

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Fakulta zdravotnických věd**

**Ústav fyzioterapie**



**KONTINUÁLNÍ ZPĚTNÁ VAZBA  
V POHYBOVÉ EDUKACI S VYUŽITÍM  
SYSTÉMU ARMEO SPRING**

**Diplomová práce**

**Bc. Radmila Mecová**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Fyzioterapie

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

**Olomouc 2013**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod odborným vedením  
Mgr. Radka Mlíky, Ph.D., a uvedla jsem všechny použité literární a odborné zdroje.

V Olomouci dne

.....

### **Poděkování**

Děkuji především Mgr. Radku Mlíkovi, Ph.D. za ochotu, cenné připomínky a rady při odborném vedení práce, Mgr. Petru Novákovi za statistické zpracování dat a Ing. Júlii Mecové za pomoc s překladem anglického textu. Dále bych chtěla poděkovat za možnost využití zařízení Armeo Spring, díky kterému celá práce mohla vzniknout.

# ANOTACE

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### Název práce:

Kontinuální zpětná vazba v pohybové edukaci s využitím systému Armeo Spring

### Název práce v AJ:

Continual feedback in movement education with use the system Armeo Spring

**Datum zadání:** 2012-01-31

**Datum odevzdání:** 2013-05-17

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

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Radmila Mecová

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

**Oponent práce:** Doc. MUDr. Michal Mayer, CSc.

### Abstrakt v ČJ:

Diplomová práce se věnuje využití kontinuální zpětné vazby v pohybové edukaci s pomocí systému Armeo Spring jako jedné ze sofistikovaných technik rehabilitace. Práce obsahuje teoretické poznatky o cévní mozkové příhodě (CMP), zpětné vazbě, zabývá se neuroplasticitou, rehabilitací po CMP a robotickou terapií. Experimentální část se pokouší vyhodnotit vliv sledovaných parametrů prostřednictvím testů (Action Research Arm Test, Fugl-Meyer assessment – upper extremity), využitím měření síly úchopu dynamometrem a hodnocením spasticity dle Ashworthovy škály. Cílem experimentální části bylo vyhodnotit pomocí použitých testů, dynamometru a posouzení spasticity, zda po terapii zařízením Armeo Spring dojde u pacientů po cévní mozkové příhodě ke zlepšení paretické horní končetiny. Výsledky práce naznačují, že po této terapii dochází ke zlepšení motorických a senzitivních funkcí, zvýšení síly úchopu a snížení spasticity paretické horní končetiny.

**Abstrakt v AJ:**

The thesis devotes use continual feedback in the movement education with application the system Armeo Spring as one of the sophistication methods in the rehabilitation. The work contains theoretical knowledges about the stroke, feedback, deals with neuroplasticity, stroke rehabilitation and robotic therapy. Experimental part is trying to quantify the influence of definitely parameters through tests (Action Research Arm Test, Fugl-Meyer assessment – upper extremity), with application of the dynamometer to measure the force of grip and assessment spasticity according Ashworth scale. The aim of experimental part was evaluation using of the dynamometer, the tests and assesment of spasticity, if there is the paretic upper limb improvement at stroke patients after the Armeo Spring therapy. Results of this work suggest that after this therapy comes to improvement of motor and sensitive functions, increases of hand grip and reduction of paretic upper limb spasticity.

**Klíčová slova v ČJ:** zpětná vazba, Armeo Spring, robotická terapie horní končetiny, hemiparéza

**Key words:** feedback, Armeo Spring, robotic therapy of upper extremity, hemiparesis

**Rozsah:** 71 stran včetně příloh, počet příloh 8

# OBSAH

<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Přehled teoretických poznatků .....</b>	<b>10</b>
1.1 Cévní mozková příhoda .....	10
1.1.1 Klinický obraz.....	10
1.2 Zpětná vazba .....	11
1.2.1 Biofeedback .....	11
1.3 Neuroplasticita .....	12
1.3.1 Vývoj neuronálních okruhů (evoluční neuroplasticita) .....	12
1.3.2 Reaktivní neuroplasticita .....	13
1.3.3 Reparační neuroplasticita.....	13
1.3.4 Mechanizmy neuroplasticity.....	14
1.3.5 Plastické změny .....	17
1.4 Rehabilitace po CMP .....	17
1.5 Robotická terapie .....	19
1.5.1 Historie.....	19
1.5.2 Robotická terapie u pacientů po CMP .....	19
1.5.3 T-WREX systém.....	20
1.5.4 Systém Armeo Spring.....	21
<b>2 Cíl práce a hypotézy .....</b>	<b>25</b>
2.1 Cíl práce.....	25
2.2 Hypotézy.....	25
<b>3 Metoda výzkumu.....</b>	<b>26</b>
3.1 Charakteristika sledované skupiny .....	26
3.2 Realizovaná měření.....	26
3.2.1 Klinická vyšetření .....	27
3.3 Průběh terapie zařízením Armeo Spring.....	27
3.4 Statistické zpracování dat .....	31
<b>4 Výsledky.....</b>	<b>32</b>
4.1 Výsledky k hodnocení motorické funkce .....	32
4.1.1 Action Research Arm Test.....	32

4.1.2 Fugl-Meyer assessment – upper extremity .....	33
4.2 Výsledky k hodnocení senzitivní funkce dle FMA-UE.....	35
4.3 Výsledky síly úchopu paretické horní končetiny.....	36
4.4 Výsledky Ashworthovy škály spasticity.....	38
<b>5 Diskuse .....</b>	<b>40</b>
5.1 Hodnocení motorické funkce paretické horní končetiny .....	41
5.1.1 Posouzení individuálních výsledků k H <sub>0</sub> 1 .....	41
5.1.2 Posouzení individuálních výsledků k H <sub>0</sub> 2 .....	42
5.2 Hodnocení senzitivní funkce paretické horní končetiny.....	42
5.3 Hodnocení síly úchopu paretické horní končetiny .....	43
5.4 Hodnocení Ashworthovy škály spasticity paretické HK .....	43
5.5 Diskuse k terapii systémem Armeo Spring.....	44
5.6 Shrnutí poznatků a výsledků studií robotické terapie .....	46
5.7 Limity práce .....	47
<b>Závěr .....</b>	<b>48</b>
<b>Referenční seznam .....</b>	<b>49</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>56</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>57</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>58</b>
<b>Seznam grafů.....</b>	<b>59</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>60</b>

# Úvod

Cévní mozkové příhody (CMP) jsou stále častou příčinou těžkého zdravotního postižení. Mohou způsobovat poruchy nejen pohybové, ale také sociální a ekonomické. Centrální mozkové poškození vede k rozsáhlým neurofyzilogickým a anatomickým změnám nejen v oblasti postižení, ale také v jiných oblastech, subkortikálních strukturách a dalších souvisejících drahách. Dochází k nim při poškození cévního zásobení mozku, které je nezbytné pro jeho správnou funkci. V závislosti především na místě a rozsahu léze se mohou vyvinout např. poruchy vědomí, vyšších mozkových funkcí (paměť, myšlení, učení, atd.), hybnosti, řeči, somatosenzorické, smyslové, poruchy rovnováhy či koordinace.

Při poškození mozkové tkáně má mozek schopnost přizpůsobit se novým podmínkám pomocí zkušeností a možnosti osvojování si nových poznatků na základě stále přicházejících podnětů. Tento jev označujeme jako neuroplasticitu. Jedná se o důležitou vlastnost nervového systému, kterou předpokládáme také při rehabilitaci. I u trvalého defektu centrálního nervového systému jsou stále k dispozici určité funkční rezervy a kompenzační schopnosti, které je vhodné při terapii uplatnit.

Z rehabilitačního hlediska se u pacientů po cévní mozkové příhodě snažíme ovlivnit především vznikající motorické problémy, které se projevují při běžných denních činnostech. Pro jejich vykonávání je mimo jiné nezbytná správná funkce horní končetiny, která může být po iktu více či méně narušena. Kolem roku 1960 se začala používat pro zlepšení postižené horní končetiny robotická terapie, která se postupně vyvíjela. Mezi nejnovější možnosti této terapie patří využití aktivně asistované terapie ve 3D prostoru v prostředí virtuální reality. Na tomto principu s vizuální a akustickou zpětnou vazbou pracují různé systémy, mezi které patří např. T-WREX či Armeo Spring. Zařízení Armeo Spring, představuje antigravitační non-robotickou ortézu, která umožňuje odlehčení paretické horní končetiny. Cílem této práce je zhodnotit vliv terapie systémem Armeo Spring na paretickou horní končetinu u pacientů po cévní mozkové příhodě.

Diplomová práce je uspořádána do pěti hlavních kapitol. První část obsahuje teoretické poznatky k dané problematice. Věnuje se problematice cévní mozkové příhody, dále se zabývá zpětnou vazbou, neuroplasticitou, rehabilitací po CMP a robotickou terapií. Druhá kapitola obsahuje cíl práce a hypotézy, ve třetí



je zpracovaná metoda výzkumu. Předposlední kapitola přibližuje výsledky jednotlivých vyšetření, které byly u pacientů provedeny před a po terapii na zařízení Armeo Spring. Poslední kapitola se věnuje diskusi výsledků, využití systému robotické terapie u jiných indikací, mezi které patří např. roztroušená skleróza či fraktura proximálního humeru.

I přes zlepšení probandů zjištěná v této práci by bylo vhodné provést další zhodnocení úspěšnosti a účinnosti terapie systémem Armeo Spring, především pro nízký počet zúčastněných probandů. Vhodné by bylo také porovnání výsledků s kontrolní skupinou.

K vyhledávání odborných článků a studií jsem využila převážně informačních zdrojů Univerzity Palackého v Olomouci. Odborné články a studie jsem vyhledávala nejčastěji v databázích PubMed, MEDLINE, ProQuest, Springer Link a ve vyhledávači Google scholar. Klíčovými slovními spojeními pro vyhledávání byly například stroke neuroplasticity, robotic therapy, robotic therapy of upper extremity, Armeo Spring. Pro diplomovou práci byly hledány informace především v cizojazyčných zdrojích v časovém období od září 2012 do května 2013. Celkem bylo použito 37 článků.

# 1 Přehled teoretických poznatků

## 1.1 Cévní mozková příhoda

Z každého desátého úmrtí ve světě je jedno způsobeno mozkovým iktem. Polovina lidí zasažených cévní mozkovou příhodou zůstává závislá na pomoci druhých, protože často dochází k omezení aktivity jedince v mnoha denních činnostech (Kalvach aj., 2010, s. 13, 22).

### 1.1.1 Klinický obraz

Cévní mozková příhoda (CMP) představuje syndrom charakterizovaný rychlým vznikem ložiskových nebo celkových příznaků, které přetrvávají déle než 24 hodin a mají zřetelný morfologický podklad. Příčinou je nejčastěji tepenný uzávěr (ischémie) nebo krvácení (hemoragie) do mozkové tkáně. Příznaky cévní mozkové příhody se mohou týkat těchto oblastí: poruchy vědomí, vyšších mozkových funkcí, hybnosti, řeči, somatosenzorické, smyslové, poruchy rovnováhy a koordinace. U některých lidí se projevují i jiné tzv. průvodné příznaky (Kalina aj., 2008, s. 19; Kaňovský, Herzig aj., 2007, s. 27).

Nejtypičtější a nejnápadnější projev CMP představuje porucha hybnosti, která je vnímána pacientem samotným i jeho okolím a vedle porušení řeči slouží také k rychlé diagnóze. Klinický obraz postižení kortikospinálního a kortikobulbárního traktu a příslušných korových oblastí je u plně vyvinutých příznaků známý jako porucha hybnosti poloviny těla (Kalina aj., 2008, s. 26–27).

Lokalizace CMP souvisí mnohdy s klinickým obrazem pacienta. Ke kontralaterální poruše hybnosti, která je více vyjádřena na horní končetině, především akrálně, a také v oblasti mimického svalstva, dochází při postižení a. cerebri media. Často je také přítomna snížená až vymizelá citlivost těla kontralaterálně. Léze omezené na capsula interna bývají charakterizovány zhruba stejným postižením na horní i dolní končetině. Dominující postižení dolní končetiny směřuje do povodí přední mozkové tepny (Kalina aj., 2008, s. 27; Kolář aj., 2009, s. 387–388).

## **1.2 Zpětná vazba**

Zpětná vazba neboli feedback poskytuje informace, které se týkají výsledků konkrétní činnosti, která byla ukončena nebo stále probíhá, čímž umožňuje osobě nebo skupině své aktivity zlepšovat. Feedback je důležitý také pro neustálou motivaci pacienta. Hlavním cílem zpětné vazby je však podporovat získávání vlastní kontroly fyziologických dějů (Basmajian, 1979, p. 1; Van Vliet & Wulf, 2006 in Rosati, 2010, p. 754).

Zpětná vazba může být také použita ke zlepšení pacienta prostřednictvím robotické terapie, tím, že bude neustále informován o průběhu jeho pohybu. Robotická terapie využívá usnadnění úspěšného zacílení pohybu a podporuje tak větší zapojení probanda do rehabilitačního cvičení (Van Vliet & Wulf, 2006 in Rosati, 2010, p. 754).

### **1.2.1 Biofeedback**

Biofeedback se začal používat mezi lety 1960–1970 jako jedna z možností léčby zdravotních problémů a zlepšení výkonu daného pacienta. Tato metoda vychází z poznatku, že lidský mozek a tělo jsou propojeny a lidé mohou toto spojení využít pro změnu jejich fyzické aktivity, zlepšení zdraví a funkce (Stumph, 2011).

Jedná se o proces, který umožňuje jedinci naučit se změnit fyziologickou aktivitu s cílem zlepšení zdraví a výkonu. Pomocí přístrojů měřících fyziologickou aktivitu jako jsou mozkové vlny, srdeční funkce, dech, svalová aktivita, teplota kůže, atd., dochází ke zpětné vazbě, kdy je daný jedinec přesně a rychle informován o jeho aktivitě. Zajištění těchto informací podporuje žádanou fyziologickou změnu. Při opakovaném využívání zpětné vazby mohou tyto změny přetrvávat bez používání daného přístroje. U této metody se pracuje s určitým vybavením, které slouží k učení volní kontroly pomocí např. vizuálních a zvukových signálů. Tyto signály umožňují ovládat mimo jiné také neuromuskulární aktivitu (Basmajian, 1979, p. 1; Stumph, 2011).

## 1.3 Neuroplasticita

Lidský mozek má schopnost přizpůsobit se novým podmínkám při proměnách zevního i vnitřního prostředí pomocí zkušeností a možnosti osvojování si nových poznatků na základě stále přicházejících podnětů. Mозek reaguje také na změny vznikající při jeho poškození. U poruchy mozkové tkáně dochází k řadě neurobiologických změn, které je potřeba v období rekonvalescence kompenzovat co nejlepší reorganizací poškozené tkáně (Johansson, 2007, p. 1417; Lipperová-Grünerová, Švestková, Angorová et al., 2006 in Kalvach aj., 2010, s. 363).

V některých situacích mohou určité části mozku přebírat ztracené funkce z jiných poškozených partií. Části mozku se tedy učí novým schopnostem (Feigin, 2007, s. 36).

Mozková plasticita je založena na modifikaci existujících buněk v CNS, ale také na proliferaci a diferenciaci progenitorních kmenových buněk dospělého mozku (Sommer, 2009, p. 468).

Výsledkem neuroplasticity mohou být příznivé i nepříznivé změny za vývoje jedince (evoluční plasticita), při krátkodobé expozici (plasticita reaktivní), nebo při funkční či morfologické obnově poškozených neuronálních okruhů (plasticita reparační, Kolář aj., 2009, s. 304).

### 1.3.1 Vývoj neuronálních okruhů (evoluční neuroplasticita)

Proces tvorby neuronálních okruhů můžeme rozdělit na tři fáze. V první fázi dochází k proliferaci budoucích neuronů, ve druhé fázi k jejich migraci na místa svého zapojení a ve třetí fázi – v období diferenciaci – k dosažení konečné velikosti, délky výběžků a uspořádání vstupních a výstupních obvodů. Časově se prolínají všechna tři stadia, například diferenciaci začíná již v průběhu migrace a proliferace může přetrvávat i v době, kdy se část buněčné populace již diferencuje. Nejprve dochází zpravidla k proliferaci makroneuronů (obvykle hlavní neurony dané populace, např. pyramidové buňky hippokampu) a glie. Postupně se vytváří spoje aferentní a eferentní zapojení příslušných funkčních systémů, později vznikají spoje asociační a modulační při diferenciaci mikroneuronů. Neplatí to však obecně, protože některé malé neurony přispívají také do relativně vzdálených oblastí mozku a některé makroneurony vysílají i vlákna do lokálních okruhů. Diferenciaci podpůrných buněk (glií) zajišťuje stálost

mikroprostředí nervové tkáně a spojení s kapilárami (Pokorný, 1996, s. 24; Pokorný & Trojan 1997, s. 668).

Jakmile se určitá oblast mozku během vývoje optimálně vyladí (tuning), zanikají nadbytečné neurony tzv. programovanou buněčnou smrtí neboli apoptózou (pruning). Protikladem apoptotických ztrát je tzv. pučení (sprouting). Jedná se o růst dendritů, především dendritických trnů. Pučení je součástí evoluční plasticity i procesů učení a plasticity reparační, kdy vytvořením nových dendritů a synapsí může dojít k lepší regeneraci poškozené části.

Oba procesy (pučení i apoptóza) mají klíčový význam pro dynamické změny nervového systému a lze je ovlivnit fyziologicky tréninkem nebo terapeuticky (Kolář aj., 2009, s. 304–305).

Vedle neurobiologických mechanismů sloužících k reorganizaci mozkových struktur mají vliv na průběh mozkové plasticity také neuromodulátory a neurotropické faktory (Kolář aj., 2009, s. 305).

### **1.3.2 Reaktivní neuroplasticita**

Jednou z možností odpovědi nervové tkáně na změny prostředí je bezprostřední reakce. Dochází k ní pouze v období působení podnětu nebo v období časově velmi blízkém. Možnost aktivace neuroplastických mechanismů ovlivněním organizace nervových struktur závisí na typu zásahu a na schopnostech organismu. Vliv má také období působení změn a citlivost jednotlivých tkání (Pokorný & Trojan 1997, s. 669).

### **1.3.3 Reparační neuroplasticita**

Projevem neuroplasticity je také schopnost nervové tkáně obnovit svoji funkci porušenou zásahem do struktury nervového systému. Základy neuroplastických dějů představuje genetický program, který určuje činnost jednotlivých elementů nervové tkáně. Reparační program je spouštěn změnami nervového systému, navozenými daným patologickým procesem.

Strukturní podklad reparačních dějů představují změny účinnosti nebo počtu synapsí, přeskupování a tvorba nových větví dendritů a axonů. Dále následuje přestavba lokálních neuronálních okruhů a případně i vznikají vztahy mezi jednotlivými funkčními mozkovými celky (Björklund & Stanevi, 1979 in Pokorný & Trojan 1997, s. 670).

Terapeutické postupy vychází z toho, že cílené stimuly (proprioceptivní, exteroceptivní, akustické, vizuální, motivační) způsobí změny v neurální struktuře a tím ovlivní nebo obnoví funkce poškozených oblastí mozku (Kolář aj., 2009, s. 305).

### **1.3.4 Mechanizmy neuroplasticity**

Mezi mechanizmy, které umožňují neuroplasticitu patří: vikarizace, demaskování neuronálních funkčních okruhů, dlouhodobá potenciace (long term potentiation – LTP), diaschiza a sprouting (nová spojení neuronů) (Lipperová-Grünerová, 2005 in Kalvach aj., 2010, s. 363).

#### *1.3.4.1 Vikarizace*

Hypotéza fyziologa Hermanna Munka o vikarizaci z roku 1877 popisuje možnost, že funkce poškozených nebo zničených oblastí mozkové kůry převezmou sousední oblasti kortexu (Munk in Kalvach aj., 2010, s. 363). Dnes je považovaná za pravděpodobnou především vikarizace funkčně příbuzných oblastí kortexu, které nemusí bezprostředně sousedit s lokalizací léze (Kalvach aj., 2010, s. 363).

#### *1.3.4.2 Demaskování neuronálních funkčních okruhů*

Tradičně se vychází ze somatotopického uspořádání těla v somatosenzorickém a motorickém kortexu. Možnosti elektrofyziologické diagnostiky ale vedly k jinému pohledu na organizaci motorických a somatosenzorických oblastí mozkové kůry. Zjistilo se, že na neuronální úrovni existuje velká variabilita motorických reprezentačních oblastí končetin nebo jejich částí (Huang, 1989 in Kalvach aj., 2010, s. 363).

Bylo také prokázáno (Lashley aj., 1950 in Murphy and Corbet, 2009, p. 862), že neurony podílející se na komplexních funkcích, jako je například paměťová stopa, nejsou lokalizovány pouze v jedné mozkové oblasti, ale jsou rozptýleny skrz celou mozkovou kůru. Proto i navzdory definovaným strukturálním okruhům je mozková funkce prostorově rozložena. Jednotlivé signály prochází četnými nervovými spoji, které jsou schopné adaptovat se na změnu podle určitých zákonitostí.

Murphy a Corbet (2009, p. 862) uvádí, že u dospělého mozku po cévní mozkové příhodě jsou dva důležité faktory umožňující plasticitu. Prvním je schopnost difuze a využití nadbytečných existujících spojů v CNS a druhým možnost propojení nových

strukturálních a funkčních okruhů, které vznikají přetvořením spojů mezi souvisejícími korovými oblastmi.

Předpokládá se, že adaptační procesy reorganizace v oblasti centrálního nervového systému probíhají v závislosti na používání dané struktury a je možné je tréninkem v rámci rehabilitace ovlivnit. Tento poznatek je významný pro pacienty po poškození mozku a jejich možnost zlepšení motoriky. Funkční reorganizace neuronálních struktur je založena na zjištění strukturálně předurčených synaptických spojů, které tvoří nejdůležitější předpoklad pro znovuobnovení nebo zlepšení motoriky během rehabilitace. Funkce takto nově vzniklých svazků se musí v dalším průběhu onemocnění stále optimalizovat, což je také úkolem rehabilitace. Ta se opakovaným používáním funkčních spojů cíleně zaměřuje na jejich správné zapojení (Kalvach aj., 2010, s. 363–364).

#### *1.3.4.3 Dlouhodobá potenciace (long-term potentiation, LTP)*

Long-term potentiation – jedná se o mechanismus funkčních změn v existujících neurálních drahách, kdy dochází k trvalému dlouhotrvajícímu zvýšenému uvolňování neuromediátoru z aktivované synapse vznikající následně po její opakované stimulaci vysokou frekvencí vzruchů.

Termín LTP vychází z faktu, že zvýšení synaptické aktivity neboli potenciace, trvalo velmi dlouho (desítky minut, hodiny nebo dny), ve srovnání s jinými procesy, které se také týkají synaptické aktivity (Atwood & MacKay, 1989; Paradiso, Bear & Connors, 2007, p. 718).

Od posttetanické potenciace a dlouhodobé facilitace se liší tím, že při ní musí být aktivovány postsynaptické receptory. Základem je vzestup intracelulárního  $Ca^{2+}$  v postsynaptickém neuronu. Potenciace představuje proces zahrnutý v mechanismech paměti a učení. Předpokládá se, že LTP je důležitá především v počátečních fázích učení a zapamatování. V hypotéze vysvětlující vznik LTP se vychází z úlohy NMDA receptorů v tomto procesu. Dlouhodobá potenciace byla pozorována především na glutamátergických zakončeních v hipokampu (Atwood & MacKay, 1989; Lynch, 2004, pp. 88–93).

Dle Kalvacha aj. (2010, s. 364) lze předpokládat, že tyto funkční změny synaptického přenosu (LTP) společně s morfologickými změnami oslabených synapsí vznikají u zvířat i lidí pomocí repetitivního tréninku. Zapojení strukturálně

předurčených synaptických spojů je prvním krokem v průběhu funkčního zlepšení motorických deficitů způsobených poškozením centrálního nervového systému. Je ale nutné, aby v dalším průběhu onemocnění došlo k upevnění a optimalizaci nových funkčních systémů – na tuto problematiku se zaměřují terapeutické formy rehabilitace. Při opakovaném používání neurální spoje dokonaleji fungují, proto je k naučení nové motorické aktivity potřebné žádaný pohyb vykonávat repetitivně. Dále ke zlepšení pohybu přispívá také využití zpětné vazby.

#### *1.3.4.4 Diaschiza*

S tímto pojmem je spjat proces, kdy dochází ke ztrátě nebo změně funkce, například v důsledku výpadku excitačního nebo inhibičního podnětu, v ohraničených oblastech mozku. Tato ztráta vzniká na základě léze jiné, ale anatomicky propojené části. Jedná se o dysfunkci distálně položené mozkové tkáně, která nebyla zničena, ale jejíž krevní zásobení bylo pozměněno z důvodu přerušení cévy nad touto oblastí (Sist, Jesudasan and Winship, 2012).

Diaschiza se považuje za reverzibilní, pokud však přetrvává po delší dobu, může dojít ke strukturálním změnám příslušné oblasti (Kalvach aj., 2010, s. 364).

#### *1.3.4.5 Sprouting*

Při tomto ději dochází ke vzniku výrůstků, pučení zachovaných axonů a následné obnově synaptických kontaktů. Stále se neprokázalo, zda funkční zlepšení po poškození senzomotorického kortexu probíhá pomocí sproutingu. Dle Zhanga et al. (2010 in Raskin, 2011, p. 42) také léčba, která podporuje větší sprouting axonů, zlepšuje funkční výsledky. Kalvach aj. (2010, s. 364) vychází z toho, že sprouting a funkční zlepšení probíhají paralelně.

Výsledkem neuroplasticity jsou změny funkce neuronálních okruhů mozku. K novotvorbě neuronů dochází pouze v úvodním období ontogenetického vývoje, ale strukturální podstatou neuroplastických dějů je reorganizace a tvorba dendritického i axonálního větvení, tvorba nových synapsí a změna funkční kapacity či kombinace synapsí již existujících (Pokorný, 1996, s. 22).



Reorganizace neuronálních spojů mezi mozkovými centry zahrnuje většinou změny na synaptické úrovni, ale také přestavbu synaptických spojů nervových okruhů (Pokorný, 1996, s. 24).

### **1.3.5 Plastické změny**

Plastické změny mohou v podstatě probíhat na třech úrovních: synaptické, lokálních okruhů a multimodulární (Pokorný & Trojan 1997, s. 670–672).

## **1.4 Rehabilitace po CMP**

Centrální mozkové poškození vede k rozsáhlým neurofyziologickým a anatomickým změnám nejen v oblasti postižení, ale také v ostatních oblastech, v subkortikálních strukturách a dalších souvisejících drahách. Specificky cílené tréninky mohou pomocí plasticity zlepšit neurofyziologické spoje (Floel and Cohen, 2006, p. 1; Gutiérrez, Merino, Lecinana et al., 2009, p. 179).

Ve fyzioterapeutických postupech u pacientů s neurologickým postižením vycházíme především z neurofyziologických poznatků. Neuroplasticita je důležitou vlastností nervového systému, kterou při rehabilitaci předpokládáme. I když dojde k trvalému defektu tohoto systému, jsou k dispozici určité funkční rezervy a kompenzační schopnosti, které je třeba při terapii uplatnit. Plasticita mozku v sobě nese potenciál dynamické proměny a v tomto smyslu můžeme celý nervový systém za plastický pokládat (Kolář aj., 2009, s. 303–304).

Jak uvádí Johansson, mozkové poškození může měnit korovou reprezentační oblast a subkortikální struktury, stejně tak, jako cílený trénink a opakovaný vstup sensorické informace (Johansson, 2004, pp. 232–234; Johansson, 2007, p. 1 418).

Tradiční rehabilitační postupy jsou dnes doplněny sofistikovanou technikou, kterou někdy označujeme jako robotickou terapii. Robot může zajistit intenzivní trénink se stálým působením, nepodléhá únavě a může programovat precizní, individuální přizpůsobení v závislosti na potřebách pacienta. Tato metoda může nabídnout různé způsoby senzomotorické zpětné vazby, jako je vizuální a zvuková zpětná vazba v průběhu tréninkových lekcí, k facilitaci motorického učení. Robotická terapie ukazuje významné zlepšení funkce horní končetiny a síly u pacientů po CMP. Toto zlepšení je ale pouze zřídka zaznamenáno při vykonávání denních činností (Hesse, Werner, Pohl et al., 2008; Lum, Burgar, Van der Loos et al., 2006; Merholz, Platz, Kugler et al.,

2009; Volpe, Lynch, Rykman-Berland et al., 2008 in Liao, Ching-yi, Yu-wei et al., 2011, p. 112).

## **1.5 Robotická terapie**

### **1.5.1 Historie**

Robotika v rehabilitaci je často spojena s přístroji používanými pro pomoc v pracovním prostředí, pro usnadnění vykonávání denních činností nebo specificky na určitou funkci například na stravování. Nejčastěji robotická technika zlepšuje mobilitu – známé je především využití elektrického vozíku, protéz a ortéz. Velkou část však představuje také robotika sloužící k terapeutickým účelům (Hillman, 2004, p. 26).

První využití robotické technologie v terapii horní končetiny je datováno do doby kolem roku 1960. Jednalo se o elektrickou ortézu se čtyřmi stupni volnosti. Tato konstrukce podporovala poškozenou paži pacienta při provádění určitých manipulačních úkolů. Rehabilitace probíhala v přítomnosti terapeuta. Zajímavé je, že tato ortéza pracovala pomocí vzduchového pohonu (Leifer, 1981 in Hillman, 2004, p. 26).

Na dalším projektu v tomto období pracoval Rancho Los Amigos s tzv. Golden Arm, elektrickou ortézou se sedmi stupni volnosti. Vytvořilo se několik verzí. Poslední z nich byla připevněna na invalidní vozík. Konstrukci spojující jednotlivé klouby ale chybělo dostatečné propracování pro vykonávání běžných pohybů.

K významnému rozvoji dalších systémů docházelo od 60. let minulého století, což úzce souviselo s nástupem nových počítačových technologií (Leifer, 1981 in Hillman, 2004, pp. 26–27).

### **1.5.2 Robotická terapie u pacientů po CMP**

Robotika k zajištění pohybové terapie pacientů po cévní mozkové příhodě se stává oblastí se vzrůstajícím počtem využití.

Pro rehabilitaci po CMP jsou zde tři možnosti, jak může být robotika aplikována:

- ❖ Pasivní terapie – pohyb je prováděn pomocí robota, pacient zůstává relaxován. Slouží především k udržení rozsahu pohybu v kloubu.
- ❖ Aktivně asistovaná terapie – pacient zahajuje pohyb, ale robot v průběhu pohybu pomáhá.

- ❖ Aktivně resistovaná terapie – pacient provádí pohyb proti odporu, který klade robot (Hillman, 2004, pp. 37–38).

Dle Klobucké, Královičové & Žiakové (2010, s. 164–165) by použití robotické rehabilitace horní končetiny mohlo být využito pro samostatný trénink pacienta bez přítomnosti terapeuta.

### 1.5.3 T-WREX systém

Za účelem aktivně asistovaného tréninku horní končetiny byl zkonstruován tréninkový systém, tzv. Therapy Wilmington Robotic Exoskeleton (T-WREX, viz Obr. 1), který byl původně používán jako asistenční pomůcka pro děti s neuromuskulárními problémy, jako jsou například svalová dystrofie nebo artrogrypóza (Housman, Scott & Reinkensmeyer, 2009, pp. 505-514; Housman, Rahman, Sanchez et al., 2007; Rahman, Sample, Jayakumar et al., 2006 in Klobucká, Královičová & Žiaková, 2010, s. 165).

**Obrázek 1 - Systém T-WREX**



(Upraveno dle <http://docs.exdat.com/docs/index-45284.html>)

T-WREX je pasivní (non-robotická) ortéza horní končetiny, která odlehčuje její hmotnost antigravitačním působením ve 3D prostoru pomocí ergonomické a nastavitelné opěrky. Dovoluje přirozený pohyb v pracovním prostoru o velikosti

cca 66 % normálního pracovního prostoru ve vertikále a 72 % v horizontální rovině. Pomocí systému T-WREX lze kvantifikovat rozsah pohybu a sílu úchopu v průběhu terapie. Ulehčuje uživatelům se středně těžkou až těžkou hemiparézou dosáhnout větší rozsah pohybu než je možné bez odlehčení hmotnosti horní končetiny. Tento systém také umožňuje používání horní končetiny cíleně a koordinovaně, i při malé schopnosti pohybu.

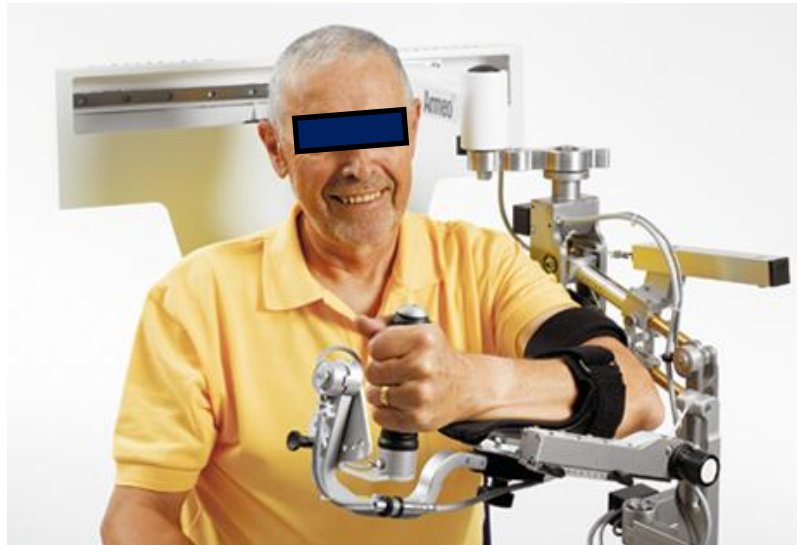
Při použití tohoto zařízení je vyžadována iniciace pohybu pacientem, což předpokládá jeho aktivní spoluúčast v průběhu tréninku. Při porovnání s tradiční manuální podporou nabízí T-WREX jednoduše nastavitelné, variabilní úrovně podpory hmotnosti horní končetiny s jednoduchou instalací a možností přizpůsobení pro různé velikosti končetiny (Klobucká, Královičová & Žiaková, 2010, s. 165).

Modifikovaná verze T-WREX je v současnosti distribuovaná firmou Hocoma pod názvem Armeo Spring. Tento systém byl vytvořen ve spolupráci s předními vědci Kalifornské univerzity v Irvinu a klinické testy byly provedeny v Rehabilitačním institutu v Chicagu (Klobucká, Královičová & Žiaková, 2010, s. 165).

#### **1.5.4 Systém Armeo Spring**

Zařízení Armeo Spring (viz Obr. 2; Armeo Spring, Hocoma AG, Switzerland) je nainstalováno na vozíku, který lze umístit za židli nebo invalidní vozík pacienta. Hlavní konstrukce je sestavena z exoskeletu ruky s integrovaným pružinovým mechanismem, složeného ze dvou částí: pro předloktí a části tvarované jako rovnoběžník pro paži. Zařízení tedy obsahuje ortézy s pěti stupni volnosti (3 pro ramenní kloub, 1 pro loketní kloub a 1 pro zápěstí). Armeo Spring umožňuje odlehčení hmotnosti končetiny a poskytuje tak možnost procítit ovládání horní končetiny ve všech pozicích v dostupném pracovním prostoru. Vyloučení působení gravitace na paretickou horní končetinu lze přizpůsobit v závislosti na dovednostech pacienta. Armeo Spring obsahuje také elektronické senzory citlivé na sílu úchopu a rozsah pohybu horní končetiny. Senzor úchopu tvoří cylindricky tvarovaná hydraulická rukojeť, která detekuje pohyb prstů a umožňuje zařazení úchopu a uvolnění do tréninku (Diesing, 2012; Schwickert, Klenk, Stähler et al., 2011, p. 388).

**Obrázek 2 - Systém Armeo Spring**



(<http://soplinski.blog.onet.pl/2009/03/10/na-styku-przeszlosci-z-przyszloscia/>)

Konstrukce se zabudovanými senzory na každém kloubu poskytuje 3D vstup pro počítačovou hru ovládanou pomocí hemiparetické končetiny. Trénink tedy probíhá ve 2D a 3D pracovním prostoru, kdy elektromotorické senzory pohybů horní končetiny a senzory zaznamenávající sílu úchopu umožňují pacientovi interakci s terapeutickými počítačovými hrami a poskytují kvantitativní zpětnou vazbu. Snímač uchopení je používán pro kombinovaný trénink funkce ruky a ramene. Tento snímač je možné vyřadit a pacient může v rámci nácviku běžných denních aktivit následně trénovat uchopování reálných předmětů (například sklenice, jablka) při stálém odlehčení horní končetiny (Gijbels, Lamers, Kerkhofs et al., 2011, pp. 2–3).

V rámci tréninku lze využít:

- ❖ aktivně asistované cvičení horní končetiny (flexe, extenze, abdukce, addukce, zevní rotace, vnitřní rotace ramenního kloubu; flexe, extenze loketního kloubu; supinace, pronace předloktí; flexe, extenze zápěstí a úchop)
- ❖ cílené repetitivní aktivní pohyby
- ❖ nácvik úchopu.

Nainstalované senzory a počítačový program zaznamenávají aktivní pohyby horní končetiny v každém kloubu při všech cvičeních a poskytují terapeutovi informace pro vyhodnocení zlepšení a určení správného stupně obtížnosti (Diesing, 2012).

Hry byly vytvořeny pro pacienty s lehkým percepčním a kognitivním deficitem se záměrem umožnit repetitivní a cílený trénink. Při používání systému Armeo si mohou terapeuti vybrat z množství funkčních úkolů pro horní končetinu a cviků pro trénink úchopu. Před léčbou lze navrhnout individuální tréninkové programy pro každého pacienta se zacílením na určité svalové skupiny s podporou aktivních pohybů. Jednotlivé terapeutické položky, jako například nakupování ovoce, vyčištění sporáku, atd. byly vytvořeny podle funkční potřeby a přirozené motivace. Zraková a sluchová zpětná vazba po celou dobu terapie podporuje udržování pozornosti. Uživatelům je umožněn také objektivní výstup výkonu v podobě číselného skóre, což zvyšuje motivaci a uvědomění si pokroku terapie. Po nastavení terapeutického plánu provádí pacient zadanou sekvenci cvičení jako samostatný trénink. Všechna cvičení jsou realizována v prostředí virtuální reality, kde se přehledně zobrazují funkční úkoly i výkon pacienta. Údaje o výkonu se ukládají do počítače a terapeut je může využít pro kontrolu, hodnocení a dokumentaci zlepšení klienta (Gijbels, Lamers, Kerkhofs et al., 2011, pp. 2–3; Diesing, 2012).

Fyzioterapeut má integrační úkol při úvodním nastavení programu a dohlíží na průběh a optimalizaci terapie. Dosahování cílů a výsledků v každém cvičení je automaticky přizpůsobené každému pacientovi, takže i minimální úsilí může mít úspěch v podobě pozitivního skóre v nastavených úkolech (Gijbels, Lamers, Kerkhofs et al., 2011, pp. 2–3; Diesing, 2012).

#### *1.5.4.1 Možnosti využití Armeo Spring*

Systém Armeo Spring může být využit u pacientů po cévní mozkové příhodě, traumatu mozku a míchy, s roztroušenou sklerózou, se spinální svalovou atrofií, neuromuskulárním onemocněním, dětskou mozkovou obrnou, u stavů po implantaci endoprotézy ramenního kloubu, případně po operacích ramenního nebo loketního kloubu nebo při hypotrofii či atrofii svalstva horní končetiny z inaktivity (Diesing, 2012).

#### *1.5.4.2 Kontraindikace*

Akutní infekční onemocnění, febrilní stavy, nespolupracující, agresivní pacienti, těžký kognitivní deficit, nemožnost přizpůsobení ortézy pacientovi, subluxace nebo bolesti v ramenním kloubu, těžké vazivové zkrácení svalu, těžká spasticita, extrapyramidová symptomatologie s nekontrolovatelnými pohyby (ataxie, dyskineze, myoklonie), nekonsolidované fraktury, těžká osteoporóza, atrodéza ramenního nebo loketního kloubu, osteomyelitída, poruchy citlivosti, posturální nestabilita těžkého stupně, poruchy kožního krytu v oblasti horní končetiny, pacienti na kontinuální infuzní léčbě nebo na umělé plicní ventilaci, kontraindikace pozice vsedě, těžká porucha zraku (Diesing, 2012).



## **2 Cíl práce a hypotézy**

### **2.1 Cíl práce**

Zhodnotit vliv terapie zařízením Armeo Spring na paretickou horní končetinu u pacientů po cévní mozkové příhodě.

### **2.2 Hypotézy**

**H<sub>01</sub>:** Není rozdíl v motorické funkci paretické horní končetiny (dle ARAT) před terapií a po terapii.

**H<sub>02</sub>:** Není rozdíl v motorické funkci paretické horní končetiny (dle FMA-UE) před terapií a po terapii.

**H<sub>03</sub>:** Není rozdíl v senzitivní funkci paretické horní končetiny (dle FMA-UE) před terapií a po terapii.

**H<sub>04</sub>:** Není rozdíl ve velikosti síly úchopu paretické horní končetiny před terapií a po terapii.

**H<sub>05</sub>:** Není rozdíl ve velikosti spasticity paretické horní končetiny před terapií a po terapii.

## **3 Metoda výzkumu**

### **3.1 Charakteristika sledované skupiny**

Sledovaný soubor diplomové práce obsahoval 8 probandů po CMP. U všech pacientů se jednalo o ischemickou cévní mozkovou příhodu, z toho 7 jedinců postihla CMP l. dx. v povodí ACM vlevo s pravostrannou hemiparézou a 1 pacientku CMP l. sin. v povodí ACM vpravo s levostrannou hemiparézou. Z celkového počtu zkoumaných osob byly 3 ženy a 5 mužů. Průměrný věk byl 48,88 ( $\pm 10$ ) let, průměrná doba uplynulá od iktu 18,3 ( $\pm 4,5$ ) dní (s výjimkou probanda č. 4, u kterého byla doba od iktu 8 měsíců a 7 dní). Do výzkumu byli vybráni soběstační pacienti, bez významného kognitivního deficitu, jejichž průměrná hodnota Funkčního indexu soběstačnosti (FIM, viz Příloha 4, str. 65) byla 120 ( $\pm 5,53$ ) bodů a průměrné hodnocení dle Mini-Mental State Examination (MMSE, viz Příloha 5, str. 66) 23,75 ( $\pm 4,86$ ) bodů. Podmínkou pro zařazení do diplomové práce byla velikost spacity  $\leq 3$  (dle Ashworthovy škály), přítomnost parézy horní končetiny, nepřítomnost další neurologické poruchy (například diabetická polyneuropatie, Parkinsonský syndrom), těžké afázie nebo demence a zájem pacienta o tento druh terapie. Probandi nebyli v době měření zatíženi infektem, nebo jakýmkoliv jiným stavem, který by mohl nepříznivě ovlivnit výsledek měření. V průměru trvala terapie zařízením Armeo Spring 11 ( $\pm 2$ ) dny.

### **3.2 Realizovaná měření**

Změna klinického stavu v důsledku využití terapie zařízením Armeo Spring byla hodnocena pomocí standardizovaného klinického testování. Pacienti podstoupili testování motorických a senzitivních funkcí paretické horní končetiny, hodnocení síly úchopu pomocí dynamometru a hodnocení spasticity dle Ashworthovy škály nejprve před začátkem série terapií a podruhé po jejím ukončení.

Dále jsme u všech subjektů pro zhodnocení motorické funkce paretické horní končetiny použili Action Research Arm Test (ARAT, viz Příloha 6, str. 67) a Fugl-Meyer assessment – upper extremity (FMA-UE, oddíl A-D; viz Příloha 7, str. 68-70), pro posouzení senzitivních funkcí paretické horní končetiny jsme využili Fugl-Meyer assessment – upper extremity (FMA-UE, oddíl H; viz Příloha 7, str. 71). Pro změření síly úchopu byl použit dynamometr. Velikost spasticity byla určena podle

Ashworthovy škály (viz Příloha 8, str. 71). Hodnocení spasticity dle Ashworthovy škály se týkalo těchto svalů: m. pectoralis major, flexory a extenzory lokte, zápěstí a prstů, m. supinator a mm. pronatores.

### **3.2.1 Klinická vyšetření**

FIM hodnotí schopnosti pacienta v oblastech každodenních činností, mobility, komunikace a kognitivních funkcí. Celkem obsahuje 18 činností v šesti kategoriích: osobní péče, kontinence, přesuny, lokomoce, komunikace, sociální aspekty. Maximální možné skóre je 126 bodů (viz Příloha 4, str. 65).

MMSE slouží k posouzení kognitivních funkcí. Test zahrnuje celkově 10 subtestů, které hodnotí orientaci pacienta v čase a prostoru, krátkodobou paměť, početní schopnosti, pozornost, čtení, psaní, řeč a konstrukčně-praktické dovednosti. Maximální skóre v MMSE je 30 bodů (viz Příloha 5, str. 66).

ARAT hodnotí jemnou a hrubou motoriku horní končetiny během sedu při zvládnutí konkrétních standardizovaných úkolů. Maximální možný dosažený počet bodů je 57 (viz Příloha 6, str. 67).

FMA-UE (viz Příloha 7, str. 68) slouží k posouzení motorické a senzitivní funkce paretické horní končetiny. Maximální možný počet při popisu motorické funkce je 66 bodů. Při hodnocení senzitivní funkce představuje maximum 12 bodů.

Dynamometr hodnotí sílu úchopu horní končetiny. Ashworthova škála spasticity (viz Příloha 8, str. 71) posuzuje velikost spasticity.

## **3.3 Průběh terapie zařízením Armeo Spring**

Všichni probandi byli hospitalizováni na Oddělení rehabilitace Fakultní nemocnice v Olomouci. Po celou dobu hospitalizace u nich probíhala dvakrát denně obvykle prováděná terapie na tomto pracovišti, obsahující prvky Bobath konceptu, prvky propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), nácvik stereotypu chůze, nácvik soběstačnosti (s prvky ergoterapie), využití terapie v kineziologické laboratoři (posturograf, C-mill), apod. V rámci této diplomové práce pod dohledem fyzioterapeuta absolvovali navíc terapii se zařízením Armeo Spring, pracujícím na základě vizuální a akustické zpětné vazby. Před začátkem účasti tohoto výzkumu pacienti podepsali informovaný souhlas (viz Příloha 3, str. 64), kde byli seznámeni s průběhem a účelem měření. Terapie probíhala vždy 3 krát týdně po dobu dvou týdnů. Jedna lekce trvala

± 30 minut, úkoly byly vybrány podle schopností každého probanda. Pokusili jsme se zajistit, aby prostředí místnosti bylo klidné s minimalizací rušivých akustických vjemů a se stálou teplotou.

Terapeut provedl před tréninkem dle manuálu individuální nastavení zařízení Arneo Spring (tj. dle schopnosti probanda udržet končetinu proti gravitaci, maximálního aktivního rozsahu pohybu v pracovním prostoru, zvládnutelného stupně obtížnosti cvičení). Počáteční množství podpory proti působení gravitace bylo určeno v pozici horní končetiny ve 45° flexi v rameni a 90° flexi v lokti. Jestliže u účastníků bylo v průběhu opakování terapií pozorováno zlepšení, původní nastavení míry podpory se změnilo v závislosti na aktuálním stavu pacienta.

Před zahájením každé terapie se nastavil celkový 3D pracovní prostor. Rozsahy do supinace/pronace předloktí, flexe/extenze zápěstí a citlivost rukojeti se přizpůsobily uživateli pomocí tzv. kalibrování pracovního prostoru. Při nastavení tohoto prostoru vždy pacient provedl pohyb v určitém směru v závislosti na jeho aktuálním rozsahu (například pravý okraj pracovního prostoru se nastavil podle maximálního pohybu paže pacienta doprava). Zvláště byl vyhodnocen okraj pravý, levý, spodní, horní, a pro 3D rozměr, také pohyb co nejbližší k tělu a co nejdále od těla. U jednotlivých rozsahů se nechávalo vždy místo mezi ortézou a tělem pacienta alespoň na dva prsty. Všechna data terapeut průběžně ukládal do počítače. Poté se vložily údaje o pohybech v lokti a zápěstí (tyto klouby se daly tzv. uzamknout pro pacienty, kteří například nedokázali udržet zápěstí či loket ve středním postavení). Následovalo nastavení síly úchopu s uložením údajů, kdy pacient maximálně stiskl hydraulickou rukojeť a potom úplně stisk povolil (natáhl prsty). Rozsah pracovního prostoru si pacient vyzkoušel ihned po uložení zmíněných parametrů. Jestliže na určité místo ve 3D prostoru nedosáhl, okamžitě jsme data upravili. Aby byl prostor nastaven optimálně vůči schopnostem pacienta, mohla se u všech uvedených směrů pohybu provést kalibrace specifická pro dané cvičení.

Z možné nabídky jsme vybrali úkoly vhodné pro daného pacienta, které potom prováděl pomocí virtuálních předmětů nebo zobrazené virtuální ruky. Všichni účastníci začínali nejjednodušší obtížností (velmi snadná), která se u lepších pacientů zvyšovala (přes snadnou a středně obtížnou po obtížnou). Vyšší úroveň jsme volili, pokud pacienti daný úkol stihli vykonat před koncem časového limitu. U některých úkolů jsme zaznamenali velký rozdíl mezi tzv. středně obtížnou a obtížnou úrovní, kdy byl úkol

pro daného pacienta příliš jednoduchý nebo naopak příliš obtížný. V tomto případě jsme volili u probandů těžší variantu s cílem vyšší motivace pacienta, za cenu nedokončení daného úkolu ve stanoveném čase. Například při „Odkrytí obrazu“ proto zůstaly na obrazovce bílé plochy. Někteří probandi i po opakované terapii zůstávali pouze u velmi snadné obtížnosti, kterou se snažili za daný čas splnit. Čas u určitých cvičení byl nastaven automaticky (počítačem) v závislosti na zvolené obtížnosti, u ostatních úkolů se mohl měnit (1, 2, 3, 5 minut či bez limitu). Provádění jednoho úkolu v naší práci trvalo maximálně 5 minut. Při první terapii jsme postupovali od nejjednodušších cvičení po obtížnější, při dalších jsme úkoly náhodně střídali. Využili jsme cvičení pro nácvik flexe/extenze v lokti, horizontální abdukci/addukci ramene, flexi/extenzi ramene, supinaci/pronaci předloktí. Uvedené pohyby byly také u některých úkolů kombinovány s úchopem a uvolněním. Jestliže pacient nezvládl úchop provést, bylo možné u cvičení nastavit tzv. automatické uchopení.

Mezi jednoduchá cvičení v 2D prostoru patří například „Děšť v hrníčku,“ kdy pacient musí pohybovat virtuálním hrníčkem laterálně z levé strany na pravou stranu a zachycovat kapky náhodně padající dolů (viz Obr. 3). Správné provedení úkolu doprovázely zvukové signály ve formě akustické zpětné vazby. Touto činností je proband nucen střídat flexi a extenzi v lokti spolu s horizontální abdukci a addukci ramene. Terapeut klade důraz na udržení HK ve středním postavení bez rotací či plantární/dorzální flexe v zápěstí.

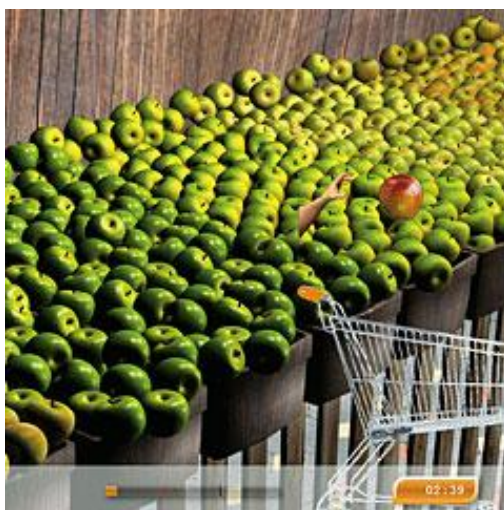
**Obrázek 3 - Systém Armeo Spring, cvičení „Děšť v hrníčku“**



(<http://www.hocoma.com/index.php?id=587>, 2011)

K úkolům, při kterých pacient využívá také stisk ruky, patří například „Nakupování ovoce.“ Proband zde musí uchopit červené jablko a dát ho do nákupního košíku pohybem ve frontální rovině. K pohybům jako jsou - flexe/extenze lokte, horizontální abdukce/addukce ramene a flexe/extenze ramene - je také přidán úchop s uvolněním (viz Obr. 4). Při tomto cvičení lze také samostatně nastavit pozici nákupního vozíku na pravou či levou stranu obrazovky. Při postižení pravé HK jsme nákupní vozík postavili vlevo a naopak, s cílem provádění větších pohybů paretické horní končetiny. U tohoto úkolu může být využit také biofeedback při nácvičování síly úchopu (popsáno dále v textu).

**Obrázek 4 - Cvičení „Nakupování ovoce“ s možným nastavením vozíku a znázorněním síly úchopu**



(<http://hocoma.xuul.org/en/products/armeio/armeio-spring/features-functions/>)

Obtížnější cvičení ve 3D pracovním prostoru představuje například „Odkrytí obrazu,“ kde pacient musí pomocí houby odkrýt stěny místnosti na obrazovce, tj. odstranit bílé dlaždice. Zde bylo možné nastavení aktivního stisku rukojeti pro odkrytí jednotlivých dlaždic.

Pro nácvičování síly úchopu jsme u některých úkolů (například při cvičení „Rozklepnutí vejce“) použili biofeedback, kdy pacient mohl v rámci provádění dané činnosti vidět znázornění síly stisku hydraulické rukojeti. V tomto cvičení při příliš malé síle (počítač automaticky nastavuje hranici 33 % z celkové síly úchopu probanda) vejce nelze uchopit, naopak při síle příliš velké (počítačem nastavená hranice 66 % z celkového stisku rukojeti) dochází k jeho rozbití. Nácvičování úchopu lze ztížit či zjednodušit

posunutím počítačově nastavené hranice. Případně byla možnost nastavit tzv. automatický úchop, kdy stačí, aby na daný předmět (například vejce či jablko) pacient pouze najel virtuální rukou.

### **3.4 Statistické zpracování dat**

Pomocí programu Microsoft Excel a R 2.13.0 jsme provedli statistické vyhodnocení dat. Vypočítali jsme základní popisnou statistickou veličinu – medián pozorovaných hodnot. Hypotézy jsme testovali jako nulové při hladině významnosti  $p < 0,05$ , proti alternativě, že hodnoty po terapii budou významně vyšší u H1–H4 respektive nižší u H5. Data nemají normální rozdělení, proto jsme pro ověření nulové hypotézy zvolili neparametrický párový Wilcoxonův test, který předpoklad normality nevyžaduje. Pomocí Wilcoxonova testu jsme zjistili, zda je ve vybraných parametrech statisticky významný rozdíl.

## 4 Výsledky

Výsledky Funkčního indexu soběstačnosti (FIM) a Mini-Mental State Examination (MMSE) jsou uvedeny v tabulce č. 1 (viz Příloha 1, str. 61) spolu s charakteristikou jednotlivých probandů.

### 4.1 Výsledky k hodnocení motorické funkce

#### 4.1.1 Action Research Arm Test

H<sub>0</sub>1 ve znění: „Není rozdíl v motorické funkci paretické horní končetiny (dle ARAT) před terapií a po terapii“ zamítáme, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaného skóre v Action Research Arm Test před a po terapii ( $p = 0,01$ ; viz tab. 1).

Jak uvádí tabulka 1, došlo ke zvýšení celkového mediánu i průměrné hodnoty.

Skóre u sedmi probandů (1,2,3,5,6,7,8) se zvýšilo. Pouze u probanda 4 se dosažené skóre nezměnilo (viz graf 1; procentuální úspěšnost v ARAT viz tabulka č. 2, Příloha 2, str. 61).

**Tabulka 1 - Hodnoty ARAT před a po terapii.**

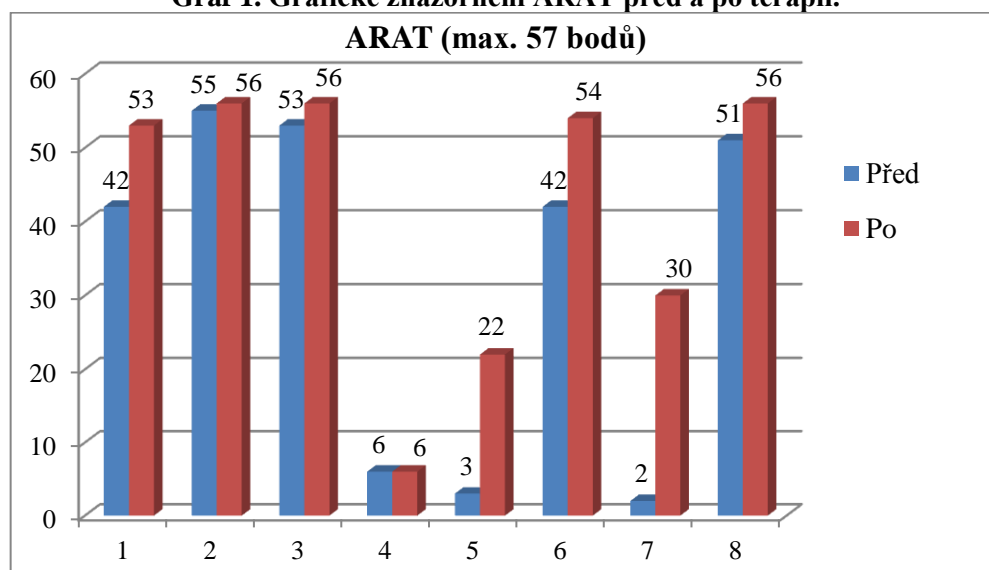
	ARAT před terapií (max. 57 bodů)	ARAT po terapii (max. 57 bodů)
<b>proband 1</b>	42	53
<b>proband 2</b>	55	56
<b>proband 3</b>	53	56
<b>proband 4</b>	6	6
<b>proband 5</b>	3	22
<b>proband 6</b>	42	54
<b>proband 7</b>	2	30
<b>proband 8</b>	51	56
průměr	31,75	41,63
medián	42	53,5
p	<b>0,011</b>	

#### Legenda k tabulce 1

Výsledky Action Research Arm Test. Hodnoty byly získány z dosaženého skóre v ARAT (viz Příloha 6, str. 67), p – označuje hladinu významnosti zkoumaného jevu. Testy jsou významné při hladině  $p < 0,05$ .



**Graf 1. Grafické znázornění ARAT před a po terapii.**



**Legenda ke grafu 1**

Grafické znázornění ARAT = Action Research Arm Test, svislá osa označuje počet bodů v testu, vodorovná osa číslo probanda. Modrá barva znázorňuje stav před terapií, červená po terapii.

**4.1.2 Fugl-Meyer assessment – upper extremity**

H<sub>02</sub> ve znění: „Není rozdíl v motorické funkci paretické horní končetiny (dle FMA-UE, oddíl A-D) před terapií a po terapii“ zamítáme, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaného skóre v FMA-UE před a po terapii (p = 0,03; viz tab. 2).

V celkovém hodnocení pozorujeme zvýšení jak mediánu, tak průměrné hodnoty.

Jak uvádí tabulka 2 a graf 2, došlo ke zlepšení u pěti probandů (1, 5, 6, 7, 8), u tří probandů (2, 3, 4) se dosažená hodnota v daném testu před a po terapii nezměnila (procentuální úspěšnost v FMA-UE, oddíl A–D, viz tabulka č. 3, Příloha 2, str. 62).

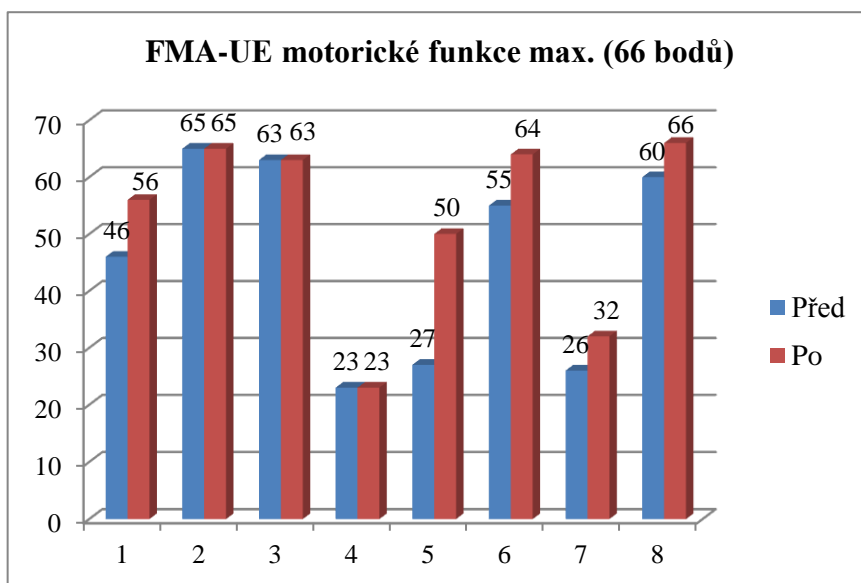
**Tabulka 2 - Hodnoty FMA-UE (motorické funkce) před a po terapii.**

	FMA-UE motorické funkce před terapií (max. 66 bodů)	FMA-UE motorické funkce po terapii (max. 66 bodů)
<b>proband 1</b>	46	56
<b>proband 2</b>	65	65
<b>proband 3</b>	63	63
<b>proband 4</b>	23	23
<b>proband 5</b>	27	50
<b>proband 6</b>	55	64
<b>proband 7</b>	26	32
<b>proband 8</b>	60	66
průměr	45,63	52,38
medián	50,5	59,5
p	<b>0,029</b>	

**Legenda k tabulce 2**

Výsledky hodnocení motorické funkce dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity. Hodnoty byly získány z dosaženého skóre v FMA-UE (oddíl A-D, viz Příloha 7, str. 68), p – označuje hladinu významnosti zkoumaného jevu. Testy jsou významné při hladině  $p < 0,05$ .

**Graf 2. Grafické znázornění FMA-UE (motorické funkce) před a po terapii.**



**Legenda ke grafu 2**

Grafické znázornění FMA-UE = Fugl-Meyer assessment – upper extremity, svislá osa označuje počet bodů v testu, vodorovná osa číslo probanda. Modrá barva znázorňuje stav před terapií, červená po terapii.

## 4.2 Výsledky k hodnocení senzitivní funkce dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity

H<sub>03</sub> ve znění: „Není rozdíl v senzitivní funkci paretické horní končetiny (dle FMA-UE, oddíl H) před terapií a po terapii“ zamítáme, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaného skóre v FMA-UE před a po terapii ( $p = 0,049$ ).

Jak uvádí tabulka 3, při hodnocení senzitivní funkce dle FMA-UE došlo ke zvýšení mediánu i průměrné hodnoty.

Skóre u čtyř pacientů (5, 6, 7, 8) se po terapii zařízením Armeo Spring zvýšilo. U čtyř probandů (1, 2, 3, 4) se dosažené skóre nezměnilo. Z toho u dvou zúčastněných (1, 3) dosahovalo maximální hodnoty již při prvním vyšetření (viz graf 3, procentuální úspěšnost v FMA-UE, oddíl H, viz tabulka č. 4, Příloha 2, str. 62).

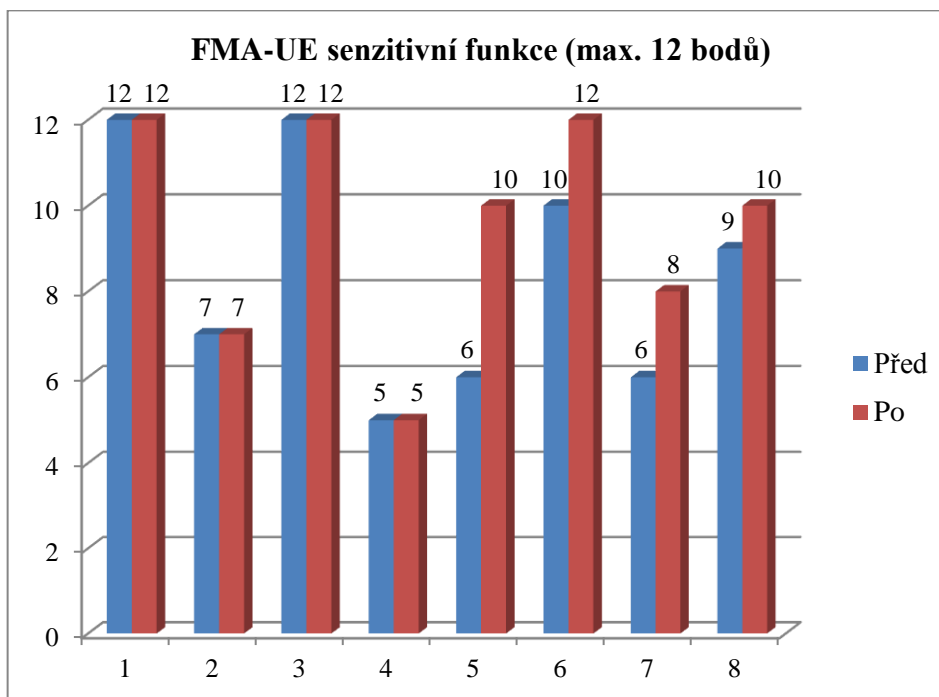
**Tabulka 3 - Hodnoty FMA-UE (senzitivní funkce) před a po terapii.**

	FMA-UE senzitivní funkce před terapií (max. 12 bodů)	FMA-UE senzitivní funkce po terapii (max. 12 bodů)
<b>proband 1</b>	12	12
<b>proband 2</b>	7	7
<b>proband 3</b>	12	12
<b>proband 4</b>	5	5
<b>proband 5</b>	6	10
<b>proband 6</b>	10	12
<b>proband 7</b>	6	8
<b>proband 8</b>	9	10
průměr	8,38	9,5
medián	8	10
p	<b>0,049</b>	

### Legenda k tabulce 3

Výsledky hodnocení senzitivní funkce dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity. Hodnoty byly získány z dosaženého skóre v FMA-UE (oddíl H, viz Příloha 7, str. 71), p – označuje hladinu významnosti zkoumaného jevu. Testy jsou významné při hladině  $p < 0,05$ .

**Graf 3. Grafické znázornění FMA-UE (senzitivní funkce) před a po terapii.**



**Legenda ke grafu 3**

Grafické znázornění FMA-UE = Fugl-Meyer assessment – upper extremity, svislá osa označuje počet bodů v testu, vodorovná osa číslo probanda. Modrá barva znázorňuje stav před terapií, červená po terapii.

### 4.3 Výsledky síly úchopu paretické horní končetiny

$H_04$  ve znění: „Není rozdíl ve velikosti síly úchopu paretické horní končetiny před terapií a po terapií“ zamítáme, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaných skóre při hodnocení pomocí dynamometru před a po terapii ( $p = 0,01$ ; viz tab. 4). Došlo ke zvýšení mediánu i průměrné hodnoty.

Zvýšené skóre pozorujeme u sedmi probandů (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8). U jednoho pacienta (5) se dosažené skóre nezměnilo (viz tab. 4, graf 4).

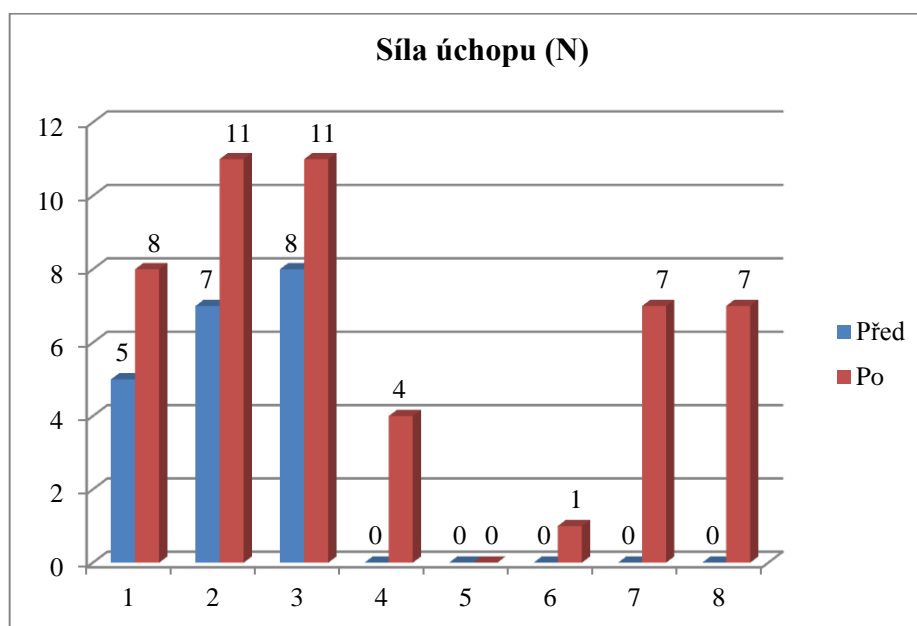
**Tabulka 4 - Hodnocení síly úchopu paretické HK před a po terapii.**

	Síla úchopu paretické HK před terapií (N)	Síla úchopu paretické HK po terapii (N)
<b>proband 1</b>	5	8
<b>proband 2</b>	7	11
<b>proband 3</b>	8	11
<b>proband 4</b>	0	4
<b>proband 5</b>	0	0
<b>proband 6</b>	0	1
<b>proband 7</b>	0	7
<b>proband 8</b>	0	7
průměr	2,5	6,13
medián	0	7
p	<b>0,011</b>	

**Legenda k tabulce 4**

Výsledky hodnocení síly úchopu paretické HK pomocí dynamometru. Hodnoty byly získány pomocí dynamometru (zhodnocení) síly úchopu paretické HK, p – označuje hladinu významnosti zkoumaného jevu. Testy jsou významné při hladině  $p < 0,05$ .

**Graf 4. Grafické znázornění síly úchopu paretické HK před a po terapii.**



**Legenda ke grafu 4**

Grafické znázornění síly úchopu paretické HK, svislá osa označuje velikost síly (N), vodorovná osa číslo probanda. Modrá barva znázorňuje sílu úchopu před terapií, červená po terapii.

#### 4.4 Výsledky Ashworthovy škály spasticity

$H_0$  ve znění: „Není rozdíl ve velikosti spasticity paretické horní končetiny před terapií a po terapii“ zamítáme, protože došlo k signifikantnímu snížení výsledných hodnot získaných při hodnocení spasticity dle Ashworthovy škály před a po terapii ( $p = 0,049$ ; viz tab. 5).

Došlo ke snížení průměrné hodnoty i mediánu.

Jak uvádí tabulka 5 a graf 5, u čtyř probandů (3, 4, 6, 7) se dosažené skóre nezměnilo, z toho u tří (3, 6, 7) dosahovalo minimální hodnoty již při vyšetření před terapií. U dalších čtyř pacientů (1, 2, 5, 8) došlo ke snížení skóre.

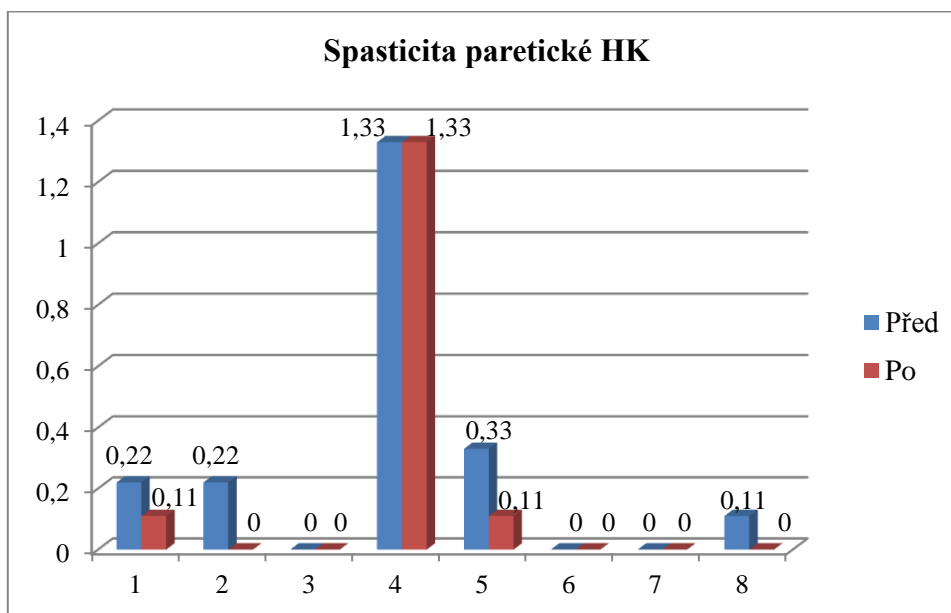
**Tabulka 5 - Hodnocení spasticity paretické HK před a po terapii.**

	Ashworthova škála spasticity před terapií	Ashworthova škála spasticity po terapii
<b>proband 1</b>	0,22	0,11
<b>proband 2</b>	0,22	0
<b>proband 3</b>	0	0
<b>proband 4</b>	1,33	1,33
<b>proband 5</b>	0,33	0,11
<b>proband 6</b>	0	0
<b>proband 7</b>	0	0
<b>proband 8</b>	0,11	0
průměr	0,28	0,19
medián	0,17	0
p	<b>0,049</b>	

##### **Legenda k tabulce 5**

Výsledky hodnocení Ashworthovy škály spasticity paretické HK (dle Opavského). Hodnoty byly získány z Ashworthovy škály spasticity (viz Příloha 8, str. 71), p – označuje hladinu významnosti zkoumaného jevu. Testy jsou významné při hladině  $p < 0,05$ .

**Graf 5. Grafické znázornění spasticity paretické HK před a po terapii.**



**Legenda ke grafu 5**

Grafické znázornění spasticity paretické HK, svislá osa označuje velikost spasticity, vodorovná osa číslo probanda. Modrá barva znázorňuje stav před terapií, červená po terapii.

## 5 Diskuse

Cévní mozková příhoda postihuje ve světě tisíce lidí, u kterých způsobuje různě závažné druhy poruch. Nejtypičtější a nejnápadnější projev CMP představuje porucha hybnosti, která je vnímána jak pacientem samotným, tak i jeho okolím (Kalina aj., 2008, s. 26–27; Loureiro, Harwin, Nagai et al., 2011, p. 1 103).

Nakayama, Jorgensen, Raaschou et al. (1994, in Staubli, Nef, Klamroth-Marganska et al., 2009, p. 2) tvrdí, že pouze u 18 % pacientů po CMP dochází ke zpětnému nabytí plné motorické funkce po šesti měsících od ataky. Proto je nezbytná včasná rehabilitace funkce postižené horní končetiny ke zvládnutí denních úkolů a nezávislosti na pomoci druhých.

Terapeutické metody vychází z poznatku, že cílené stimuly (exteroceptivní, akustické, vizuální, motivační, aj.) způsobí změny v neurální struktuře a tím ovlivní nebo obnoví funkce poškozených oblastí mozku. U pacientů s neurologickým postižením se pracuje na základě neurofyziologických poznatků a potencuje se tzv. plasticita mozku (Kolář aj., 2009, s. 303–305).

Plasticita je specifická vlastnost nervové soustavy. Jejím projevem je schopnost nervové tkáně obnovit svou funkci, porušenou zásahem do struktury nervového systému. Strukturální podklad reparace představují změny účinnosti nebo počtu synapsí, přeskupování a tvorba nových větví dendritů a axonů. Dále může následovat přestavba lokálních neuronálních okruhů a případně také vznikají vztahy mezi jednotlivými funkčními mozkovými celky (Björklund & Stanevi, 1979 in Pokorný & Trojan 1997, s. 667–670).

Tradiční rehabilitační postupy jsou dnes doplněny novou technikou – robotickou terapií. Výhodou této metody je, že může zajistit intenzivní, repetitivní trénink. Robot nepodléhá únavě a může být naprogramován na precizní, individuální přizpůsobení v závislosti na potřebách pacienta. U robotické terapie lze také využít různé způsoby zpětné vazby, jako je vizuální a zvuková zpětná vazba v průběhu tréninkových lekcí, k facilitaci motorického učení (Hesse, Werner, Pohl et al., 2008; Lum, Burgar, Van der Loos et al., 2006; Merholz, Platz, Kugler et al., 2009; Volpe, Lynch, Rykman-Berland et al., 2008 in Liao, Ching-yi, Yu-wei et al., 2011, p. 112).

Robotická terapie může pouze doplňovat konvenční terapii pro množství nevýhod, mezi které patří například limitující kombinace pohybových vzorů především



proximálních kloubů. Tato terapie také neposkytuje určité sensorické vstupy, jako jsou teplo či dotek rukou, nemůže vynahradit psychologickou podporu a možnost flexibility terapeuta. Použitím robotické terapie nebylo dle Ju, Lin, Chen et al. (2007, p. 256) zaznamenáno zlepšení při vykonávání denních funkcí. Dalším nedostatkem je také malá aktivita zápěstí a ruky u jednotlivých robotických systémů, která bývá omezená a nevyužívá všechny stupně volnosti.

## **5.1 Hodnocení motorické funkce paretické horní končetiny**

V naší práci byl u testů ARAT a FMA-UE (oddíl A–D) před a po terapii pozorován rozdíl při hodnocení motorické funkce paretické horní končetiny. Tyto výsledky potvrdily náš předpoklad, že hodnoty po terapii budou vyšší. Zlepšení však nebylo jednoznačné. V obou testech došlo ke zlepšení motorické funkce u pěti probandů. U dvou subjektů jsme zaznamenali zlepšení pouze v testu ARAT. Jeden pacient měl při hodnocení stejné skóre před i po terapii. Jednalo se o probanda 4, u kterého byla doba od iktu po začátek terapie na Armeo Spring mnohem delší (8 měsíců a 7 dní) než u ostatních účastníků, jejichž průměrná doba byla 18,3 ( $\pm$  4,5) dní.

Jednotlivé klinické výsledky mohly být znevýhodněny posuzováním podle bodových škál. Například při hodnocení dle FMA-UE je bodově rozlišeno jen, zda pacient daný úkol neprovede, provede částečně či jeho plné provedení. Mohlo tak dojít ke klinickému zlepšení určitého pohybu, i když proband stále nemohl dosáhnout maximálního hodnocení za jeho plné provedení.

### **5.1.1 Posouzení individuálních výsledků k $H_01$**

ARAT přinesl prokazatelné zlepšení, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaného skóre před a po terapii. U sedmi probandů (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8) jsme zaznamenali vyšší skóre. Zlepšení aktivní hybnosti paretické horní končetiny bylo u pacientů pozorováno i klinicky. Tento parametr však nebyl v této práci hodnocen. Pouze u probanda 4 se dle našich výsledků hodnoty v testu nezměnily, přičemž jedním z důvodů mohlo být objektivně výraznější postižení horní končetiny či dlouhá doba po iktu.

Vliv na výsledky ale mohla mít také řada dalších faktorů, mezi které patří například rozsah léze a lokalizace poškození mozku, věk probanda a jeho stav před iktem,

nebo celková motivace k lepšímu výkonu. Čím horší výsledek měl pacient při prvním vyšetření, tím větší prostor byl pro zlepšení jeho konečného skóre.

### **5.1.2 Posouzení individuálních výsledků k H<sub>0</sub>2**

Výsledky FMA-UE (oddíl A–D) ukázaly zlepšení, protože došlo k signifikantnímu zvýšení výsledných hodnot získaného skóre v FMA-UE před a po terapii. U pěti probandů (1, 5, 6, 7, 8) došlo ke zvýšení výsledného skóre. U tří probandů (2, 3, 4) se dosažená hodnota v daném testu před a po terapii nezměnila. Probandi 2 a 3 měli téměř maximální skóre již při vyšetření před terapií, proto u nich nebyl předpokládán velký posun v hodnocení. Body, které nezískali, se týkaly rychlosti a koordinace paretické horní končetiny (viz Příloha 7, oddíl D, str. 70). Přesto, že se nezlepšili dle testu, vyjadřovali subjektivní pocit přesnějšího pohybu dané HK než před terapií. U probanda 4 mohly mít vliv na výsledky již dříve zmíněné parametry.

## **5.2 Hodnocení senzitivní funkce paretické horní končetiny**

Při vyšetření senzitivních funkcí paretické HK měli pacienti mimo jiné (viz FMA-UE, oddíle H, Příloha 7, str. 71) se zavřenýma očima nastavit postiženou HK do stejné pozice, jakou jsme jim nastavili na končetině zdravé. Při hodnocení došlo ke zvýšení výsledných hodnot získaného skóre před a po terapii. Zlepšení jsme pozorovali u čtyř pacientů (5, 6, 7, 8), což dokazovalo jejich vyšší dosažené skóre v FMA-UE. U dalších čtyř probandů (1, 2, 3, 4) se dosažené skóre nezměnilo. Z toho však u dvou z nich (1, 3) dosahovalo maximální hodnoty již při prvním vyšetření, a proto se dále zlepšovat nemohlo. U probandů 2 a 4 nedošlo ke zlepšení. U probanda 4 mohla být jedna z příčin stejného výsledku neschopnost nastavení paretické HK do námi požadované pozice z důvodu závažnějšího postižení. U probanda 2 byla také pozorována před i po terapii stejná hodnota. Tento výsledek mohl být způsoben nesoustředěností daného pacienta, u kterého se tento problém objevoval občas i při terapii.

V dostupné literatuře, týkající se Armeo Spring, jsem se nesešla s testováním senzitivních funkcí, my jsme ho ale do této práce zařadili, protože jsme u pacientů předpokládali, že dojde při zlepšení motorické funkce také ke zlepšení funkcí senzitivních.

### **5.3 Hodnocení síly úchopu paretické horní končetiny**

Při hodnocení síly úchopu jsme zaznamenali prokazatelné zlepšení, protože došlo ke zvýšení výsledných hodnot získaných při hodnocení síly úchopu dle dynamometru před a po terapii. U sedmi probandů (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8) jsme po terapii pozorovali zvýšené skóre. Jen u jednoho pacienta (5) se dosažené skóre před a po terapii nezměnilo. Mohlo to být způsobeno nepřesným uchopením dynamometru, který se mu při vyšetření po terapii nepodařilo správně stisknout.

I přes pozorované zlepšení u sedmi probandů, byla síla úchopu paretické HK u šesti pacientů (1, 4, 5, 6, 7, 8) nižší v porovnání se zdravou HK. U sedmi (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) z osmi probandů se jednalo o postižení dominantní HK (viz tabulka č. 5, Příloha 2, str. 63).

### **5.4 Hodnocení Ashworthovy škály spasticity paretické HK**

Výsledky hodnocení Ashworthovy škály spasticity ukazují, že došlo ke snížení výsledných hodnot získaných při vyšetření před a po terapii. Zlepšení jsme zaznamenali u čtyř pacientů (1, 2, 5, 8). Došlo u nich k předpokládanému snížení hodnot oproti hodnotám vyšetřeným před terapií. U čtyř probandů (3, 4, 6, 7) se dosažené skóre po terapii nezměnilo. U probandů 3, 6 a 7 nemohlo ke snížení výchozích hodnot dojít, protože dosahovali minimálního skóre již při prvním hodnocení. U probanda č. 4 nedošlo ke změně pravděpodobně pro jeho dlouhou dobu po CMP ve srovnání s ostatními probandy.

Při posuzování spasticity, stejně tak jako u hodnocení ARAT či FMA-UE mohl hrát roli také subjektivní názor fyzioterapeuta, či možnost vyhodnocování pouze podle bodových škál.

## 5.5 Diskuse k terapii systémem Armeo Spring

Původně jsme se pokoušeli u všech pacientů provést jednotnou terapii, shodující se v časových úsecích i v počtu prováděných úkolů. Výběr cvičení systému Armeo Spring byl však proveden v závislosti na individuálních schopnostech daného probanda, především podle toho, zda je dokázal provést bez kompenzačních strategií (například rotací či úklonu trupu), s cílem co největší efektivity terapie. Někteří probandi zůstávali pouze u velmi snadné obtížnosti, kterou se snažili za daný čas splnit. Mohlo to být způsobeno, mimo jiné, nedostatečnou motivací nebo přehlcením senzoryckými informacemi z virtuální reality, se kterou se před terapií na systému Armeo Spring neselekali. Především starším pacientům déle trvalo pochopení jednotlivých úkolů, které bylo potřeba jim opakovaně vysvětlit. Jejich reakce při první terapii byly oproti mladším probandům pomalejší, stejně tak jako postup k lepší úrovni v cvičení. Mohl se u nich projevit také strach z moderních technických zařízení.

Dle autorů Westlake & Byl (2012, p. 90) je krátkodobé, intenzivní a cílené denní cvičení efektivnější, než pouhé opakování stejných pohybů v dlouhém čase. Tito autoři také uvádějí, že specifická doba pro potenciaci plasticity u lidí není dostatečně určena.

Otázkou tedy zůstává, zda je pro pacienty výhodnější provádět dané úkoly déle nebo naopak dobu zkrátit. Při delším vykonávání cvičení (3, 5 minut), bylo u probandů pozorováno snížení motivace. Při příliš krátkém časovém úseku si však subjekt nestihl uvědomit ani pozici horní končetiny a úkol byl ukončen (například cvičení „Zalévání květin“ skončí po vyčerpání vody v konvičce). V tomto případě se cvičení provádělo znovu, případně se vyřadilo po opakovaném neúspěchu. Docházelo také k tomu, že pro pacienta bylo příliš těžké provést úkol i na tzv. velmi snadné úrovni. Jestliže subjekt i přes snahu dané cvičení nezvládal, vyřadili jsme úkol z terapie a prodloužili jsme dobu provádění úkolu jiného. Vznikly tak časové rozdíly v provádění jednotlivých cvičení, které mohly ovlivnit výsledky pacientů, stejně jako rozdílná obtížnost úkolů a specifická nastavení síly úchopu.

Síla úchopu u určitých cvičení byla počítačem automaticky nastavena na uchopení virtuálního předmětu při využití síly v rozmezí 33 % až 66 % z celkové síly úchopu daného probanda. Tyto hodnoty se mohly u jednotlivých pacientů měnit. U účastníků, kteří s uchopením neměli problém, jsme zkoušeli jednotlivé hranice posunout tak, aby byl úchop ztížen. Zjistili jsme však, že počítačem nastavené parametry

jsou pro nácvik vhodnější. Při jejich posunu pacienti nedokázali odlišit rozdíly a předmět se jim uchopit nedařilo.

U provádění úkolů s uchopováním byl využit pouze úchop válcový, jiné druhy nelze při práci s hydraulickou rukojetí systému Armeo Spring natrénovat. Tím byla po celou dobu této terapie omezena pohyblivost jednotlivých prstů jen na stisk a uvolnění v rámci válcového úchopu. Nedochovalo tedy k nácviku jemné motoriky, kterou by bylo vhodné u pacientů zařadit v rámci konvenční rehabilitace.

V průběhu terapie zařízením Armeo Spring byla potřebná korekce postavení segmentů paretické horní končetiny a trupu, případně používání jiných kompenzačních strategií (například souhyby zdravé HK). Tyto kompenzační mechanismy byly používány při velké motivaci a snaze dané cvičení úspěšně a co nejrychleji zvládnout. Nejčastěji docházelo (při cvičení) u probandů k držení zápěstí paretické HK v dorzální flexi namísto středního postavení. Také občas docházelo k rotacím a úklonu trupu. Po upozornění si dokázali většinou účastníci polohu opravit a udržet zápěstí či trup ve správné pozici. Mohlo se mimo jiné jednat o snížení pohyblivosti paretické HK způsobené únavou v průběhu terapie. Jestliže zápěstí i po napomenutí zůstávalo v dorzální flexi, využili jsme tzv. uzamknutí robotického zápěstního kloubu, což udržovalo zápěstí probanda ve středním postavení. Na nácvik pohybu do flexe a extenze zápěstí bylo určeno cvičení „Piknik“. Nám se však toto cvičení neosvědčilo, protože se u pacientů nedařilo provést. V rámci terapie jsme u pacientů, co se týče pohybů v zápěstí, využívali pouze aktivní držení tohoto segmentu ve středním postavení.

## 5.6 Shrnutí poznatků a výsledků studií robotické terapie

Metoda systému Armeo Spring, pracuje s vizuální a akustickou zpětnou vazbou, a při plnění některých úkolů využívá také biofeedback. Jedná se o terapii, která neustále vyžaduje kontrolu pomocí centrální nervové soustavy. Dle autorů Westlake & Byl (2012, p. 89) se rehabilitace u pacientů po CMP snaží o maximalizaci kortikální reorganizace, čímž vznikne větší šance na zlepšení funkčního výsledku. Intenzivní a cílený trénink podle těchto autorů zvyšuje stimulaci neuroplastických dějů.

Studie věnující se výzkumu robotiky v rehabilitaci u pacientů po CMP potvrzují, že je tento druh terapie vhodný na zlepšení motorických funkcí pacienta, včetně zlepšení svalové síly horní končetiny a zvětšení rozsahu pohybu, a umožňuje rychlejší obnovu motoriky (Housman, Scott & Reinkensmeyer, 2009, p. 505; Rosati, 2010, p. 754; Sanchez, Reinkensmeyer, Pshah et al., 2004, pp. 1 787–1 790; Takahashi, Der-Yeghiaian, Le et al., 2008, pp. 425–426).

Navzdory přínosu robotické pohybové terapie u pacientů po CMP, je stále diskutována její klinická efektivita. Hlavní kritika poukazuje na to, že i přes získané zlepšení motorických funkcí dle testovacích škál, je zde nedostatek dat ukazujících zdokonalení při vykonávání obvyklých denních činností (ADL) ve srovnání s běžnou rehabilitací (Rosati, 2010, pp. 754–755).

Merholtz, Platz, Kugler et al. (2008 in Rosati, 2010, pp. 754–755) potvrzují, že pacienti, kteří absolvovali robotickou terapii zároveň s konvenční rehabilitací, měli dle testů lepší výsledky než probandi pouze s obvyklou rehabilitací. Ale také nezaznamenali signifikantní rozdíly při posuzování ADL. Nejvíce efektivní léčbou pro stimulaci neuroplasticity je dle Kleima et al. (2004 in Westlake & Byl, 2012, p. 89) vysoká intenzita tréninku v komplexním prostředí. Tato myšlenka vychází z výsledků studií prováděných na zvířatech. Kombinace tréninku pomocí robotické terapie s konvenční terapií by tak mohla přinést lepší výsledky.

Význam Armeo Spring byl opakovaně kladně hodnocen také u jiných indikací, například ve studii věnující se pacientům s roztroušenou sklerózou (Gijbels, Lamers, Kerkhofs et al., 2011, pp. 1–8) nebo u probandů s frakturou proximálního humeru (Schwickert, Klenk, Stähler et al., 2011, p. 387–391).

## 5.7 Limity práce

Problém při používání systému Armeo Spring nastával u nastavení pracovního prostoru, které se provádělo před začátkem každé terapie. I přesto, že se postupovalo podle manuálu určeného k Armeo Spring (část kalibrování 3D pracovního prostoru), docházelo vždy po uložení dat a následném otestování pohybu v tomto prostoru k nesrovnalostem. Pacienti nedosáhli na místa, která počítač vyhodnotil dle jejich aktuálního rozsahu pohybu za přípustná. Proto jsme při každé výchozí kalibraci pohyb neprováděli do maxima, abychom předešli nutnosti opětovného nastavování. U některých úkolů bylo ale potřeba pracovní prostor znovu upravit, přestože u jiných cvičení vyhovoval a pacient pozici nezměnil. Mohlo to být způsobeno únavou pacienta, kterému se postupem terapie rozsah pohybu snižoval. Jelikož se však tento problém vyskytoval poměrně často i u pacientů, kteří únavu nepocíťovali, mohlo se jednat o chybu systému, který daný pracovní prostor automaticky vyhodnocoval.

Při terapii se systémem Armeo Spring je důležité správné vysvětlení robotické terapie, práce s 2D a 3D prostorem a využití prvků virtuální reality používaných u daných cvičení. Někteří pacienti (především starší) měli problém s prostorovou představivostí, což se týkalo úkolů prováděných ve 3D. Pro tyto probandy by byla vhodnější práce s reálnými předměty bez použití virtuální reality.

Pro zhodnocení účinnosti této léčby by bylo vhodné zvýšit počet probandů a především zařadit kontrolní skupinu. Původním záměrem bylo kontrolní skupinu s konvenční rehabilitací bez terapie na systému Armeo Spring zařadit do výzkumu. Nedošlo k tomu z důvodu nedostatečného počtu probandů po cévní mozkové příhodě.

U probandů se lišila ochota spolupracovat, která se mohla promítnout do celého hodnocení. Nezaznamenali jsme úmyslné maření výsledků, některé faktory však nelze ovlivnit. Například nálada pacientů, osobnostní rysy jako touha zvítězit nebo zdolávat překážky. U probandů s touto vlastností mohlo docházet k vyšší motivaci, naopak nižší motivace souvisela s menší potřebou učit se novým postupům.

## Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit vliv kontinuální zpětné vazby s využitím systému Armeo Spring na motorickou a senzitivní funkci, sílu úchopu a spasticitu paretické horní končetiny u pacientů po cévní mozkové příhodě.

Zařízení Armeo Spring představuje jednu z nejnovějších technik robotické terapie horní končetiny, která využívá při plnění jednotlivých úkolů kontinuální vizuální a akustickou zpětnou vazbu zábavnou formou. Tuto metodu jsme se rozhodli zařadit do našeho výzkumu, protože jsme u probandů očekávali lepší výsledky při spojení terapie zařízením Armeo Spring s konvenční rehabilitací.

U pacientů po cévní mozkové příhodě se snažíme při rehabilitaci pracovat s metodami na neurofyziologickém podkladě a předpokládáme tzv. neuroplasticitu, neboli schopnost mozku přizpůsobit se novým podmínkám. Terapie systémem Armeo Spring používá cílený a opakovaný trénink jako jednu z možností ovlivnění plasticity centrálního nervového systému.

Zjistili jsme, že při využití terapie pomocí zařízení Armeo Spring, prováděné s konvenční rehabilitací, dochází ke zlepšení motorických a senzitivních funkcí. Výsledky naznačovaly zvýšení síly úchopu paretické horní končetiny. Dále jsme u účastníků pozorovali snížení spasticity paretické HK. Zlepšení jednotlivých pacientů nebylo však jednoznačné. U jednoho probanda nebyla pozorována v hodnocení před a po terapii téměř žádná změna, což mohlo být mimo jiné způsobeno objektivně výraznějším postižením horní končetiny či delší dobou po atace.

Využití systému Armeo Spring s sebou přináší také řadu limitů, včetně nevýhod robotické terapie.



## Referenční seznam

ATWOOD H. L., MACKAY W. A. *Essentials of Neurophysiology*. Toronto: Philadelphia [online]. 1989. 405 s. [cit. 3. 4. 2013]. ISBN 978-15-5664-055-1. Dostupné z: <http://www1.lf1.cuni.cz/~zfishar/bp/2.8.htm>

BASMAJIAN, J. V. *Biofeedback: Principles and practice for clinicians*. Preston Street, Baltimore, USA: The William and Wilkins Company, 1979, 390 s. ISBN 0-683-03577-0.

BJÖRKLUND A., STENEVI U. Regeneration of monoaminergic and cholinergic neurons in the mammalian central nervous system. *Physiol Rev.* 1979, vol. 59, n. 1, pp. 62–100. ISSN 0031-9333.

DIESING, M. Hocoma: Armeo Therapy Concept. [online]. © 2012 [cit. 21. 3. 2013]. Dostupné z: [http://www.hocoma.com/fileadmin/user/Dokumente/Armeo/BRO\\_Armeo\\_Therapy\\_Concept\\_130225\\_en.pdf](http://www.hocoma.com/fileadmin/user/Dokumente/Armeo/BRO_Armeo_Therapy_Concept_130225_en.pdf)

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

FLOEL A., COHEN L. G. Translational studies in neurorehabilitation: from bench to bedside. *Cogn Behav Neurol.* [online]. 2006, vol. 19, n. 1, pp. 1–10. [cit. 15. 1. 2013]. Dostupné z: [http://www.udel.edu/PT/PT%20Clinical%20Services/journalclub/noajc/06\\_07/Sept06/TranslationStudiesinNeurorehabilitationarticle\\_bad.pdf](http://www.udel.edu/PT/PT%20Clinical%20Services/journalclub/noajc/06_07/Sept06/TranslationStudiesinNeurorehabilitationarticle_bad.pdf)

GIJBELS D., LAMERS I., KERKHOFS L., ALDERS G. et al. The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.* [online]. 2011, vol. 8, n. 5, pp. 1–8. [cit. 24. 4. 2013]. Dostupné z: <http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/5>

GUTIÉRREZ M., MERINO J. J., LECINANA M. A., DIEZ-TEJEDOR E. Cerebral Protection, Brain Repair, Plasticity and Cell Therapy in Ischemic Stroke. *Cerebrovasc Dis.* [online]. 2009, vol. 27, n. 1, pp. 177–186. [cit. 14. 1. 2013]. Dostupné z:

<http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowPDF&ArtikelNr=000200457&Ausgabe=244220&ProduktNr=224153&filename=000200457.pdf>

HESSE S., WERNER C., POHL M., MEHRHOLZ J. et al. Mechanical arm trainer for the treatment of the severely affected arm after a stroke: a single-blinded randomized trial in two centers. *Am J Phys Med Rehabil.* [online]. 2008, vol. 87, n. 9, pp. 779–788. [cit. 5. 2. 2013]. Dostupné z: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.8.0b/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=fulltext&D=ovft&AN=00002060-20081000000001&NEWS=N&CSC=Y&CHANNEL=PubMed>

HILLMAN M. *Advances in Rehabilitation Robotics: Rehabilitation Robotics from Past to Present – A Historical Perspective*. Verlag Berlin Heidelberg, 2004, pp. 25–44. ISBN 978-3-540-21986-6.

HOUSMAN S. J., LE V., RAHMAN T., SANCHEZ R. J. et al. Arm-Training with T-WREX After Chronic Stroke: Preliminary Results of a Randomized Controlled Trial. *Proceedings of the 2007 IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2007, June 12–15, Noordwijk, The Netherlands.

HOUSMAN S. J., SCOTT K. M. & REINKENSMeyer D. J. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* [online]. 2009, vol. 23, n. 5, pp. 505-514. [cit. 2. 5. 2013] Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19237734>

HUANG C. S., HIRABA H., SESSLE B. J. Input-output relationships of the primary face motor cortex in the monkey. *J Neurophysiol.* 1989, vol. 61, n. 2, pp. 350–362.

JOHANSSON B. B. Brain plasticity in health and disease. *Keio J Med.* [online]. 2004, vol. 53, n. 4, pp. 231–246. [cit. 15. 1. 2013].

Dostupné z: <http://www.kjm.keio.ac.jp/past/53/4/231.pdf>

JOHANSSON B. B. Regeneration and plasticity in the brain and spinal cord. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* [online]. 2007, n. 27, pp. 1417-1430. [cit. 14. 1. 2013]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/219433583/fulltextPDF/139FE277546116BC43C/10?accountid=16730>

JU M. S., LIN C. C. K., CHEN S. M., HWANG I. S. et al. Applications of Robotics to Assessment and Physical Therapy of Upper Limbs of Stroke Patients. *Rehabilitation Robotics* [online]. 2007, pp. 243-260. [cit. 9. 5. 2013].

Dostupné z: [http://cdn.intechopen.com/pdfs/561/InTech-Applications\\_of\\_robotics\\_to\\_assessment\\_and\\_physical\\_therapy\\_of\\_upper\\_limbs\\_of\\_stroke\\_patients.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/561/InTech-Applications_of_robotics_to_assessment_and_physical_therapy_of_upper_limbs_of_stroke_patients.pdf)

KALINA M. *Cévní mozková příhoda v medicínské praxi*. 1. vyd. Praha: TRITON, 2008, 231 s. ISBN 978-80-7387-107-9.

KAŇOVSKÝ P., HERZIG R. aj. *Speciální neurologie*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 336 s. ISBN 978-80-244-1664-9.

KALVACH P. aj. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010, 456 s. ISBN 978-80-247-2765-3.

KLEIM J. A., HOGG T. M., COOPER N. R., BRUNEAU R. et al. Cortical synaptogenesis and motor map reorganization occur during late, but not early, phase of motor skill learning. *J Neurosci* [online]. 2004, vol. 24, n. 3, pp. 628-633. [cit. 9. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/24/3/628.full.pdf+html>

KLOBUCKÁ S., KRÁLOVIČOVÁ M., ŽIAKOVÁ E. Funkční asistovaná terapie horní končetiny. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2010, vol. 17, n. 4, pp. 164-168. ISSN 1211-2658; 1805-4552.

KOLÁŘ P. aj. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1.

LASHLEY K. K. In search of the engram. *Symp. Soc. Exp. Biol.* [online]. 1950, n. 4, pp. 454–482. [cit. 2. 4. 2013]. Dostupné z: <http://mind.cog.jhu.edu/faculty/smolensky/050.326-626/Foundations%20Readings%20PDFs/Lashley-1950-Engram.pdf>

LEIFER L. Rehabilitative Robotics. *Robotics Age*. 1981, vol. 6, pp. 4–15.

LIAO W., CHING-YI W., YU-WEI H., KEH-CHUNG L. et al. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation on daily function and real-world arm activity in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. [online]. 2011, vol. 26, n. 2, pp. 111–120. [cit. 27. 11. 2012]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/922850592?accountid=16730>

LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ M. *Neurorehabilitace*. 1. vyd. Praha: Galén, 2005. 350 s. ISBN 978-80-7262-317-4.

LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ M., ŠVESTKOVÁ O., ANGOROVÁ Y. et al. Mechanizmy neuroplasticity a jejich dopad na rehabilitaci pacientů po poškození mozku. *Eurorehab*. 2006, č. 15, s. 78–83.

LUM P. S., BURGAR C. G., VAN der LOOS M., SHOR P. C. et al. MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: a follow-up study. *J Rehabil Res Dev*. [online]. 2006, vol. 43, n. 5, pp. 631–642. [cit. 5. 2. 2013]. Dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/06/43/5/Lum.html>

LYNCH M. A. Long-Term Potentiation and Memory. *Physiol Rev*. [online]. 2004, n. 84, pp. 87–136. [cit. 3. 4. 2013]. Dostupné z: <http://physrev.physiology.org/content/84/1/87.long>

MEHRHOLZ J., PLATZ T., KUGLER J. and POHL M. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke. *Stroke*. 2009, n. 4, pp. 392–393. Doi: 10.1002/14651858.CD006876.pub2

MUNK H. Zur Physiologie der Grosshirnrinde. *Berliner klinische Wochenschrift*. 1877, vol. 14, pp. 505–506.

MURPHY T. H., CORBETT D. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour. *Nature Reviews*. [online]. 2009, vol. 10, pp. 861-872. [cit. 2. 4. 2013]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/224995152/fulltextPDF/139FE277546116BC43C/12?accountid=16730>

OPA VSKÝ J. *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, 2003, 90 s. ISBN 80-244-0625-X.

PARADISO M. A., BEAR M. F., CONNORS B. W. *Neuroscience: Exploring the Brain*. 3. vyd. Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2007, 857 s. ISBN 0-7817-6003-8.

POKORNÝ J. Mechanismy neuroplasticity. *Československá fyziologie*. 1996, roč. 45, č. 1, s. 21–28.

RAHMAN T., SAMPLE W., JAYAKUMAR S., KING M. M. et al. Passive exoskeleton for assisting limb movement. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2006, vol. 43, n. 5, pp. 583–590. Doi:10.1682/JRRD.2005.04.0070

RASKIN S. A. *Neuroplasticity and Rehabilitation*. 1. vyd. The Guilford Press, New York, 2011, 351 s. ISBN 978-1-60918-137-6.

ROSATI G. The place of robotis in post-stroke rehabilitation. *Expert Rev. Med. Devices*. 2010, vol. 7, n. 6, pp. 753–758. ISSN 1743-4440.

SANCHEZ R., REIENKENSMEYER D., SHAH P., LIU J. et al. Monitoring Functional Arm Movement for home-Based Therapy after Stroke. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. [online]. 2004, vol. 7, pp. 4787-4790. [cit. 2. 5. 2013]. Dostupné z: <http://docs.exdat.com/docs/index-45284.html>

SCHWICKERT L., KLENK J., STÄHLER A., BECKER C. Robotic-assisted rehabilitation of proximal humerus fractures in virtual environments. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* [online]. 2011, vol. 44, n. 6, pp. 387–392. [cit. 24. 4. 2013]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00391-011-0258-2>

SIST B., JESUDASAN B S. J. B., WINSHIP R. *Diaschisis, Degeneration, and Adaptive Plasticity After Focal Ischemic Stroke: Acute Ischemic Stroke*. Centre for Neuroscience and Department of Psychiatry, University of Alberta, Canada [online]. 2012. ISBN: 978-953-307-983-7. [cit. 3. 4. 2013]. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/acute-ischemic-stroke/diaschisis-degeneration-and-adaptive-plasticity-after-focal-ischemic-stroke>

SOMMER C. Brain plasticity after ischemic stroke: an update. *Acta Neuropathol.* [online]. 2009, n. 117, pp. 467–468. [cit. 14. 1. 2013]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/211861051/fulltextPDF/139FE277546116BC43C/7?accountid=16730>

STUMPH, D. About biofeedback: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. [online]. © 2011 [cit. 21. 3. 2013]. Dostupné z: <http://www.aapb.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3441>

TAKAHASHI C. D., DER-YEGHIAIAN L., LE V., MOTIWALA R. R. et al. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain.* [online]. 2008, n. 131, pp. 425–437. [cit. 8. 4. 2013]. Dostupné z: <http://brain.oxfordjournals.org/content/131/2/425.full.pdf+html>

TROJAN S., POKORNÝ J. Teoretický a klinický význam neuroplasticity. *Bratislavské lekárske listy.* [online]. 1997, č. 12, s. 667–673. [cit. 6. 2. 2013]. Dostupné z: <http://www.bmj.sk/1997/09812-03.pdf>

VAN VLIET P. M., WULF G. Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence? *Disability and Rehabilitation* [online]. 2006, vol. 28, n. 13–14, pp. 831–840. [cit. 27. 4. 2013]. Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/>

pdfviewer/pdfviewer?sid=5e28473f-0824-4922-872a-99f907c620ac%40sessionmgr114  
&vid=1&hid=123

VOLPE B. T., LYNCH D., RYKMAN-BERLAND A. et al. Intensive sensorimotor arm training mediated by therapist or robot improves hemiparesis in patients with chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair* [online]. 2008, vol. 22, n. 3, pp. 305–310. [cit. 5. 2. 2013]. Dostupné z: <http://nnr.sagepub.com/content/22/3/305.full.pdf>

WESTLAKE K. P., BYL N. N. Neural plasticity and implications for hand rehabilitation after neurological insult. *Journal of Hand Therapy* [online]. 2013, vol. 26, pp. 87-93. [cit. 9. 5. 2013].

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0894113013000082>

YODAS J. W., CAREY J. R., GARRETT T. R., SUMAN V. J. Reliability of goniometric measurements of active arm elevation in the scapular plane obtained in a clinical setting. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994, vol. 75, n. 10, pp. 1137–1144.

ZHANG Y., XIONG Y., MAHMOOD A., MENG Y. et al. Sprouting of corticospinal tract axons from the contralateral hemisphere into the denervated side of the spinal cord is associated with functional recovery in adult rat after traumatic brain injury and erythropoietin treatment. *Brain Res*. [online]. 2010, vol. 1353, pp. 249–257. [cit. 25. 4. 2013]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899310016367>

## Seznam zkratek

ARAT	Action Research Arm Test
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
HK	horní končetina
FIM	Functional Independence Measure
FMA-UE	Fugl-Meyer assessment - upper extremity
MMSE	Mini Mental State Examination
N	newton
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
l. dx.	pravostranná
l. sin.	levostranná
p	statistická hladina významnosti
Sm. odch.	Směrodatná odchylka



## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Systém T-WREX.....	20
Obrázek 2 – Systém Armeo Spring .....	22
Obrázek 3 – Systém Armeo Spring, cvičení „Děšť v hrníčku“ .....	29
Obrázek 4 – Cvičení „Nakupování ovoce“ .....	30

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Hodnoty ARAT před a po terapii .....	32
Tabulka 2 – Hodnoty FMA-UE (motorické funkce) před a po terapii .....	34
Tabulka 3 – Hodnoty FMA-UE (senzitivní funkce) před a po terapii.....	35
Tabulka 4 – Hodnocení síly úchopu paretické HK před a po terapii.....	37
Tabulka 5 – Hodnocení spasticity paretické HK před a po terapii .....	38
Tabulka č. 1 – Přehledová charakteristika jednotlivých probandů.....	61
Tabulka č. 2 – Dosažené skóre v Action Research Arm Test před a po terapii .....	61
Tabulka č. 3 – Hodnocení motorické funkce paretické HK dle FMA-UE .....	62
Tabulka č. 4 – Hodnocení senzorické funkce paretické HK dle FMA-UE. ....	62
Tabulka č. 5 – Hodnocení síly úchopu paretické HK. ....	63

## Seznam grafů

Graf 1 – Grafické znázornění ARAT před a po terapii.....	33
Graf 2 – Grafické znázornění FMA-UE (motorické funkce) před a po terapii .....	34
Graf 3 – Grafické znázornění FMA-UE (senzitivní funkce) před a po terapii .....	36
Graf 4 – Grafické znázornění síly úchopu paretické HK před a po terapii.....	37
Graf 5 – Grafické znázornění spasticity paretické HK před a po terapii .....	39

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Tabulka s charakteristikou jednotlivých probandů.....	61
Příloha č. 2 – Tabulky dosažených hodnot a skóre testů .....	61
Příloha č. 3 – Informovaný souhlas .....	64
Příloha č. 4 – Funkční index soběstačnosti.....	65
Příloha č. 5 – Test kognitivních funkcí – MMSE .....	66
Příloha č. 6 – Action Research Arm Test .....	67
Příloha č. 7 – FMA-UE.....	68
Příloha č. 8 – Ashworthova škála spasticity .....	71

## Příloha č. 1 – Tabulka s charakteristikou jednotlivých probandů

Tabulka č. 1 - Charakteristika jednotlivých probandů.

	věk	pohlaví	diagnóza	doba začátku terapie na Armeo od iktu	délka terapie	paretická HK	dominantní HK	MMSE (max. 30)	FIM (max. 126)
<b>proband 1</b>	56	žena	iCMP l. dx.	16 dní	12	levá	pravá	28	122
<b>proband 2</b>	55	muž	iCMP l. sin.	23 dní	12	pravá	pravá	16	122
<b>proband 3</b>	31	žena	iCMP l. sin.	15 dní	9	pravá	pravá	27	125
<b>proband 4</b>	52	muž	iCMP l. sin.	8 měsíců, 7dní	10	pravá	pravá	25	121
<b>proband 5</b>	41	muž	iCMP l. sin.	22 dní	10	pravá	pravá	22	118
<b>proband 6</b>	49	muž	iCMP l. sin.	22 dní	8	pravá	pravá	30	125
<b>proband 7</b>	63	muž	iCMP l. sin.	19 dní	14	pravá	pravá	18	108
<b>proband 8</b>	44	žena	iCMP l. sin.	11 dní	13	pravá	pravá	24	123
<b>průměr</b>	49			18,29*	11,00			23,75	120,5
<b>Sm. odch.</b>	10			4,46*	2,07			4,86	5,53

### Legenda k tabulce č. 1

Přehledová charakteristika jednotlivých probandů. Sm. odch. - směrodatná odchylka. Věk je uveden v [letech], doba od příhody ve [dnech a měsících], délka terapie ve [dnech]. \*průměr a sm. odch. jsou zde určeny bez probanda 4.

## Příloha č. 2 – Tabulky dosažených hodnot a skóre testů

Tabulka č. 2- Hodnocení ARAT před a po terapii s vyjádřením v procentech.

	ARAT před terapií (max. 57bodů)	ARAT po terapii (max. 57bodů)	ARAT před terapií v %	ARAT po terapii v %
<b>proband 1</b>	42	53	73,7%	93,0%
<b>proband 2</b>	55	56	96,5%	98,2%
<b>proband 3</b>	53	56	93,0%	98,2%
<b>proband 4</b>	6	6	10,5%	10,5%
<b>proband 5</b>	3	22	5,3%	38,6%
<b>proband 6</b>	42	54	73,7%	94,7%
<b>proband 7</b>	2	30	3,5%	52,6%
<b>proband 8</b>	51	56	89,5%	98,2%

### Legenda k tabulce č. 2

Dosažené skóre v Action Research Arm Test před a po terapii. ARAT – hodnoty dosaženého skóre testem Action Research Arm Test před a po terapii (maximální možný dosažený počet bodů je 57); ARAT v % – procentuální vyjádření hodnot dosaženého skóre v Action Reserch Arm Test.

**Tabulka č. 3 - Hodnocení FMA-UE (motorická funkce) před a po terapii s vyjádřením v procentech.**

	FMA-UE motorické funkce před terapií (max. 66 bodů)	FMA-UE motorické funkce po terapii (max. 66 bodů)	FMA-UE motorické funkce před terapií v %	FMA-UE motorické funkce po terapii v %
<b>proband 1</b>	46	56	69,7%	84,8%
<b>proband 2</b>	65	65	98,5%	98,5%
<b>proband 3</b>	63	63	95,5%	95,5%
<b>proband 4</b>	23	23	34,8%	34,8%
<b>proband 5</b>	27	50	40,9%	75,8%
<b>proband 6</b>	55	64	83,3%	97,0%
<b>proband 7</b>	26	32	39,4%	48,5%
<b>proband 8</b>	60	66	90,9%	100,0%

**Legenda k tabulce č. 3**

Hodnocení motorické funkce paretické HK dle Fugl-Meyer assessment - upper extremity před a po terapii. FMA-UE – hodnoty dosaženého skóre dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity před a po terapii (maximální možný dosažený počet bodů je 66); FMA-UE v % – procentuální vyjádření hodnot dosaženého skóre ve Fugl-Meyer assessment - upper extremity.

**Tabulka č. 4 - Hodnocení FMA-UE (senzitivní funkce) před a po terapii s vyjádřením v procentech.**

	FMA-UE senzitivní funkce před terapií (max. 12 bodů)	FMA-UE senzitivní funkce po terapii (max. 12 bodů)	FMA-UE senzitivní funkce před terapií v %	FMA-UE senzitivní funkce po terapii v %
<b>proband 1</b>	12	12	100,0%	100,0%
<b>proband 2</b>	7	7	58,3%	58,3%
<b>proband 3</b>	12	12	100,0%	100,0%
<b>proband 4</b>	5	5	41,7%	41,7%
<b>proband 5</b>	6	10	50,0%	83,3%
<b>proband 6</b>	10	12	83,3%	100,0%
<b>proband 7</b>	6	8	50,0%	66,7%
<b>proband 8</b>	9	10	75,0%	83,3%

**Legenda k tabulce č. 4**

Hodnocení senzitivní funkce paretické HK dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity před a po terapii. FMA-UE – hodnoty dosaženého skóre dle Fugl-Meyer assessment – upper extremity před a po terapii (maximální možný dosažený počet bodů je 12); FMA-UE v % – procentuální vyjádření hodnot dosaženého skóre ve Fugl-Meyer assessment – upper extremity.

**Tabulka č. 5 – Hodnocení síly úchopu paretické HK po terapii v porovnání se zdravou HK.**

	síla úchopu paretické HK po terapii (N)	síla úchopu zdravé HK (N)
<b>proband 1</b>	8	<b>11</b>
<b>proband 2</b>	<b>11</b>	10
<b>proband 3</b>	<b>11</b>	11
<b>proband 4</b>	<b>4</b>	41
<b>proband 5</b>	<b>0</b>	13
<b>proband 6</b>	<b>1</b>	6
<b>proband 7</b>	<b>7</b>	34
<b>proband 8</b>	<b>7</b>	36
průměr	6,13	20,25
medián	7	12

**Legenda k tabulce č. 5**

Hodnocení síly úchopu paretické HK po terapii v porovnání se zdravou HK. Hodnoty v tabulce zvýrazněné červenou barvou znázorňují dominantní horní končetinu.

## Příloha č. 3 – Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

pro výzkumný projekt: **Kontinuální zpětná vazba v pohybové edukaci s využitím systému Armeo Spring**

období realizace: **září 2012 - březen 2013**

řešitelé projektu: **Mgr. Radek Mlíka, Ph.D., Bc. Radmila Mecová**

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je zjistit, jakým způsobem terapie na zařízení Armeo Spring ovlivňuje funkci horní končetiny. Systém Armeo Spring je nainstalován na vozíku, který lze umístit za židli nebo invalidní vozík pacienta. Součástí přístroje je nastavitelná opěrka horní končetiny, která kompenzuje hmotnost paže pacienta. Tím posiluje zbývající funkci paže a podporuje aktivní pohyb paže v trojrozměrném pracovním rozsahu. Pro zhodnocení terapie budou použity funkční testy horní končetiny. Z účasti na projektu pro Vás vyplývají tyto výhody či rizika: Vyzkoušíte si jiný způsob rehabilitace. Podle testů zjistíte, zda došlo ke zlepšení funkce horní končetiny. Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

#### **Prohlášení**

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

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

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

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

\_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

dne: \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

dne: \_\_\_\_\_



## Příloha č. 4 – Funkční index soběstačnosti

### Osobní péče

- A. Jídlo
- B. Péče o zevnějšek
- C. Koupání
- D. Oblékání – horní končetiny, trup
- E. Oblékání – dolní končetiny
- F. Intimní hygiena

### Kontinence

- G. Kontinence – močový měchýř
- H. Kontinence – konečník

### Přesuny

- I. Lůžko, židle, vozík
- J. WC
- K. Vana, sprcha

### Lokomoce

- L. Chůze/Vozík
- M. Schody

### Pohybová dovednost

Součet (maximálně 91 bodů)

### Komunikace

- N. Chápání
- O. Vyjadřování

### Sociální aspekty

- P. Sociální kontakt
- Q. Řešení problémů
- R. Paměť

### Psychické funkce

Součet (maximálně 15 bodů)

### CELKOVÉ SKÓRE

Součet (maximálně 26 bodů)

### Hodnocení FIM

<b>Nezávislost</b>	
7 Plná soběstačnost (opakovaně)	bez pomoci
6 Částečná soběstačnost (pomůcka)	
<b>Částečná závislost</b>	
5 Potřebný dohled	
4 Minimální pomoc (nemocný = 75% +)	s pomoci
3 Střední pomoc (nemocný = 50% +)	
<b>Plná závislost</b>	
2 Výrazná pomoc (nemocný = 25% +)	
1 Plná pomoc (nemocný = 0% +)	



## Příloha č. 6 – Action Research Arm Test

### **ACTION RESEARCH ARM TEST (ARAT)**

Jméno pacienta:

Jméno terapeuta:

Datum:

#### **Instrukce**

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

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

#### **Aktivita**

##### **Úchop**

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

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

##### **Stisk**

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

##### **Štipcový úchop**

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

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

##### **Globální pohyby**

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

**Hodnocení:** celkové skóre 0-57 bodů

##### **Hodnocení jednotlivých úkolů:**

0 - pacient neprovede žádnou část úkolu

1 - provede úkol jen částečně

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

3 - provede úkol normálně

## Příloha č. 7 – FMA-UE

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

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

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

	jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction			
<b>Total B (max 10)</b>				

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

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

<b>TOTAL A-D (max 66)</b>				
---------------------------	--	--	--	--

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

## **Příloha č. 8 – Ashworthova škála spasticity**

- 0 – bez zvýšení svalového tonu,
- 1 – mírné zvýšení svalového tonu, s náznakem odporu (se „zadržením“) proti pohybu do flexe nebo extenze),
- 2 – znatelnější zvýšení svalového tonu, končetinou je však dosud možno pohybovat celkem lehce,
- 3 – zřetelné zvýšení svalového tonu, pasivní pohyb lze provést jen s obtížemi,
- 4 – končetina zůstává ztuhle ve flexi nebo extenzi.

(Opavský, 2003, s. 40)