pozitivní přístup pacienta. Musí tedy sám chtít a vybrat si aktivitu, která je pro něj důležitá.

Pro zahájení plastických změn v mozku a pro jejich následné udržení je nutné opakování, pro nastartování procesu motorického učení je důležité využívat účelově

zaměřené pohyby. Přitom intenzita cvičení sama o sobě nemá výrazný vliv na efektivitu (Page, 2003, Bayona, 2005).

Na výsledky terapie zaměřené na využití účelových pohybů se zaměřil Jang et al. (2003). Probandy byli pacienti v chronickém stadiu po cévní mozkové příhodě, u nichž byla pomocí klinických testů rozpoznána spasticita svalů předloktí ne větší než 2 podle Modifikované Ashworthovy škály. Účelové pohyby tvořil set pěti aktivit – mačkání vypínačů v horizontále, mačkání vypínačů ve vertikále, dosah-úchop-transfer-puštění plastových lahví o různém průměru, výšce a váze, přenos železných koulí o různém průměru, hod míčem na terč umístěný na zdi. Terapie probíhala po dobu čtyř týdnů. Změny v kůře mozku byly zaznamenávány na funkční magnetické rezonanci. Výsledky ukázaly, že se rozrostla korová reprezentace pro ruku postiženější strany, a to do oblastí, ve kterých dříve převládalo řízení pro loket a rameno. Také se zvýšila aktivita kůry na straně kontralaterální k postižené končetině a snížila se na straně ipsilaterální. Změny se odehrály zejména v primární sensorické oblasti a v sekundárních motorických oblastech, jako jsou premotorická a suplementární. Změny v kortikálním uspořádání byly spojeny s funkčním zlepšením postiženější paže.

### **5. 1. 2 Kritický pohled na terapie využívající účelově zaměřené pohyby**

Konvenční rehabilitační strategie u pacientů po cévní mozkové příhodě se typicky zaměřují buď na kompenzaci pomocí nepostižené končetiny, nebo více či méně funkčně orientované pohyby postiženou končetinou. Nejnovějším trendem podpořeným mnoha studii je použití repetitivního, účelově zaměřeného pohybu, který by měl za následek změny zastoupení v motorické kůře i několik let po prodělaném CMP.

Příkladem je constraint-induced terapie (CIT), která klade důraz na postiženou končetinu pomocí ortézy, která zabrání pacientovi v používání méně postižené končetiny během 90-ti% času, kdy je aktivní po dobu 2 týdnů. Dále po pacientech vyžaduje, aby se zúčastnili 6-ti hodinového sezení, kde jsou nuceni používat pouze postiženou končetinu po dobu 10-ti pracovních dní v této dvoutýdenní časové periodě. Ačkoliv se v západním světě jedná o více méně tradiční způsob terapie pro pacienty po CMP, validita výsledků CIT je spekulativní. Své místo v obvyklém rehabilitačním



programu si získala zejména díky studii na velkém vzorku pacientů (222) po cévní mozkové příhodě v subakutním stádiu s mírným nebo středně závažným postižením horní končetiny. Nebyl však podán spolehlivý důkaz o pozitivním účinku u akutních stavů. Intenzivní zátěž během terapie může být příliš náročná a únavná pro některé typy pacientů, kteří se jí brání a nejsou schopni se takovému typu cvičení přizpůsobit (Johansson, 2010).

Pro pacienty se závažnějším poškozením horní končetiny byl navržen Bilateral Arm Training (BAT). Při jeho kritickém srovnání s CIT a s intenzivní terapií méně specifickou a méně zaměřenou na zlepšení funkčnosti končetiny vyšlo najevo, že výsledky BAT a CIT jsou shodně pozitivnější, než u nespecifické terapie (Johansson, 2010).

Z terapie pomocí virtuální reality benefitovali pacienti se středně těžkým nebo závažným neglect syndromem (Johansson, 2010). Jejimi hlavními pozitivy je v dnešní době už relativně snadná dostupnost a široká škála doplňků, jako jsou robotické rukavice simulující taktilní stimulační, brýle nahrazující trojdimenzionální prostředí, sluchátka pro akustické vjemy a dokonce ovládání umožňující interakci s předměty na obrazovce pouze za pomoci představy pohybu. Pod odborným vedením terapeuta je tedy možné provádět trénink za pomoci virtuální reality i v domácím prostředí. Podmínkou pro správný efekt terapie je pozitivní přístup pacienta a také jeho schopnost porozumět virtuálnímu prostředí a naučit se ho ovládat.

V našem prostředí patří k nejběžnější terapii u pacientů po cévní mozkové příhodě v každém stadiu Bobath koncept. Tradičně je definovaný používáním účelově zaměřených pohybů pomocí specifického manuálního guidingu. Nedávná publikace Raine (in Kollen et al., 2009) ale popsala účel terapie jako optimalizaci posturálních a pohybových strategií za účelem zlepšení efektivity pohybu tak, aby pacient mohl maximálně vyčerpat svůj potenciál. Nejde tedy o dosažení normálního pohybu. Protože se náplň Bobath konceptu za dobu své existence změnila a stále mění a konkrétní specifika terapie, která byla u pacientů použita nebývají ve studiích přesněji popsána, je těžké odhadnout, jakou náplň v rámci publikovaných studií v současné době terapie má. Neexistuje ani shoda o tom, zda používat nebo nepoužívat kompenzační strategie za účelem dosažení funkce (Kollen et al., 2009, Graham et al., 2009).

## 5. 2 Argumentace pozitivního vlivu pohybu v představě

Hlavním důvodem, kvůli kterému se předpokládá pozitivní účinek motorické představy na rehabilitaci u pacientů po cévní mozkové příhodě, je aktivace stejných okrsků mozku během představy i během skutečně provedeného pohybu. Mapování těchto oblastí za pomoci různých neuro-radiologických přístrojů ukázalo, že společnými jmenovateli jsou prefrontální kortex, premotorický kortex, suplementární motorická oblast, cingulum, parietální kůra a cerebellum. Nejasné je zapojení primární motorické oblasti; v této věci se studie používající funkční magnetickou resonanci svými nálezy rozcházejí (Vries a Mulder, 2007).

Motorická představivost je pro terapeutické účely nenáročná, nenákladná a lehce začlenitelná do rehabilitačního programu. Největší přínos se však předpokládá při její kombinaci s pohybovou terapií využívající motorické provedení daného pohybu. Během skutečného pohybu i během představy jsou aktivovány stejné oblasti centrální nervové soustavy a jim odpovídající neuronální cesty. Tato schopnost je obzvláště výhodná tam, kde není možné, nebo není bezpečné, provést daný pohyb.

Většina studií zkoumajících vliv motorické představy na funkční stav pacientů po prodělané cévní mozkové příhodě byla zaměřena na chronické stadium, a využila tuto techniku jako doprovodnou rehabilitační strategii při současné pohybové terapii, zejména se zaměřením na účelové pohyby. Při porovnání se skupinou probandů, kteří obdrželi pouze terapii účelových pohybů vykazovala skupina se začleněnou představou o něco větší zlepšení, resp. zmírnění stávajícího deficitu na postiženější horní končetině. Nevýhodou těchto výzkumů ovšem bývá malá skupina probandů a používání klinických testů jako Fugl-Meyerova škála nebo ARAT pro zhodnocení dosažených výsledků (Page, 2000).

Předpokládá se, že při kombinaci s pohybovou terapií je možné nejen zmírnit deficit na horní končetině, ale také zlepšit kinematiku dosahových schopností. Při nácviku však šlo o pohyby velmi analytické, ne příliš účelově zaměřené. Proto je možné, že ačkoliv nedošlo ke zlepšení kinematickým parametrům při samotném pohybu paže ve všech rovinách prostoru, došlo k samotnému zlepšení úchopu při úkolu, kde probandi měli dosáhnout a uchopit válcový objekt, a také při přelévání tekutiny z jedné sklenice do druhé (Hewett et al., 2007).

Pro zhodnocení jemné motoriky v následující studii byl použit klinický test ARAT, jehož výsledky ukázaly signifikantně významné zlepšení u pacientů, kteří obdrželi pohybovou terapii doplněnou o terapii v představě (Page et al., 2005).

Existuje také několik důkazů o významu použití nácviku pohybu v představě u pacientů v subakutním stadiu po cévní mozkové příhodě. Pro terapii byl použit stejný rehabilitační set jako u studií pacientů v chronickém stavu, tedy kombinace pohybové terapie a motorické představy. I tato skupina probandů vykazovala signifikantně významné funkční zlepšení na horní končetině, jak bylo zhodnoceno pomocí klinického Fugl-Meyrova testu, a to v porovnání se skupinou pacientů, kteří obdrželi pouze konvenční pohybovou terapii (Page, 2001).

Výše uvedené výzkumy tedy jasně naznačují, že motorická představa je nejeфекtivnější, pokud je v kombinaci s následnou pohybovou terapií představovaného pohybu. To může být dáno předpokladem, že skutečně provedený pohyb vytvoří jakési motorické schéma nebo plán, který je následně v představě ještě umocněn a upevněn. Terapie musí být ovšem přísně zaměřená na účelové pohyby, a nejlépe na ty, na které klade obzvláštní důraz sám pacient.

Ačkoliv se předpokládá, že motorická představivost by mohla přispět ke zlepšení provedení široké škály pohybů a také k formování motorické paměti, schopnost představit si daný pohyb je silně závislá na každém konkrétním jedinci a na jeho kapacitě vybavit si dostatečně daný obraz pohybu ve své představě. Tato schopnost není univerzální. Všichni lidé mohou ve své představě zformovat daný pohyb, ale liší se v úrovni svých představ (Guillot a Collet, 2008, Guillot a Collet, 2010).

### **5. 2. 1 Argumentace pomocí povrchové elektromyografie**

Zůstává otázkou, do jaké míry je možné pozorovat svalovou aktivitu vyprodukovanou periferním nervovým systémem pomocí pouhé představy pohybu na povrchovém elektromyografu. Bylo provedeno množství studií zabývajících se svalovou aktivací a možností jejího zaznamenání na elektromyografu, ale jejich výsledky se silně rozcházejí a prozatím nelze zcela jednoznačně určit důvod. Abychom se alespoň přiblížili možnému vysvětlení tohoto jevu, byly navrženy dvě - nejvíce pravděpodobné - hypotézy. Ty předpokládají, že motorická představa je buď izolovanou „vzpomínkou“, která zůstává pouze v rámci centrální nervové soustavy, a

nebo proces zahrnující jak alfa-motoneurony, tak i gama-motoneurony (Gandevia, 1999). Jiná teorie popisuje možnost, že představa vyvolává elektrické výboje v zacílených nervech i svalech. Představitivost by tak zrcadlově odrážela aktivitu, jaká je přítomná u skutečného pohybu.

Většina studií, které se zabývaly měřením svalové aktivity během kinestetické a vizuální představy, byla provedena na jednom vybraném svalu ruky nebo nohy, přičemž aktivita byla měřena pouze při představě jednoduchého analytického pohybu. Studie byly ve většině případů provedeny za účelem zjistit, zda motorická představa má nebo nemá pozitivní vliv na kvalitu nebo kvantitu následného skutečně provedeného pohybu. Svými výsledky – pozitivním efektem – se shodovali autoři zkoumající zvyšování svalové síly při izolovaném trénování abduktoru prstu a flexoru lokte (Yue a Cole, 1992), palmární flexi a dorzální flexi (Naito et al., 2002), měření m. flexor digitorum superficialis (Lotze et al., 1999), flexi předloktí (Yahagi et al., 1996) a pohybech horní končetiny (Lim et al., 2006, Personnier et al., 2007). Podobné výsledky byly společné i pro analytické pohyby na svalech měřených na dolní končetině (Mulder, 2007).

Od těchto se zásadně liší studie provedené u vrcholových sportovců, kteří měli za úkol si představit pohyb, který běžně při sportování vykonávají. Výzkum byl proveden u sjezdařů, plavců, vodních lyžařů, karatistů, basketbalistů a veslařů, a také při mačkání gumového míčku (Guillot a Collen, 2010). Společným jmenovatelem všech výše uvedených pohybů a představ je, že se nejedná o pohyby analytické, ale komplexní a všichni participanti s nimi byli velmi dobře obeznámeni. Právě u těchto experimentů byla zaznamenána svalová aktivita porovnatelná se svalovou aktivitou, která je přítomná i při provedení skutečného pohybu. Magnituda této aktivity je ovšem ve shodě s všeobecným názorem, že představovaný pohyb je kvalitativně podobný, avšak kvantitativně slabší. Boshker (2001) přispěl výzkumem, kde svalová aktivita byla méně výrazná u pasivního svalu. Navíc provedl studii o významu váhy předmětu při pohybu v představě, přičemž použil lehkou a těžkou činku, kterou měli participanti za úkol zvedat v představě. Výsledky ukazují, že svalová aktivita byla o něco vyšší při zvedání těžší činky. Výzkum ještě později rozvedl Guillot et al. (2007), který zaznamenával všechny agonistické, antagonistické i synergistické svaly při daném pohybu a porovnával je nejen v závislosti na váze předmětu, ale i na typu kontrakce. Zjistil, že podprahová svalová odpověď během koncentrické, excentrické a

izometrické kontrakce v představě zrcadlově odrážela elektromyografickou aktivitu, jak byla zaznamenána během skutečného pohybu.

Další hypotéza zabývající se intenzitou svalového záznamu na EMG zkoumá vliv schopnosti představit si přesně daný pohyb. Boshker (2001) a Mulder (2007) předpoklad svým výzkumem nepodpořili, protože nezachytili žádný výrazný trend při srovnání výsledků na elektromyografu a výsledků z dotazníků o motorické představivosti, jak je vyplňovali pacienti podle subjektivních dojmů. Podobný výsledek zaznamenal i Dickstein et al. (2005) a Guillot et al. (2007) teorii podpořil výsledkem, kde participanti vykazující větší svalovou aktivitu na EMG záznamu nemuseli nutně dosahovat dobrých výsledků v dotaznících o představivosti.

Všechny výše zmíněné studie se zabývaly zdravými jedinci, kteří ani v historii neutrpěli výraznější zranění, která by mohla výsledky signifikantně ovlivnit. Záznam svalové aktivity na sEMG se značně rozcházejí u zdravých jedinců, mnohem výraznější rozdíly však byly nalezeny u pacientů s lézí centrálního nervového systému. Zde se výzkum orientuje především na pacienty po cévní mozkové příhodě, zejména v chronickém stadiu nemoci. Proč se názory a výzkumy svými výsledky tolik liší opět není zcela jasné. Může se jednat jak o problémy při realizaci samotného měření a nestandardizovanými podmínkami při provádění experimentu, tak i o spolehlivost získaných dat a jejich interpretaci.

Evidence, že data byla znehodnocena vlivem rozdílů při realizaci výzkumu a také rozdíly v metodologice, je velmi přesvědčivá. Je možné získat validní záznam použitím povrchového elektromyografu, pokud je brán dostatečný zřete na dodržení všech potřebných podmínek, měl by být preferován záznam z jehlové elektromyografie, obzvláště jsou-li měřeny malé nebo hluboko uložené svaly. Většina studií se odkazuje právě na použití povrchově umístěných elektrod. Jeannerod (1994, 2006) argumentoval, že aktivita hlubokých a tonických vláken nemusí být systematicky zaznamenána pomocí obvyklého povrchového EMG. Pomalý metabolismus těchto vláken může také vysvětlovat, proč nukleární magnetická resonance není schopná zaznamenat žádné zjevné svalové změny během představy pohybu. Navíc může být signál z povrchového elektromyografu poznamenán specifickými metodologickými parametry, jako je například geometrie elektrod, vzdálenost mezi aktivními svaly a elektrodou, nebo lokací svalu.

Velkou roli hrají také instrukce, které jsou participantům zadány samotným výzkumníkem. Uvažuje se o vlivu rozdílu mezi kinestetickou a vizuální představou na podprahový EMG záznam svalové aktivity.

Navzdory výše uvedeným argumentům je motorická představa stále definována jako schopnost představit si daný pohyb, aniž by došlo k jeho skutečnému provedení. Uvažuje se tedy o mechanismu, který by inhiboval přenos elektrického potenciálu vzniklého v centrální nervové soustavě na periferní nervstvo jednotlivých sledovaných svalů. To znamená, že příkazy z mozku jsou na nějaké motorické úrovni aktivně blokovány. Na základě této úvahy vznikla teorie o neúplné blokaci příkazů z CNS a s tím spojenými projevy na periférii v podobě elektrických výbojů zaznamenaných i na povrchové elektromyografii. Schwoebel et al. (2002) ukázal na pacientech s lézí mozku neschopnost inhibovat motorické důsledky spojené s motorickou představou. Pacienti díky tomu „provedli skutečný pohyb“ díky desinhibici motorického výjevu, který měl zůstat pouze na úrovni centrální nervové soustavy. Zatím však nebyly popsány signály spojené s inhibicí představy. Je možné, že inhibiční mechanismy jsou aktivní už když je informace o pohybu budována s ní spojenými korovými oblastmi, tedy předtím, než je dále nabídnuta primární motorické kůře. Jak uvádí Jeannerod (2006), tato inhibice může pocházet z prefrontálního kortexu, který je spojen s behaviorálními mechanismy. Na toto téma existuje mnoho výzkumů; výsledky autorů se však široce rozcházejí s výše uvedeným.

Alternativní vysvětlení dané situace nabízí Burle et al. (2002). Interpretuje podlimitní EMG aktivitu jako dílčí chyby, které jsou zaznamenány a přerušeny centrálním nervovým systémem, než je dosaženo úplného provedení pohybu. Ačkoliv se tato práce nezabývala vyložene motorickou představivostí, vysvětlovala by situaci, ve které je skutečné provedení předčasně přerušeno a ideomotorika není zcela převedena na skutečnou motoriku.

Je otázkou, jaký vliv na motorickou představivost má zachování aferentní stimulace jako činitele, který se podílí velkou vahou na biofeedbacku potřebném pro správné vybavení si motorické akce v paměti. U pacientů s lézí mozku lze takovéto postižení často očekávat.

Všechny výzkumy založené na využití v rehabilitaci informují o pozitivním důsledku, a to zejména při kombinaci s interaktivními účelovými pohyby. Výzkumy zaměřené na samotnou svalovou aktivitu se široce rozcházejí. Je možné, že samotné

provedení pohybu je jakýmsi dosud neznámým mechanismem blokováno již na úrovni formování motorického plánu. Studie používající funkční magnetickou rezonanci zase pochybují o aktivaci primární motorické oblasti, u které se předpokládá, že je zodpovědná za provedení skutečného finálního cíleného pohybu. Její inaktivita by vysvětlovala, proč se elektrické výboje v mozku neodrážejí na alfa-motoneuronech periferní nervové soustavy, a proč tedy není možné detekovat svalovou aktivitu.

### **5.3 Argumentace pozitivního vlivu observace účelového pohybu**

Observace pohybu může být definována jako percepce činností prováděných druhými. Stejně jako pro motorickou představu i pro observaci účelového pohybu platí podobná aktivace oblastí centrální nervové soustavy jako u skutečně provedeného pohybu. Jsou to zejména premotorické oblasti kortexu. Hlavní roli ale hraje systém zrcadlového neuronu. Původně byl objeven u opic, ale nedávné neurologické nálezy podávají důkaz o jeho existenci i u lidí. Jeho výskyt se předpokládá se zejména od doby, co došlo ke zjištění, že observace pohybu vedla k facilitaci pohybu (Vries a Mulder, 2007). Narozdíl od představy pohybu však jde o pole relativně mladé a neprobádané, neexistuje tedy dostatek přesvědčivých důkazů o jeho přesné roli v rehabilitaci, při procesu motorického učení a o jeho vlivu na svalovou aktivitu zaznamatelnou na povrchovém elektromyografu.

Guillot a Collen (2010) zkoumali aktivitu oblastí mozku během skutečného provedení pohybu, jeho představy, observace a verbalizace dané aktivity. Oblasti, které byly zapojené v průběhu všech těchto situací, tvořili premotorický kortex, gyrus temporalis, okcipitální oblast a parietální oblast. Ve shodě se studii provedenými na motorickou představu ani tady nebyl podán spolehlivý důkaz o konzistentní aktivitě primární motorické oblasti. Tento výsledek je v rozporu s výzkumem Maedy et al. (2002). Přínosem je ale zjištění, že okrsky mozku aktivní při plánování a provádění skutečného pohybu jsou aktivní jak při observaci za účelem imitace, tak i při pasivní observaci, kdy proband pouze sleduje video, aniž by byl instruován k dalším dílčím mentálním činnostem. Totéž potvrzuje i studie provedená Brassem et al. (2001). Nevýhodou těchto výzkumů je ovšem používání analytických pohybů akra horní končetiny, jako je zvedání jednoho prstu, a to jak při pasivní observaci, tak při observaci za účelem imitace. Důležitým kritériem ovšem bylo, zda se jednalo o video

ukazující pohyb kongruentní, kdy se prst pohyboval stejným směrem, kterým směřoval probandův skutečný pohyb, nebo nekongruentní, kdy se prst pohyboval v opačném směru. Ukázalo se, že provedení skutečného pohybu se zlepšilo, když bylo video v kongruentním formátu, kdežto pohyby byly narušeny, když probandi sledovali video v nekongruentním formátu. Fakt, že subjekty pouze pasivně sledovaly video bez záměru pohyb imitovat, a že nekongruentní observace poškodila jejich pohyb, napovídá, že imitace je založena na automatickém používání našeho pohybového systému. To znamená, že pokud pozorujeme lidské pohyby, využíváme při tom naši vlastní korovou reprezentaci dané motorické činnosti. Tyto výsledky potvrzují tzv. echo efekt, který můžeme vidět, když dva lidé zrcadlově odrážejí svoje činnosti. Například když si jeden člověk „dá nohu přes nohu“, můžeme to samé pozorovat i u druhého, aniž by to byl jeho záměr, nebo si to jen uvědomoval. Může to mít důsledky i v praktickém životě. Tím, že rozpoznáme činnost, kterou dělá náš protějšek, můžeme podvědomě odhadnout její cíl a včas tak zareagovat. Dalším příkladem mohou být děti, které se pomocí observace učí od svých rodičů. Sledující jejich pohyby, dokážou je téměř dokonale imitovat a interpretovat. Existuje tedy předpoklad, že observace účelových pohybů může vést k motorickému učení (Vries a Mulder, 2007).

Existuje domněnka, že za pomoci mentálních procesů lze zlepšit motorickou dovednost. Se stejným problémem, jaký je u představy pohybu, se setkáváme i u observace. Neexistuje dostatek studií, které by zkoumaly její přímý efekt na motoriku při komplexních účelových pohybech.

Celnik et al. (2006) založili svou studii na předpokladu, že u starších lidí bývá problém vyvolat pohybovou paměť pouze za pomoci motorického tréninku. Hypotézou bylo, že observace pohybu tuto pohybovou paměť vyvolá, což samo o sobě bude mít za následek proces motorického učení. Zdravé starší subjekty byly rozděleny do tří skupin, kde jedna obdržela pouze pohybovou terapii, druhá pouze terapii observací a třetí kombinaci těchto dvou. Pohybová terapie a observace spolu současně měly za následek formování pohybové paměti v primárním motorickém kortexu a také modulaci svalové excitability v agonistovi a antagonistovi s ohledem na nacvičovanou dovednost. Terapie samy o sobě takový výsledek neměly.

O několik let později provedl Celnik et al. (2008) studii na pacientech po cévní mozkové příhodě v chronickém stadiu. Účelem bylo zjistit, jaký vliv má u neurologických probandů vliv observace na motorickou dovednost a na formování



motorické paměti. Proces byl zaznamenán a vyhodnocen za použití transkraniální magnetické stimulace a povrchového elektromyografu, jehož elektrody byly umístěny na krátkém extenzoru a flexoru palce. Dále subjekty podstoupily tři různé terapie – pohybovou terapii, pohybovou terapii v kombinaci s observací kongruentních pohybů a pohybovou terapii v kombinaci s observací nekongruentních pohybů. Ve shodě s výzkumem uvedeným výše i zde došlo k pozitivním výsledkům observace při sledování kongruentních pohybů a naopak zhoršení pohybových dovedností při sledování nekongruentního videa.

Ertelt et al. (2007) využili pro rehabilitaci pomocí observace účelové pohyby každodenního života (Activities of daily living – ADL). Probandy tvořili pacienti po CMP v chronickém stadiu se středně těžce postiženou horní končetinou v důsledku infarkce arteria cerebri media. Kombinace observace s intenzivním tréninkem využívajícím repetitivní pohyby se ukázala jako výrazně prospěšnější v porovnání se skupinou pacientů, kteří obdrželi pouze klasickou terapii.

Odlišný přístup při terapii použili Eng et al. (2007), když zkombinovali observaci s virtuálním prostředím. Pacienti byli posazeni před monitor s pažemi před sebou položenými na stole. Odraz na monitoru ukazoval dvě horní končetiny orientované stejným směrem, jako pacientovy vlastní. Pohyby pacientových paží se odrážely na obrazovce v reálném čase. Terapie byla zaměřená na účelové pohyby, jako chytání míčků, které se na obrazovce objevovaly a jejich uchopování. Výsledky naznačují, že právě takováto kombinace byla pro pacienty po cévní mozkové příhodě nesmírně přínosná.

## **5. 4 Aktivita svalů paretické a neparetické horní končetiny během představy pohybu a observace**

### **M. flexor carpi radialis**

Aktivita flexoru předloktí byla nejvyšší zejména při observaci pohybu na paretické horní končetině, kde dosahovala signifikantní významnosti, a to dokonce větší, než při provedení skutečného pohybu. Není nám známa literatura, která by se podobným fenoménem zabývala. Lze pouze předpokládat, že observace facilituje oblasti mozku, které jsou aktivní i během skutečného pohybu. Elektrické výboje jsou pak přenášeny na periferní nervy a svaly jimi inervované. Flexory předloktí jako

distální svaly horní končetiny podléhají úpravě po cévní mozkové později, než svaly distálnější. Známa je také narušená architektura svalu a motorických jednotek u pacientů po cévní mozkové příhodě. Facilitace z centra pohybu a neefektivní nábor motorických jednotek tak mohou vysvětlovat vysokou aktivitu svalu. Daný názor by mohl být podpořen vysokou aktivitou svalu během observace i na neparetické horní končetině; zde však nepřesáhla svou magnitudou skutečně provedené pohyb. Můžeme tedy uvažovat o větší efektivnosti zapojení motorických jednotek oproti svalů paretickému.

Představa pohybu neměla na flexor zápěstí výraznější vliv.

### **M. extensor carpi radialis**

Extensor předloktí je antagonistickým svalem k flexoru předloktí. Jeho aktivita byla na paretické horní končetině signifikantně největší při představě pohybu, a to zejména při konečné představě. Je možné, že zde došlo k facilitaci svalu po předchozím skutečně provedeném pohybu. Podobný trend ale u konečné představy na neparetické horní končetině nepozorujeme, proto lze také vzít v úvahu teorii Hammonda et al. (1988), podle které dochází na hemiparetické končetině k narušenému vztahu ago-antagonistickému. Při ko-kontrakci těchto dvou svalů tedy vázne inhibice jednoho na úkor aktivace druhého.

V rámci neparetické horní končetiny došlo k větší aktivitě extenzoru během observace v porovnání s jednotlivými představami.

### **M. biceps brachii**

Před samotnou realizací měření bylo u všech probandů provedeno klinické zhodnocení spasticity podle Modifikované Ashworthovy škály. Hypertonus byl nejvýraznější právě na m. biceps brachii, kdy u čtyř pacientů dosahoval až stupně 2, v celkovém průměru dosahovala spasticita hodnoty 1+. Není doposud zcela jasné, jak se paretický odrazí na sEMG záznamu a autoři se v názorech často rozcházejí. Mathieu (1995) se domnívá, že signál bude menší v porovnání se zdravým svalem, Cooper et al. (2005) zase svým měřením dosahovali při dynamické činnosti svalu větších amplitud v porovnání se zdravými subjekty.

Při našem měření byla aktivita signifikantně nejvýznamější při provedení skutečného pohybu, a to jak na paretické, tak i na neparetické končetině. Výsledky se

tedy shodují s těmi u Mathieua (1995). Hodnoty jednotlivých představ pohybu přitom nepřesáhly ty, které byly naměřeny při klidové poloze. Doposud nebyl v literatuře popsán tento inhibiční efekt na spastický sval.

### **M. triceps brachii**

Aktivita antagonisty m. biceps brachii byla velmi podobná. I zde byl nalezen signifikantně významný rozdíl pouze u skutečně provedeného pohybu na paretické i neparetické horní končetině. Hodnoty amplitud při představě pohybu i při jeho observaci byly o něco vyšší než u m. biceps brachii, nedosahovaly však žádné signifikantní významnosti a stejně jako u m. biceps brachii amplituda představ pohybu nepřesáhla amplitudu naměřenou při klidové poloze na paretické horní končetině.

Amplituda observace pohybu přesahovala amplitudy všech tří jednotlivých představ na neparetické horní končetině.

### **M. deltoideus**

Sval funguje v rámci pletence ramenního jako stabilizátor ramenního kloubu, má tedy nesmírný význam právě u hemiparetických pacientů, u kterých hrozí vlivem svalového oslabení subluxace až luxace glenohumerálního skloubení.

Lze tedy považovat za pozitivní výsledek jeho aktivitu, která byla nejkonzistentnější ze všech snímaných svalů.

Na paretické horní končetině byla jeho aktivita největší při iniciální představě pohybu a při observaci. Podobně jako u flexoru předloktí došlo i zde k převaze nad skutečně provedeným pohybem, a to jak na paretické, tak i na neparetické horní končetině. Lze tedy vyloučit vliv neefektivnosti zapojení motorických jednotek nebo jejich přehnaného výboje vlivem jejich narušené architektiky a denervace svalu po centrální lézi.

### **M. trapesius**

Sval bývá často přetížen vlivem svalových dysbalancí, které mohou být ještě zvýrazněny u pacientů po cévní mozkové příhodě.

Nejvýraznější aktivita byla zaznamenána během skutečně provedeného pohybu na paretické i neparetické končetině. U představy a observace pohybu byla amplituda

výrazně nižší, a to zejména na neparetické končetině, kde míra aktivace zapojení během představy a observace téměř nepřesáhla hodnoty naměřené v klidové poloze.

Na paretické horní končetině se aktivita zvýšila při observaci v porovnání s představou pohybu. Potvrzovalo by to domněnku, že observace je svými svalovými parametry velmi podobná skutečně provedenému pohybu, kdežto představa pohybu se na povrchové elektromyografii téměř nezobrazí.

M. trapezius je sval, který při terapii raději relaxujeme; observace u něj tedy není zcela vhodná kvůli svým facilitačním tendencím.

Teorie o nedokonalé inhibici skutečného pohybu při pouhé jeho představě může vysvětlovat výsledky naší práce, kde nebyl zaznamenán globální trend pro všechny snímané svaly. Zůstává otázkou, zda právě svaly s nejvyššími hodnotami amplitud byly nejvíce nervově narušeny, a proto se u nich objevily výrazné výboje motorických jednotek. Je také otázkou, jak by taková aktivace zaznamatelná na povrchové elektromyografii mohla přispět k dlouhodobým důsledkům terapie v porovnání se svaly, na kterých aktivita zaznamenána nebyla. Zda se jedná o výsledek s pozitivním, nebo spíše negativním dopadem, zůstává spíše spekulací. Pro budoucí výzkum by bylo zajímavé zjistit, jaký vliv má představa pohybu na inhibici spastických svalů.

Podle výsledků dosažených v této práci se svalová aktivita během observace účelového pohybu ukázala jako nejvýraznější v porovnání s klidovými hodnotami a představami účelových pohybů, a to zejména u flexorů a extenzorů předloktí, m. trapezius a m. deltoideus.

Stále není jasně daný důkaz o přítomnosti zrcadlových neuronů u člověka. Existují však předpoklady podpořené různými výzkumy, že systém je v našem centrálním nervovém systému aktivní během každodenních činností. Pozorování činností, které vykonává druhý člověk pomocí horní končetiny, je spojeno s jakousi obrannou reakcí pozorovatele. Umožňuje mu odezírat danou činnost a pravděpodobně i vyvodit její cíl a závěr ještě před tím, než je dokončena. Uvažujeme tedy, že je spojena s jakýmsi druhem anticipačních reakcí udržujících motorický a s ním spojený řídicí systém „v akci“ po celou dobu této observace, a tím i excitaci periferního nervstva, které se odrazí na svalové aktivitě.

Dosud neexistuje dostatečné množství literatury zaměřené na měření svalové aktivity pomocí povrchového elektromyografu během observace pohybu. Narozdíl od představy pohybu však není ani znám inhibiční systém, který by měl blokovat přenosu elektrických impulzů generovaných řídicím systémem na periferní nervový systém a jeho efekty. Lze tedy předpokládat, že v případě aktivity naměřené na snímaných svalech nešlo pouze o klamné artefakty, o jakých uvažujeme při představě, ale o skutečnou aktivitu produkovanou svalem pomocí systému zrcadlového neuronu.

Je možné, že právě i díky výrazné aktivitě sensorických oblastí mozku během observace si je proband schopen vybavit pocit uchopení sklenice při pouhé její observaci, což by mohlo mít za následek právě facilitaci svalů, které byly v nejužším spojení s jejím dotekem. Flexory a extenzory jsou také dvě svalové skupiny, u kterých je předpoklad nejvýraznější aktivace během účelového pohybu uchopení sklenice a jejího přiložení k ústům.

## **5. 5 Přínos pro praxi**

Jak už bylo zmíněno výše, mnoho autorů podalo informace o pozitivním vlivu představy pohybu na funkční vlastnosti hemiparetické ruky u pacientů po cévní mozkové příhodě, a to v chronickém i subakutním stadiu (Page, 2000, Hewett et al., 2007, Page et al., 2005, Page, 2001, Guillot a Collet, 2008, Hall et al., 1998, Murphy et al., 2008). Chybí údaje o začlenění této techniky do terapie u pacientů v akutním stadiu, u kterých se předpokládá největší funkční postižení horní končetiny následující po centrální lézi; právě tito pacienti by z mentálního cvičení účelového pohybu mohli profitovat nejvíc.

Většina studií se zabývala využitím představy pohybu na terapii u izolovaných analytických činností (Yue a Cole, 1992, Naito et al., 2002, Lotze et al., 1999, Yahagi et al., 1996, Lim et al., 2006, Personnier et al., 2007, Mulder, 2007). Zejména v kombinaci s nácvikem dané činnosti pomocí skutečného pohybu prokázali velký efekt na kinematiku pohybu, svalovou souhru a zvýšení svalové síly.

Page (2000, 2001, 2005) se zabýval i pohyby komplexními a účelovými. I on potvrdil vliv představy na funkční zlepšení hemiparetické horní končetiny, a to v kombinaci se skutečnou pohybovou terapií dané činnosti.

Není nám známa literatura, která by popisovala námi dosažené výsledky inhibice spastického svalu pomocí motorické představy.

Pozitivním výsledkem byla facilitace svalů pomocí observace pohybu. Ke stejnému zjištění dospělo ve svých výzkumech mnoho dalších autorů (Vries a Mulder, 2007, Celnik et al., 2006, Celnik et al. 2008). Podobně jako u představy pohybu i zde silně záviselo na kombinaci observace s pohybovou terapií dané činnosti. Observace samotná neměla žádaný pozitivní efekt. Pokud ale byla začleněna do klasické rehabilitace pacienta s použitím skutečných pohybů, měla mnohem větší vliv na zlepšení biomechanických parametrů paretické horní končetiny, než samotná pohybová terapie. Účinek se ještě znásobil, když byla rehabilitace postavena na využití komplexních účelových pohybů.

Naše práce je ve shodě s těmito výsledky. Observace ukázala velký facilitační vliv na svaly zapojené během účelového pohybu.

## **5. 6 Limity práce**

Mezi nejvýraznější limity práce patří malý vzorek probandů (10). Pro výraznější signifikanci výsledků by bylo zapotřebí rozšířit daný počet pacientů o větší množství.

Fenomén představy a observace se vyskytl relativně nedávno. Prozatím tedy existuje jen omezené množství literatury, která by poskytla kvalitní materiál pro diskuzi a srovnání s ostatními výsledky. Většina studií se pak zaměřuje na pacienty v chronickém stadiu po cévní mozkové příhodě. My jsme si však kvůli dostupnosti pacientů vybrali stadium subakutní.

Nevýhodou je chabá standardizace práce. Elektrody byly na svalová břívka umístěny podle subjektivního palpačního vjemu během maximální volní kontrakce. Nelze ovšem pouhou aspekci určit případné variability a odchylky svalů probandů od norem pospaných učebnicemi anatomie. Limitující bylo i prostředí laboratoře, která mohla svým elektronickým zařízením vytvářet nežádoucí artefakty na sEMG záznamu.

Musíme uvažovat i o limitech práce ve shodě s Guillotem et al. (2010), kteří nepovažují povrchový elektromyograf za relevantní nástroj pro měření elektrických potenciálů vybraných svalů.

Pro další výzkum by bylo vhodné navrhnout úpravu videa, na které se pacienti dívali. Jak bylo zjištěno, kongruence a nekongruence mají výrazný vliv na funkční obnovu postiženější horní končetiny. Před tím, než se tedy observace uvede do praxe,

bylo by vhodné zjistit, jaký naměřitelný rozdíl by existoval mezi situacemi, kdy by se pacient na video díval jako na svou zrcadlovou projekci, jak tomu v případě této práce, a jaký by byl rozdíl, kdyby pohyby končetinou viděl z pohledu první osoby, tedy tak, jak je vidí i objekt předvádějící je na videu.

Lze uvažovat i o použití jehlové elektromyografie, která by mohla podat přesnější výsledky, na rozdíl od elektromyografie povrchové.

## ZÁVĚR

Zotavení po lézi centrálního nervového systému obvykle podléhá principům neuroplasticity. Ta je popisována jako schopnost buněk nebo skupin buněk nahradit funkci nebo strukturu v závislosti na opakování a požadavcích. Korová plasticita se však vztahuje výhradně k motorickému učení a opakovanému používání postižené končetiny. Tohoto poznatku bylo využito pro rozvoj mnoha rehabilitačních strategií a jednou z nich je i motorická představa.

Motorická představa je neinvazivní, nenáročná a lehce aplikovatelná technika, během které je dosaženo fyzických dovedností bez vykonání skutečných fyzických pohybů. Bylo prokázáno, že nejlepších výsledků pro rehabilitaci bylo dosaženo pomocí kombinace pohybu v představě a pohybu účelově zaměřeného. Pozitivní vliv byl prokázán u chronických pacientů na redukci funkčního postižení horní končetiny (Page, 2000), na zlepšení kinematiky dosahových akcí (Hewett et al., 2007 in Guillot a Collet, 2010), zvýšení používání postižené horní končetiny a zmírnění funkčních limitací (Page et al., 2005). U pacientů v subakutním stadiu byl sledován podobný trend (Page et al., 2001 in Guillot a Collet, 2010).

Na jiném principu je založena terapie pomocí observace účelového pohybu. Technika navazuje na teoretické znalosti systému zrcadlového neuronu („mirror neuron system“) a je stejně neinvazivní a lehce dostupná a realizovatelná jako motorická představa. Podmínkou pro její aplikaci je účelový pohyb – pohyb, který je pacientovi dobře známý a má s ním tedy určitou psychomotorickou zkušenost. Takový pohyb je dobře zmapovaný v uživatelském motorickém systému, a je možné ho vybavit pomocí zrcadlového neuronu i bez vykonání skutečného pohybu. Aktivita je ovšem přísně vyhraněna pouze na interakci biologického efektoru (např. ruka) s předmětem zájmu (např. sklenice). Studie provedené Stefanem et al. (2005) a Celnikem et al. (2008) navíc prokázala, že při observaci byla kortikální aktivace stejná, jako při provedení skutečného pohybu, čímž naznačila vliv na formování pohybové paměti založené na principu neuroplasticity.



## LITERATURA A PRAMENY

BAUER, J. Cévní mozkové příhody. *Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře* [online]. 2010, roč. 2, č. 4. [cit. 2012-01-20]. Dostupné na www: [www.tribune.cz](http://www.tribune.cz). ISSN 1803-7542.

BAYONA, N.A., BITENSKY, J., SALTER, K., TESELL, R. The Role of Task-Specific Training in Rehabilitation Therapies. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2005, roč. 12, č. 3. [cit. 2012-02-20]. Dostupné na www: [www.thomasland.com](http://www.thomasland.com). ISSN: 1074-9357.

BOSHKER, M.S.J. *Action-based imagery: on the nature of mentally imagined motor control actions*. Amsterdam, PsdKamp Printpapers. 2001.

BOVEND'EERDT, T.J., DAWES, H., SACKLEY, C., IZADI, H., WADE, DT. Mental techniques during manual stretching in spasticity - a pilot randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation* [online]. 2009, roč. 2, č. 23. [cit. 2012-02-20]. Dostupné na www: <http://cre.sagepub.com/content/23/2/137.long>. ISSN: 1477-0873.

BRASS, M., ZYSSET, S. a VON CRAMON, Y. The inhibition of initiative response tendencies. *Neuroimage*. 2001, č. 14. [cit. 2012-04-17].

BURLE, B., POSSAMAI, C.A., VIDAL, F., BONNET, M., HASBROUCQ, T. Executive control in the Simon effect: an electromyographic and distributional analysis. *Psychological Research*. 2002, vol. 4, č. 66. [2012-04-17].

CANNING, C.G., ADA, L., O'DWYER, N.J.. Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *Journal of the Neurological Sciences* [online]. 2000, č. 176. [cit. 2011-11-22]. Dostupné na www: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. ISSN: 1878-5883.

CELNIK, P., STEFAN, K., HUMMEL, F., DUQUE, J., CLASSEN, J., COHEN, L.G. Encoding a motor memory in the older adult by action observation. *NeuroImage* [online]. 2006, roč. 29, č. 2. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811905005665](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811905005665). ISSN: 1053-8119.

CELNIK, P., WEBSTER, B., GLASSER, D.M., COHEN, L.G.. Effects of Action Observation on Physical Training After Stroke. *Stroke* [online]. 2008, č. 39. [cit. 2011-10-08]. Dostupné na [www: http://stroke.ahajournals.org/](http://stroke.ahajournals.org/). ISSN: 1524-4628.

ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. Grada, 2000.

COOPER, A., MUSA, I.M., VAN DEURSEN, R., WILES, C.M. Electromyography characterization of stretch responses in hemiparetic stroke patients and their relationship with the Modified Ashworth scale. *Clinical rehabilitation* [online]. 2005, č. 19. [cit. 2012-05-02]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1477-0873.

CRAMER, S. C. a RILEY, J. D. Neuroplasticity and Brain Repair after Stroke. *The New England Journal of Medicine* [online]. 2010, roč. 13, č. 362. [cit. 2011-02-23]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20400553](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20400553). ISSN: 1533-4406.

DICKSTEIN, R., GAZIT-GRUNWALD, M., PLAX, M., DUNSKY, A., MARCOVITZ, E. EMG Activity in Selected Target Muscles during Imagery Rising on Tiptoes in Healthy Adults and Poststrokes Hemiparetic Patients. *Journal of Motor Behavior* [online]. 2005, roč. 37, č. 6. [cit. 2010-10-26]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1940-1027.

DRAGANSKI, B., GASER, C., BUSCH, C., SCHUIERER, G., BOGDAN, U., MAY, A. Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature* [online]. 2004, č. 427. [cit. 2012-02-21]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14737157](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14737157). ISSN: 0028-0836.

DRUGA, R., GRIM, M., DUBOVÝ, P. *Anatomie centrálního nervového systému*. Galén, Karolinum, 2011.

DUFEK, Michal. Cévní mozkové příhody, obecný úvod a klasifikace. *Interní medicína – mezioborové přehledy* [online]. 2002, roč. 6. [cit. 2012-02-11]. Dostupné na www: [www.solen.cz](http://www.solen.cz). ISSN: 1803-5264.

ENG, K., SIEKIERKA, E., PYK, P., CHEVRIER, E. HAUSER, Y., CAMEIRAO, M., HOLPER, L., HAGNI, K., ZIMMERLI, L., DUFF, A., SCHUSTER, C., BASSETTI, C., VERSCHURE, P., KIPER, D. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Medical & biological engineering & computing* [online]. 2007, č. 45. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na www: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17687578>. ISSN: 0140-0118.

ERTELT, D., SMALL, S., SOLODKIN, A., DETTMERS, C., McNAMARA, A., BINKOFSKI, F., BUCCINO, G. Action Observation has a Positive Impact on Rehabilitation of Motor Deficits after Stroke. *NeuroImage* [online]. 2007, roč. 36. [cit. 2010-10-26]. Dostupné na www: <http://www.jsmf.org/meetings/2008/may/Ertelt2007.pdf>. ISSN: 1095-9572.

GANDEVIA, S.C. Mind, muscles and motoneurons. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 1999, č.2. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na www: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10668756>. ISSN: 1878-1861.

GOWLAND, C., deBRUIN, H., BASMAIJAN, J.V., PLEWS, N., BURCEA, I. Agonist and Antagonist Activity During Voluntary Upper-Limb Movement in Patients with Stroke. *Physical Therapy* [online]. 1992, č. 72. [cit. 2012-02-24]. Dostupné na www: <http://ptjournal.apta.org/>. ISSN: 1538-6724.

GRAHAM, J.V., EUSTACE, C., BROCK, K., SWAIN, E., IRWIN-CARRUTHERS, S. The Bobath Concept in Contemporary Clinical Practice. *Topics in*

*Stroke Rehabilitation* [online]. 2009, č. 16. [cit. 2011-11-22]. Dostupné na [www: www.thomasland.com](http://www.thomasland.com). ISSN: 1074-9357.

GUILLOT, A., LEBON, F., ROUFFER, D., CHAMPELY, S., DOYON, J., COLLET, C. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology* [online]. 2007, roč. 1, č. 66. [cit. 2012-02-20]. Dostupné na [www: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876007001201](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876007001201). ISSN: 1872-7697.

GUILLOT, A. a COLLET, C. Construction of the Motor Imagery Integrative Model in Sport: a review and theoretical investigation of motor imagery use. *International Review of Sport and Exercise Psychology* [online]. 2008, vol. 1, č. 1. [cit. 2012-04-12]. Dostupné na [www: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17509840701823139](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17509840701823139). ISSN: 1750-9858.

GUILLOT, A. a COLLEN, C. *The Neurophysiological Foundations of Mental and Motor Imagery*. Oxford University Press. 2010

HAMMOND, M.C., FITT, S.S., KRAFT, G.H., NUTTER, P.B., TROTTER, M.J., ROBINSON, L.M. Co-contraction in the hemiparetic forearm: quantitative EMG evaluation. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 1988, č. 69. [cit. 2012-05-02]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1532-821X.

HAFER-MACKO, C.E., RYAN, A.S., IVEY, F.M., MACKO, R.F. Skeletal muscle changes after hemiparetic stroke and potential beneficial effects of exercise intervention strategies. *Journal of rehabilitation research and development* [online]. 2008, č. 45. [cit. 2011-11-22]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1938-1352.

HALLETT, Mark. Plasticity of the Human Motor Cortex and Recovery from Stroke. *Brain Research Reviews* [online]. 2001, č. 36. [cit 2011-11-22]. Dostupné na [www: www.elsevier.com/locate/bres](http://www.elsevier.com/locate/bres). ISSN: 1872-6321.

HEWETT, T.E., FORD, K.R., LEVINE, P., PAGE, S.J. Reaching kinematics to measure motor changes after mental practice in stroke. *Topics in stroke rehabilitation* [online]. 2007, č. 14. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://thomasland.metapress.com/content/a8821m573173g428/](http://thomasland.metapress.com/content/a8821m573173g428/). ISSN: 1074-9357.

IACOBONI, Marco a DAPRETTO, Mirella. The Mirror Neuron System and the Consequences of its Dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 2006, roč. 7. [cit. 2012-02-21]. Dostupné na [www: www.nature.com/reviews/neuro](http://www.nature.com/reviews/neuro). ISSN: 1471-0048.

JANG, S.H., KIM, Y.H., CHO, S.H., LEE, J.H., PARK, J.W., KWON, Y.H. Cortical Reorganization Induced by Task-Oriented Training in Chronic Hemiplegic Stroke Patients. *NeuroReport* [online]. 2003, roč. 14, č. 1. [cit. 2012-02-21]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cortical%20reorganization%20induced%20by%20task-oriented%20training%20in%20chronic%20hemiplegic%20stroke%20patients](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cortical%20reorganization%20induced%20by%20task-oriented%20training%20in%20chronic%20hemiplegic%20stroke%20patients). ISSN: 0959-4965.

JEANNEROD, M. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. 1994, vol. 17, č. 2. [cit. 2012-04-17] Dostupné na [www: http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=6742016](http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=6742016). ISSN: 0140-525X.

JOHANSSON, B. B. Brain Plasticity and Stroke Rehabilitation: The Willis Lecture. *Stroke* [online]. 2000, roč. 31. [cit. 2011-10-08]. Dostupné na [www: http://stroke.ahajournals.org/](http://stroke.ahajournals.org/). ISSN: 1524-4628.

JOHANSSON, B. B. Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity. *Acta Neurologica Scandinavica* [online]. 2011, č. 123. [cit. 2011-10-08]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1600-0404.

KALINA, M. *Cévní mozková příhoda v medicínské praxi*. Triton, 2008.

KOLLEN, B.J., LENNON, S., LYONS., WHEATLEY-SMITH, L., SCHEPER, M., BUURKE, J.H., HALFENS, J., GEURTS, A.C., KWAKKEL, G. The Effectiveness of the Bobath Concept in Stroke Rehabilitation: What is the Evidence? *Stroke* [online]. 2009, č. 40. [cit. 2012-03-12]. Dostupné na [www: http://stroke.ahajournals.org/content/40/4/e89](http://stroke.ahajournals.org/content/40/4/e89). ISSN: 1058-2819.

KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyzologie*. Galén, 2011.

LATASH, M. *Neurophysiological Basis of Movement*. Human Kinetics, 2008.

LI, S., KAMPER, D.G., STEVENS, J.A., RYMER, W.Z. The Effect of Motor Imagery on Spinal Segmental Excitability. *The Journal of Neuroscience* [online]. 2004, roč. 24, č. 43. [cit. 2010-10-26]. Dostupné na [www: http://www.jneurosci.org/cgi/content/short/24/43/9674](http://www.jneurosci.org/cgi/content/short/24/43/9674). ISSN: 1529-2401.

LIM, V.K., PPOLYCH, M.A., HOLLANDER, A., BYBLOW, W.D., KIRK, I.J., HAMM, J.P. Kinesthetic but not visual imagery assists in normalizing the CNV in Parkinson's disease. *Clinical neurophysiology* [online]. 2006, č. 117. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245706009771](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245706009771). ISSN: 00134694.

LIU, K.P., CHAN, C.C., LEE, T.M., HUI-CHAN C.W. Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2004, roč. 86, č. 9. [cit. 2011-11-15]. Dostupné na [www: http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/15375808](http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/15375808). ISSN: 0003-9993.

LOTZE, M., MONTOYA, P., ERB, M., HULSMANN, E., FLOR, H., KLOSE, U., BIRBAUMER, N., GRODD, W. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *Journal of cognitive neuroscience* [online]. 1999, č. 11. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na www: <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/089892999563553>. ISSN: 1758-8936.

LUKÁCS, M., VÉCSEI, L., BENICZKY, S. Large motor units are selectively affected following a stroke. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2008, č. 119. [cit. 2011-11-05]. Dostupné na www: [www.elsevier.com/locate/clinph](http://www.elsevier.com/locate/clinph). ISSN: 1872-8952.

LUKÁCS, M., VÉCSEI, L., BENICZKY, S. Changes in muscle fiber density following a stroke. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2009, č. 128. [cit. 2011-11-05]. Dostupné na www: [www.elsevier.com/locate/clinph](http://www.elsevier.com/locate/clinph). ISSN: 1872-8952.

MAEDA, F., KLEINER-FISMAN, G., PASCUAL-LEONE, A. Motor facilitation while observing hand actions: specificity of the effect and role of observer's orientation. *Journal of neurology* [online]. 2002, č. 87. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na www: <http://jn.physiology.org/content/87/3/1329.short>. ISSN: 0028-3878.

MATHIEU, P.A. Changes in the hemiparetic limb with training. II. EMG signal. *Electromyography and clinical neurophysiology* [online]. 1995, č. 35. [cit. 2012-05-02]. Dostupné na www: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8773211>. ISSN: 0301-150X.

MULDER, T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* [online]. 2007, roč. 114. [cit. 2010-11-07]. Dostupné na www: <http://www.springerlink.com/index/x340426122953204.pdf>. ISSN: 0300-9564.

NAITO, E., KOCHIYAMA, T., KITADA, R., NAKAMURA, S., MATSUMURA, M., YONEKURA, Y., SADATO, N. Internally simulated movement

sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *The Journal of neuroscience* [online]. 2002, č. 22. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.neuro.cjb.net/content/22/9/3683.short](http://www.neuro.cjb.net/content/22/9/3683.short). ISSN: 0270-6474.

PAGE, S. J. Imagery improves motor function in chronic stroke patients with hemiplegia: a pilot study. *Occupational Therapy Journal of Research* [online]. 2000, č. 20. [cit. 2010-11-20]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 0276-1599.

PAGE, S.J., LEVINE, P., SISTO, S.A., JOHNSTON, M.V. Mental Practice Combined With Physical Practice for Upper-Limb Motor Deficit in Subacute Stroke. *Physical Therapy* [online]. 2001, roč. 81, č. 8. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://physicaltherapyjournal.com/content/81/8/1455.short](http://physicaltherapyjournal.com/content/81/8/1455.short). ISSN: 1538-6724.

PAGE, S.J. Intensity Versus Task-Specificity After Stroke: How Important Is Intensity? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 2003, roč. 83, č. 9. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://journals.lww.com/ajpmr/Abstract/2003](http://journals.lww.com/ajpmr/Abstract/2003). ISSN: 1537-7385.

PAGE, S. J. Effects of Mental Practice on Affected Limb Use and Function in Chronic Stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2005, č. 86. [cit. 2011-10-02]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1532-821X.

PERSONNIER, P., PAIZIS, C., BALLAY, Y., PAPAXANTHIS, C. Mentally represented motor actions in normal aging II. The influence of the gravito-inertial context on the duration of overt and covert arm movements. *Behavioural brain research* [online]. 2008, č. 186. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166432807004329](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166432807004329). ISSN: 0792335708.

QIU, Y, WADA, Y., OTOMO, E., TSUKAQOSHI, H. Morphometric study of cervical anterior horn cells and pyramidal tracts in the medulla oblongata and spinal



cord in patients with cerebrovascular diseases. *Journal of the neurological sciences* [online]. 1991, č. 102. [cit. 2012-02-19]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1878-5883.

RIZZOLATTI, Giacomo a CRAIGHERO, Laila. The Mirror-neuron System. *Annual Review of Neuroscience* [online]. 2004, roč. 27. [cit. 2010-11-07]. Dostupné na [www: http://keck.ucsf.edu/~houde/sensorimotor\\_jc/GRizzolatti04a.pdf](http://keck.ucsf.edu/~houde/sensorimotor_jc/GRizzolatti04a.pdf) . ISSN: 1545-4126.

SILBERNAGL, S. a LANG, F. *Atlas patofyziologie člověka*. Grada, 2001.

SHARMA, N., POMEROY, V.M., BARON, J.C. Motor Imagery: A Backdoor to the Motor System after Stroke? *Stroke* [online]. 2006, roč. 37. [cit. 2010-11-07]. Dostupné na [www: http://stroke.ahajournals.org/cgi/content/full/37/7/1941](http://stroke.ahajournals.org/cgi/content/full/37/7/1941). ISSN: 1524-4628.

SCHWOEBEL, J., BORONAT, C.B., BRANCH COSLETT, H. The man who executed "imagined" movements: evidence for dissociable components of the body schema. *Journal of Cognitive Neuroscience* [online]. 2002, č. 50. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/089892999563553](http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/089892999563553). ISSN: 1758-8936.

SMALL, S.L., HLUSTIK, P., NOLL, D.C., GENOVESE, C., SOLODKIN, A. Cerebellar Hemispheric Activation Ipsilateral to the Paretic Hand Correlates with Functional Recovery after Stroke. *Brain* [online]. 2002, roč. 4 , č. 65. [cit. 2010-10-26]. Dostupné na [www: http://brain.oxfordjournals.org/content/125/7/1544.full.pdf](http://brain.oxfordjournals.org/content/125/7/1544.full.pdf). ISSN: 1460-2156.

SOLODKIN, A., HLUSTIK, P., CHEN, E.E., SMALL, S.L. Fine Modulation in Network Activation during Motor Execution and Motor Imagery. *Cerebral Cortex* [online]. 2004, roč. 14, č. 11. [cit. 2010-10-26]. Dostupné na [www: http://cercor.oxfordjournals.org/content/14/11/1246.full](http://cercor.oxfordjournals.org/content/14/11/1246.full). ISSN: 1460-2199.

STEFAN, K., COHEN L.G., DUQUE, J., MAZZOCCHIO, R., CELNIK, P., SAWAKI, L., UNQERLEIDER, L., CLASSEN, J. Formation of a Motor Memory by Action Observation. *The Journal of Neuroscience* [online]. 2005, roč. 41, č. 25. [cit. 2012-02-21]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Formation%20of%20a%20Motor%20Memory%20by%20Action%20Observation](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Formation%20of%20a%20Motor%20Memory%20by%20Action%20Observation). ISSN: 0270-647.

TERAO, S., LI, M., HASHIZUME, Y., OSANO, Y., MITSUMA, T., SOBUE, G. Upper motor neuron lesions in stroke patients do not induce anterograde transneuronal degeneration in spinal anterior horn cells. *Stroke* [online]. 1997, č. 28. [cit. 2012-02-09]. Dostupné na [www: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9412648](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9412648). ISSN: 1058-2819.

TOFFOLA, E.D., SPARPAQLIONE, D., PISTORIO, A., BUONOCORE, M. Myoelectric Manifestations of Muscle Changes in Stroke Patients. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2001, č. 82. [cit. 2011-10-02]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1532-821X.

TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2004.

TROJAN, S. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Grada, 2005.

DE VRIES, S., MULDER, T. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *Journal of rehabilitation medicine* [online]. 2007, č. 39. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.ingentaconnect.com/content/mjl/sreh/2007/](http://www.ingentaconnect.com/content/mjl/sreh/2007/). ISSN: 1650-1969.

WALLER, S. M. a WHITALL, J. Bilateral arm training: Why and who benefits? *NeuroRehabilitation* [online]. 2008, roč. 1, č. 23. [cit. 2012-02-20]. Dostupné na [www: http://iospress.metapress.com/content/m4174u412t366281/](http://iospress.metapress.com/content/m4174u412t366281/). ISSN: 1878-6448.

WOLDAG, H. a HUMMELSHEIM, H. Evidence-based physiotherapeutic concepts for improving arm and hand function in stroke patients. *Journal of Neurology* [online]. 2002, roč. 249, č. 5. [cit. 2010-11-1]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12021939](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12021939). ISSN: 1432-1459.

YAHAGI, S., SHIMURA, K., KASAI, T. An increase in cortical excitability with no change in spinal excitability during motor imagery. *Perceptual and motor skills* [online]. 1996, č. 83. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.1996.83.1.288](http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.1996.83.1.288). ISSN: 1939-1455.

YAVUZER,G., SELLES, R., SEZER, N., SUTBEYAZ, S., BUSSMANN, J.B., KOSEOGLU, F., ATAY, M.B., STAM, H.J. Mirror Therapy Improves Hand Function in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2008, č. 89. [cit. 2011-10-02]. Dostupné na [www: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). ISSN: 1532-821X.

YUE, G., COLE, K.J. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of neurophysiology* [online]. 1992, č. 67. [cit. 2012-04-17]. Dostupné na [www: http://jn.physiology.org/content/67/5/1114.short](http://jn.physiology.org/content/67/5/1114.short). ISSN: 00223077.

ZIMMERMANN-SCHLATTER, A., SCHUSTER, C., PUHAN, M.A., SIEKIERKA, E., STEURER, J. Efficacy of Motor Imagery in Post-stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2008, roč. 5, č. 8. [cit. 2011-15-1]. ISSN: 1743-0003.

## SEZNAM ZKRATEK

*	signifikantní rozdíl
a.	arteria
m.	musculus
n.	nucleus
fMRI	funkční magnetické rezonance
p	hladina statistické významnosti
vPMC	ventrální premotorický kortex
AH	aktivační hodnota
ARAT	Action Research Arm Test
ATP	adenositrifosfatáza
BB	m. biceps brachii
CIMT	Constraint-Induced Movement Therapy
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
DEL	m. deltoideus
ECR	m. extensor carpi radialis
EMG	elektromyografie
F5	ventrální premotorický kortex
FCR	m. flexor carpi radialis
IFG	gyrus frontalis inferior
K	klidová poloha
KI	kinestetická představa
M1	primární motorická oblast
M II	sekundární motorická korová oblast
MAS	Modifikovaná Ashworthova škála
MEP	motoricky evokované potenciály
MIQ-R	Movement Imagery Questionnaire – Revised
MNS	mirror neuron system
MUNE	motor unit number estimation
N	skutečný interaktivní účelový pohyb

NHK	neparetická horní končetina
O	observace
P1	iniciální představa
P2	představa po observaci
P3	konečná představa
PHK	paretická horní končetina
RIND	Reverzibilní ischemický neurologický deficit
RMS	root mean square
S1	primární sensorická oblast
SD	směrodatná odchylka
SMA	suplementární motorická oblast
TB	m. triceps brachii
TIA	tranzitorní ischemická ataka
TMS	transkraniální magnetická stimulace
TR	m. trapesius
VI	vizuální představa

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1a.</b> Aktivita m. flexor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině .....	59
<b>Graf 1b.</b> Aktivita m. flexor carpi radialis během testovaných situací na neparetické horní končetině.....	59
<b>Graf 2a.</b> Aktivita m. extensor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině.....	60
<b>Graf 2b.</b> Aktivita m. extensor carpi radialis během testovaných situací na paretické horní končetině.....	61
<b>Graf 3a.</b> Aktivita m. deltoideus během testovaných situací na paretické horní končetině.....	61
<b>Graf 3b.</b> Aktivita m. deltoideus během testovaných situací na paretické horní končetině.....	62

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1a.</b> Průměrné hodnoty svalové aktivace pro všechny testované situace na paretické horní končetině.....	50
<b>Tabulka 1b.</b> Průměrné hodnoty svalové aktivace pro všechny testované situace na neparetické horní končetině.....	50
<b>Tabulka 2.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a klidové aktivity na paretické a neparetické horní končetině.....	52
<b>Tabulka 3.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a observace na paretické a neparetické horní končetině.....	52
<b>Tabulka 4.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání představy účelového pohybu a skutečném provedení interaktivního účelového pohybu na paretické a neparetické horní končetině.....	53
<b>Tabulka 5.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání iniciální představy, představy po observaci a konečné představy na paretické a neparetické horní končetině.....	54
<b>Tabulka 6.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a klidové polohy na paretické a neparetické horní končetině.....	55
<b>Tabulka 7.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a iniciální představy na paretické a neparetické horní končetině.....	56
<b>Tabulka 8.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a představy po observaci na paretické a neparetické horní končetině.....	56
<b>Tabulka 9.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a skutečného interaktivního účelového pohybu na paretické a neparetické horní končetině.....	57
<b>Tabulka 10.</b> Hodnoty hladiny statistické významnosti při porovnání observace a konečné představy na paretické a neparetické horní končetině.....	58

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1.** Poučení a souhlas probanda

**Příloha 2.** Základní anamnestické údaje probandů

**Příloha 3.** Kineziologický rozbor

**Příloha 4.** Action Research Arm Test

**Příloha 5.** Movement Imagery Questionnaire - Revised

**Příloha 6.** Modifikovaná Ashworthova škála

**Příloha 7.** Výsledky klinických testování



# PŘÍLOHY

## Příloha 1. Poučení a souhlas probanda

### **Poučení a souhlas probanda**

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických v\_d

Tř. Svobody 8

771 11 Olomouc

Pacient/ka ..... souhlasí s provedením elektromyografického vyšetření v kineziologické laboratoři FN Olomouc, a dále s klinicko – kineziologickým vyšetřením pro měření na diplomovou práci s názvem Interaktivní účelové pohyby v rehabilitaci hemiparetické ruky po CMP, kterou zpracovává Bc. Kateřina Vlčková pod vedením Mgr. Barbory Kolářové, Ph.D.

Byl/a jsem srozumitelně a podrobně seznámen/a s průběhem všech vyšetření a souhlasím s jejich provedením. Dále souhlasím s nahlédnutím do mé zdravotnické dokumentace v rozsahu nezbytně nutném a anonymním použití získaných údajů s respektováním osobních dat.

V Olomouci dne

Podpis .....

Příloha 2. Základní anamnestické údaje probandů

Proband	Paretická strana	Věk	Výška (cm)	Váha (kg)	Počet dnů od CMP
1	P	74	172	78	12
2	P	61	171	87	28
3	L	29	178	75	26
4	P	66	165	60	29
5	P	68	176	79	92
6	L	61	175	85	15
7	P	70	168	74	12
8	L	46	181	86	153
9	L	79	172	82	18
10	L	77	163	54	31
<b>průměr</b>		63,1	172,1	76	41,6
<b>SD</b>		14,52205	5,374942	10,469	43,20463

Legenda k příloze: P – pravá strana; L – Levá strana; SD – směrodatná odchylka



## Příloha 4. Action Research Arm Test

### **ACTION RESEARCH ARM TEST**

Patient Name: \_\_\_\_\_

Rater Name: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

#### **Instructions**

There are four subtests: Grasp, Grip, Pinch, Gross Movement. Items in each are ordered so that:

- if the subject passes the first, no more need to be administered and he scores top marks for that subtest;
- if the subject fails the first *and* fails the second, he scores zero, and again no more tests need to be performed in that subtest;
- otherwise he needs to complete all tasks within the subtest

<b>Activity</b>	<b>Score</b>
<b>Grasp</b>	
1. Block, wood, 10 cm cube (If score = 3, total = 18 and to Grip) Pick up a 10 cm block	_____
2. Block, wood, 2.5 cm cube (If score = 0, total = 0 and go to Grip) Pick up 2.5 cm block	_____
3. Block, wood, 5 cm cube	_____
4. Block, wood, 7.5 cm cube	_____
5. Ball (Cricket), 7.5 cm diameter	_____
6. Stone 10 x 2.5 x 1 cm	_____
Coefficient of reproducibility = 0.98	
Coefficient of scalability = 0.94	
<b>Grip</b>	
1. Pour water from glass to glass (If score = 3, total = 12, and go to Pinch)	_____
2. Tube 2.25 cm (If score = 0, total = 0 and go to Pinch)	_____
3. Tube 1 x 16 cm	_____
4. Washer (3.5 cm diameter) over bolt	_____
Coefficient of reproducibility = 0.99	
Coefficient of scalability = 0.98	
<b>Pinch</b>	
1. Ball bearing, 6 mm, 3 <sup>rd</sup> finger and thumb (If score = 3, total = 18 and go to Grossmt)	_____
2. Marble, 1.5 cm, index finger and thumb (If score = 0, total = 0 and go to Grossmt)	_____
3. Ball bearing 2 <sup>nd</sup> finger and thumb	_____
4. Ball bearing 1 <sup>st</sup> finger and thumb	_____
5. Marble 3 <sup>rd</sup> finger and thumb	_____
6. Marble 2 <sup>nd</sup> finger and thumb	_____
Coefficient of reproducibility = 0.99	
Coefficient of scalability = 0.98	

**Grossmt (Gross Movement)**

1. Place hand behind head (If score = 3, total = 9 and finish) \_\_\_\_\_

2. (If score = 0, total = 0 and finish) \_\_\_\_\_

3. Place hand on top of head \_\_\_\_\_

4. Hand to mouth \_\_\_\_\_

Coefficient of reproducibility = 0.98

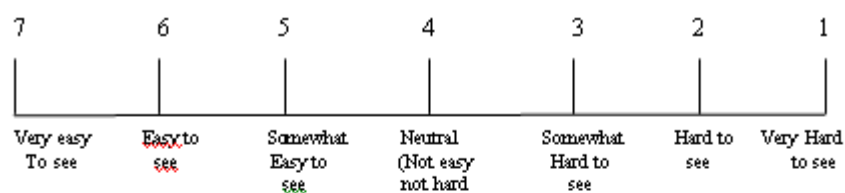
Coefficient of scalability = 0.97

## MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE – REVISED (MIQ-R)

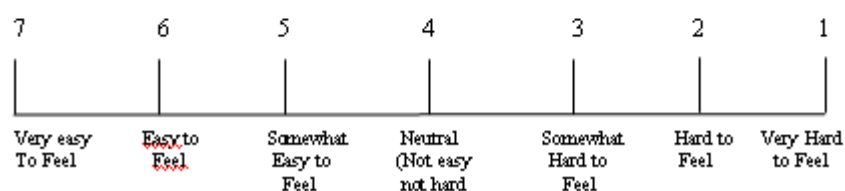
Craig R. Hall and Kathleen A. Martin, 1997

### RATING SCALES

#### Visual Imagery Scale



#### Kinesthetic Imagery Scale



Příloha 6. Modifikovaná Ashworthova škála (Bohannon a Smith, 1986)

Stupeň	Klinický nález
0	svalový tonus nezvýšen
1	mírné zvýšení svalového tonu zachytitelné na konci rozsahu pohybu vyšetřované části končetiny
1+	mírné zvýšení svalového tonu patrné po přibližně polovinu doby rozsahu pohybu vyšetřované části končetiny
2	výraznější zvýšení svalového tonu patrné v celém rozsahu pohybu, pasivní pohyb je však snadný
3	zřetelné zvýšení svalového tonu, pasivní pohyb obtížný
4	postižená část je v trvalém abnormální postavení (flexi či extenzi), pasivní pohyby obtížné do všech směrů

## Příloha 7. Výsledky klinických testování

Tabulka 1 Průměrné hodnoty všech testovaných probandů v klinických testech ARAT, MIQ-R a MAS.

	MAS	ARAT	MIQ-R	
<b>Pacient 1</b>		1+	44	54
<b>Pacient 2</b>		2	48	54
<b>Pacient 3</b>		1	57	56
<b>Pacient 4</b>		1+	48	53
<b>Pacient 5</b>		1	57	55
<b>Pacient 6</b>		2	42	55
<b>Pacient 7</b>		2	43	52
<b>Pacient 8</b>		1	57	56
<b>Pacient 9</b>		2	44	54
<b>Pacient 10</b>		0	49	52

Legenda k tabulce 1: MAS – Modifikovaná Ashworthova škála; ARAT – Action Research Arm Test; MIQ-R - Movement Imagery Questionnaire – Revised.