

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Fyzioterapie



Autor: **Barbora Pokorná**

**Robotické systémy v neurorehabilitaci
se zaměřením na horní končetinu u pacientů
po cévní mozkové příhodě**

Robotic systems in neurorehabilitation specialized
in the upper extremity by patients after stroke

Bakalářská práce

Vedoucí práce: **Mgr. Eva Senohrábková**

Praha, 2014

PODĚKOVÁNÍ:

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Mgr. Evě Senohrábkové za vedení, cenné poznámky, odborné připomínky, přínosné podněty a motivaci k práci a za pomoc při vytváření praktické části zahrnující zaškolení, zacházení s přístrojem ARMEO a výběr pacientů.

Dále bych ráda poděkovala MUDr. Věnceslavě Svobodové za pomoc při vyhledávání pacientů

A také děkuji Norbertu Svobodovi za jeho čas věnovaný kontrole medicínských dat a Kateřině Pokorné za shlednutí textu z hlediska gramatiky.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu *Theses.cz* za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

Barbora Pokorná

V Praze: dne 15. 4. 2014

Podpis studenta

IDENTIFIKAČNÍ ZÁZNAM

POKORNÁ, Barbora. *Robotické systémy v neurorehabilitaci se zaměřením na horní končetinu u pacientů po cévní mozkové příhodě. [Robotic systems in neurorehabilitation specialized in the upper extremity by patients after stroke]*. Praha, 2014. 129 s., 19 příloh. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Klinika Rehabilitačního lékařství. Vedoucí práce Mgr. Eva Senohrábková.

ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor: Barbora Pokorná

Vedoucí práce: Mgr. Eva Senohrábková

Oponent práce:

Název bakalářské práce:

Robotické systémy v neurorehabilitaci se zaměřením na horní končetinu u pacientů po cévní mozkové příhodě

Abstrakt bakalářské práce:

Tato práce se věnuje robotickým systémům, které jsou využívány v neurorehabilitaci horní končetiny u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP). Paréza horní končetiny je častým následkem CMP, což podněcuje vznik nových možností terapie ve snaze nalézt co nejúčinnější metodu léčby. Terapie robotickými systémy je jedna z těchto nových možností. Základní otázka práce je, zda jsou robotické systémy v rehabilitaci horní končetiny u pacientů po CMP účinné. Práce sestává ze dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část je pojata jako rešerše čerpající především ze zahraničních studií a článků zaměřených na robotické systémy. Tato část nabízí přehled robotických systémů dle různých způsobů dělení, předkládá výhody i nevýhody této terapie a diskutuje kontroverzní oblasti robotické terapie (ekonomika, oblast nejvyšší účinnosti). Teorie je doplněna dvěma kazuistikami dokumentujícími vyšetření a terapie pacientek po CMP prostřednictvím robotického systému Armeo®Spring. Pomocí výtahů ze zahraničních studií byla zodpovězena základní otázka práce ohledně účinnosti robotické terapie. Robotické systémy v neurorehabilitaci byly shledány jako účinné.

Klíčová slova: robotické systémy, robotické systémy zaměřené na horní končetinu, neurorehabilitace, Armeo®Spring, robotická terapie, cévní mozková příhoda

Title of bachelors thesis: Robotic systems in neurorehabilitation specialized in the upper extremity by patients after stroke

Abstract:

This bachelors research describes robotic systems application in neurorehabilitation of the upper extremity in stroke patients. Acquired paresis of the upper extremity as a result of stroke is very frequent impairment what stimulates developing of new treatment possibilities of higher effectivity. The robotic therapy is one of them. Are the robotic systems really effective in treatment of upper arm impairment in stroke patients? This is the principal question of this bachelor's work. It consists of two parts. The first , theoretic, is based mainly on foreign articles and researches regarding robotic systems. There were compared advantages and disadvantages of robotic systems, described different characteristics, and discussed economics and the effectivity rate, as it's the most controversial point, in chosed articles. And the second part, practical, is made of two case history where the robotic system Armeo®Spring was used as a treatment approach. The answer to the principal question was established according to results of this work. The robotic systems are effective in neurorehabilitation of upper arms impairment in stroke patients.

Key words: robotic systems, robotic systems specialized in the upper extremity, neurorehabilitation, Armeo®Spring, robotic therapy, stroke

OBSAH

1 ÚVOD.....	10
2 PŘEHLED PROBLEMATIKY.....	12
2.1 Etiopatogeneze a epidemiologie cévní mozkové příhody.....	12
2.2 Léčba cévní mozkové příhody.....	14
2.3 Anatomie horní končetiny.....	15
2.4 Robotické systémy.....	17
2.4.1 Dělení robotických systémů.....	18
2.4.1.1 Rozdělení robotických systémů podle funkčního využití.....	18
2.4.1.2 Rozdělení robotických systémů podle kontrolního algoritmu.....	18
2.4.2 Robotické systémy zaměřené na HK.....	21
2.4.2.1 Dělení robotických systémů zaměřených na HK.....	21
2.4.2.1.1 Rozdělení robotických systémů pro HK podle oblasti zaměření.....	22
2.4.2.1.2 Rozdělení robotických systémů pro HK podle mechaniky zařízení.....	22
2.4.2.1.3 Rozdělení robotických systémů pro HK podle kontrolní strategie.....	23
2.4.2.1.4 Rozdělení robotických systémů pro HK podle oblasti využití...	24
2.4.2.1.5 Rozdělení robotických systémů pro HK podle spoušťového mechanismu.....	25
2.4.2.1.6 Rozdělení robotických systémů pro HK podle kontrolních signálů.....	25
2.4.2.1.7 Rozdělení robotických systémů pro HK podle zpětné vazby....	25
2.4.2.1.8 Rozdělení robotických systémů pro HK podle rehabilitační aplikace.....	25
2.4.2.2 Přehled robotických systémů pro HK.....	27
2.4.2.2.1 Koncepce terapie Armeo.....	28
2.4.2.2.1.1 Armeo®Spring.....	32

2.4.2.3 Studie o robotických systémech zaměřených na HK.....	34
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	47
3.1 Metodologie práce.....	47
3.1.1 Otázky praktické části.....	47
3.1.2 Kritéria výběru pacientů.....	47
3.1.3 Analýza a zpracování dat.....	48
3.2 Kazuistiky.....	49
3.2.1 Kazuistika pacientky Z. N.....	49
3.2.2 Kazuistika pacientky M. T.....	64
4 DISKUZE.....	77
5 ZÁVĚR.....	81
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	82
7 SEZNAM LITERATURY	85
8 SEZNAM	91
9 SEZNAM TABULEK.....	92
10 PŘÍLOHY.....	93

1 ÚVOD

Předmětem této práce je využití robotických systémů v neurorehabilitaci horní končetiny (HK) u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP). CMP představuje v dnešní době závažný problém jak po stránce medicínské, tak sociální i ekonomické. Je to onemocnění, které obsazuje přední příčky svou stále rostoucí incidencí i letalitou. Svou četností výskytu přitahuje pozornost mnohých odborníků a to nejen z oblasti zdravotnické. Ve snaze snížit počet postižených touto chorobou a zmírnit její následky je světová pozornost upřena na hledání a vývoj nových možností léčby a preventivních opatření. Jedním z nových způsobů léčby, který se setkal se zájmem zdravotníků i s úspěchem u pacientů, je právě terapie robotickými systémy. Využití robotických systémů v neurorehabilitaci je stále častější a především v posledních 10 letech přibýlo mnoho studií a článků na toto téma, které však pochází ve valné většině ze zahraničí, zejména ze Spojených států amerických. U nás o stoupajícím trendu robotické terapie vypovídá především zvyšující se počet dostupných robotických systémů po celé ČR.

Nejčastějším následkem CMP je hemiparéza, méně často hemiplegie. Projevuje se motorickou dysfunkcí na kontralaterální části těla dle lokalizace ischemie, případně mozkového krvácení. Většinou CMP vzniká v oblasti a. cerebri media, což se projevuje postižením kontralaterální horní končetiny. Na této HK dochází k oslabení určitých svalů, navýšení svalového a posturálního tonu, úbytku mobility, abnormálním pohybovým synergii, ztrátě kloubní koordinace a poruše citlivosti. Po CMP 15-30 % pacientů zůstává trvale invalidních a 20 % pacientů je závislých na institucionální péči minimálně tři měsíce po příhodě. Cílem rehabilitace u pacientů po CMP je obnova ztracených funkcí, dosažení nezávislosti a brzká reintegrace do rodinného a společenského života. Pacienti po CMP potřebují souvislou multidisciplinární péči, zahrnující intenzivní rehabilitaci. Bohužel velká poptávka a omezené finance potřebnou intenzitu rehabilitace často neumožňují. Počet lidí po prodělané CMP vyžadujících rehabilitaci rapidně stoupá společně s náklady a tlakem na zdravotnický rozpočet (pro příklad v roce 2007 se v USA náklady na léčbu CMP vyšplhaly až k hodnotě 40,9 miliard dolarů). Právě tato situace je důvodem hledání nových možností léčby.

Jak již bylo vědecky potvrzeno, účinnost rehabilitace nejvíce ovlivňuje časnost a intenzita terapie, cílenost daného úkolu a stimulace pacienta přes více smyslů. Právě tak je v mozku podporován rozvoj strukturální organizace buněk v závislosti na typu

léze. Tento jev adaptace CNS se označuje jako neuroplasticita. Z toho vyplývá, že dobře navržené tréninkové metody zahrnující intenzivní polysenzorickou stimulaci mohou účinně vyvolávat nervovou adaptaci a zlepšovat motorickou a funkční obnovu paretické HK. Na základě těchto poznatků byla navržena robotická zařízení, jejichž cílem je pomoci terapeutům navýšit intenzitu terapie, produkovat polysenzorickou stimulaci a redukovat náklady během jejich práce. Tento koncept byl zpracován již kolem roku 1990 v podobě robotického mechanismu nazvaného „haptické rozhraní“. Toto zařízení bylo navrženo k vedení paretické HK do pasivních a asistovaných pohybů, k pomoci provést některé úkoly s využitím zpětné vazby a k měření změn v kinematice a v síle pohybu. V průběhu let bylo „haptické rozhraní“ přestavováno a zdokonalováno, vznikaly nové systémy, které byly rovněž průběžně upravovány a modernizovány a tento proces pokračuje dodnes. Tímto pozvolným zdokonalováním se robotická terapie stává úspěšným a standardním doplňkem pro multidisciplinární rehabilitační program.

V důsledku překotného vývoje robotické technologie narůstá potřeba zpřehlednit nabídku robotických systémů a porovnat je dle jejich vlastností a možností pomoci v rehabilitaci pacientů po CMP. Tímto způsobem, na základě dělení podle různých kritérií, jsou dnes dostupná robotická zařízení prezentována.

Ve své práci představím robotické systémy na základě jejich dělicích kritérií a poskytnu přehled relevantních studií, jež byly na robotické systémy vytvořeny. Pozornost budu věnovat především studiím, které zkoumaly účinnost robotických systémů. Věřím, že tímto postupem budu moci shromáždit dostatek věrohodných informací, abych následně byla schopna odpovědět na základní otázku této práce: „Jsou robotické systémy v neurorehabilitaci HK u pacientů po CMP účinné?“. Získané informace o účinnosti robotického systému bych ráda podpořila kazuistikami pacientů po CMP, jimž poskytnu terapii paretické HK robotickým systémem dostupným na Klinice rehabilitačního lékařství (KRL) Všeobecné fakultní nemocnice v Praze a 1. lékařské fakulty. Jde o systém Arneo® od firmy Hocoma.

Cílem této práce je potvrdit (případně vyvrátit) účinnost robotických systémů využívaných v neurorehabilitaci HK, jejíž hybnost byla narušena vlivem CMP. Celkově bych touto prací ráda přispěla k rozšíření povědomí o robotických systémech v neurorehabilitaci v České republice.

2 PŘEHLED PROBLEMATIKY

2.1 Etiopatogeneze a epidemiologie cévní mozkové příhody

Cévní mozková příhoda (CMP) je velmi závažné onemocnění postihující mozkovou tkáň. Jedná se o nejčastější akutní onemocnění s incidencí v ČR kolem 250-300 případů na 100 000 obyvatel za rok (Sližová, 2012). Dnes díky kvalitní léčbě přežívají přibližně 2/3 pacientů, z nichž polovina zůstává těžce handikepována, a i přesto ve vyspělých zemích obsazuje CMP 2-3. místo mezi příčinami smrti. Neměnná prevalence se vysvětluje stárnutím populace a přesnější diagnostikou, zatímco nižší mortalita kvalitnější primární prevencí. Svůj podíl na poklesu úmrtnosti má také sekundární prevence a přibývajících možnosti léčby (Bruthans, 2010).

CMP vzniká porušením nutriční cévy pro daný okrsek mozku, což vede k jeho následnému poškození. Rozlišujeme ischemickou a hemoragickou mozkovou příhodu (Vokurka, 2005).

Mozek je zásobován čtyřmi hlavními tepnami, které tvoří párové arteriae (aa.) carotis internae a aa. vertebrales spojující se po výstupu z páteřního kanálu v a. basilaris. Tyto tepny vytváří po prostupu bazí lební na spodině mozku tzv. Willisův okruh (viz příloha č. 1). Tento okruh je nezbytnou spojkou nejen mezi karotickým a vertebrobasilárním povodím, ale též mezi pravou a levou stranou mozkové cirkulace. Z tohoto okruhu vychází tři párové velké tepny, které zásobují zevní části mozkových hemisfér, a drobné perforující arterie, které přivádí krev k centrálním strukturám mozku. Willisův okruh s arteriemi z něj vycházejícími zajišťuje redistribuci krve z dobře zásobených částí mozku do oblastí insuficientních, a brání tak vzniku lokálních ischemií (Tichý, 1997).

Množství krve protékající mozkovou tkání určuje mozková perfuze. V klidu se tato perfuze pohybuje v rozmezí 50-60 ml/ 100 g šedé mozkové tkáně. Klesne-li tato hodnota pod 20 ml/ 100 g, rozvíjí se ischemie v oblasti sníženého průtoku spojená s útlumem neuronů a dochází k „elektrickému selhání“ (tzv. penumbra), klesne-li hodnota perfuze pod 12 ml/ 100 g, hypoxická mozková tkáň podléhá ireverzibilním strukturálním změnám a dochází k „energetickému selhání“. Příčiny této ischemie mohou být lokální či celkové. Mezi lokální příčiny spadá trombóza a embolie, mezi celkové příčiny patří například celková mozková hypoxie při plicních poruchách či ateroskleróza (Ehler, 2001). „Ischemické CMP jsou nejčastější a představují 80 %

všech CMP¹.

Druhým typem CMP jsou hemoragické příhody, při kterých dochází ke krvácení do mozkového parenchymu. Hemoragické ikty mají vyšší úmrtnost v porovnání s ischemickými. Ke krvácení do mozkové tkáně dochází při ruptuře cévní stěny některé arterie. Dle typu krvácení se hemoragické CMP dělí na tříštivé a ohraničené. Ohraničené typy CMP mají příznivější prognózu. Příčinou ruptury cévy mohou být chronická arteriální hypertenze, cévní anomálie, arteriovenózní malformace či různé angiopatie a koagulopatie (Kolář, 2009).

Obvyklými projevy cévní mozkové příhody jsou náhlé znecitlivění či svalová slabost v obličeji, horních nebo dolních končetinách (DKK), kdy se jedná nejčastěji pouze o jednu polovinu těla, dále náhle vzniklá zmatenost, poruchy řeči, zraku, rovnováhy, vnímání okolí, obtíže při chůzi, závratě koordinace pohybu a nakonec náhle vzniklá prudká bolest hlavy bez zjevné příčiny (Cífková, 2010).

Při ischemické CMP je nejčastější ischemie v povodí a. cerebri media, která zásobuje kůru řídicí mimo jiné senzitivitu a motoriku horní končetiny a obličeje, a má tak charakteristický klinický obraz. Projevuje se na kontralaterální straně těla poruchou hybnosti, která je nejvíce vyjádřena na akrech horních končetin (HKK) a v oblasti mimického svalstva, dále změnou citlivosti na celé polovině těla (hypestézie, anestézie, parestézie,...) a poruchou zorného pole (homonymní hemianopsie). Dále se při poškození dominantní hemisféry vyskytuje porucha symbolických funkcí a při poškození nedominantní hemisféry může dojít k „neglect syndromu“. Pro pacienty s ischemií v oblasti a. cerebri media je typické tzv. Wernickeovo-Mannovo držení (viz příloha č. 2), které je tvořeno depresí, addukcí a vnitřní rotací v rameni, flexí v loketním kloubu spojené s pronací předloktí, flexí ruky a prstů, vnitřní rotací dolní končetiny (DK), extenzí v kyčli a kolenu, inverzí a plantární flexí nohy a nakonec cirkumdukci DK při chůzi. Podobný obraz má i ischemie v povodí a. cerebri anterior, jen je výraznější postižení dolní končetiny a může zde být přítomen i tzv. prefrontální syndrom, který se projevuje výraznými psychickými poruchami. Při ischemii v povodí drobných perforujících arterií dochází k motorickým a senzitivním příznakům spolu s dysartrií a ataxií. Dojde-li k ischemii v místě a. cerebri posterior, může dojít k poruše zraku, tělesného schématu a prostorové orientace. Při ischemii mozečkových tepen se

rozvíjí tzv. Wallenbergův syndrom, při kterém se vyskytují neocerebelární příznaky, Hornerův syndrom, postižení V. hlavového nervu, kontralaterální porucha čítí na trupu a končetinách, vestibulární příznaky, poruchy polykání a chrapot (Kolář, 2009).

Tříštivé hemoragické CMP se projevují kombinací ložiskových příznaků a příznaků nitrolební hypertenze a obvykle dochází k poruše vědomí. Globózní neboli ohraničené hemoragické CMP se podobají ischemickým CMP (Kolář, 2009).

Diagnostika cévních mozkových příhod stojí na podrobné anamnéze a důkladném klinickém neurologickém vyšetření. Součástí diagnostiky jsou dále výsledky laboratorních vyšetření, například krevní obraz, výsledky počítačové tomografie (CT) či nukleární magnetické rezonance (MR) (Škoda, 2011).

2.2 Léčba CMP

Léčba CMP spočívá ve farmakoterapii, rehabilitaci, a u menší části pacientů je indikována i operační léčba. Endarterektomie je nejčastější invazivní řešení u ischemických CMP, u hemoragických jde o vypuštění hematomu. Stran farmakologie se u ischemické CMP podávají protidestičková, antikoagulační a trombolytická farmaka, u hemoragické zas léky upravující hypokoagulační stav a snižující nitrolební tlak. Důležitá je i sekundární prevence (antikoagulancia jako prevence trombózy či embolie). Je třeba dále zajistit nutriční, bilanci tekutin a preventivně působit proti aspirační pneumonii či infekci (Kalita, 2010). Na rehabilitaci pacienta po CMP se podílí celý rehabilitační tým vedený rehabilitačním lékařem. Základem rehabilitace je fyzioterapie a ergoterapie, dále se podle potřeb pacienta indikuje logopedie, psychoterapie, sociální intervence, speciální pedagogika a další (Votava, 2001).

Možností fyzioterapie se v dnešní době nabízí mnoho, a tak můžeme při výběru fyzioterapeutické metody vycházet co nejvíce z individuality pacienta a povahy jeho diagnózy. Cíle fyzioterapie u pacientů po CMP jsou především pomoc spontánní úpravě hybnosti, nácvik chůze a soběstačnosti a kompenzace případných trvalých poruch způsobených cévní příhodou. Fyzioterapie má své charakteristiky dle stádií CMP (Votava, 2001).

V akutním stadiu je základem fyzioterapie polohování, které slouží jako prevence rozvoje deformit, oběhových problémů, dekubitů a jako podpora pro poznávání a uvědomování si postižené strany. Dále je nutné provádět pasivní cvičení v antispastickém vzorci, dechovou gymnastiku, nácvik aktivního pohybu a přípravu na

vertikalizaci (Papoušek, 2010).

V subakutním stadiu se začíná často rozvíjet spasticita, a tak je snaha ji inhibovat antispastickým cvičením a polohováním především v oblasti flexorů HK a extenzorů DK. Pacienta postupně vertikalizujeme a cvičíme stabilitu v různých polohách. Ve stoje se zaměříme především na stabilitu kolene a snažíme se obnovit posturální reflexy. Nakonec se zaměříme na jemnější izolovanější pohyby a bráníme patologickým pohybovým vzorům (Papoušek, 2010). K obnovení hybnosti využíváme různých fyzioterapeutických metod. Nejužívanější je metoda propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) dle Kabbatha, koncept manželů Bobathových nebo Vojtova reflexní lokomoce (Votava, 2001). Přibývají i nové možnosti léčby pomocí různých přístrojů. Například stabilitu je možné zlepšit pomocí přístroje Balance, k nácviku chůze využít robotický systém Lokomat a k obnovení hybnosti HK robotický systém Armeo (Stargen EU, neuvedeno). Fyzioterapie je doplněna vhodnou fyzikální terapií (Kolář, 2009).

Někteří pacienti docílí plného obnovení hybnosti a vrátí se do svého původního zdravotního stavu, jiní dospějí do stadia, kdy se jejich stav již nadále nezlepšuje, a stanou se chronickými pacienty. Tito pacienti se vyznačují špatnými posturálními a pohybovými stereotypy, jež mají již zafixované. Nejčastějším pohybovým stereotypem je elevace pánve, cirkumdukce DK, rekurvace v koleni a nášlap na zevní hranu plosky nohy při chůzi a HK s flexí v lokti držená u těla. U těchto pacientů je často vhodné zahájit cvičení od úplného začátku, a tak se vrátit do nižších poloh (Kolář, 2009).

2.3 Anatomie horní končetiny

Horní končetina se skládá z pletence pažního, paže, předloktí a ruky. Pletenec pažní je tvořen claviculou a scapulou. Na scapulu navazuje humerus, a dále vede ulna a radius. Ruka je tvořena skupinami kostí: ossa carpales, metacarpales a phalangeales. Mezi svaly ramene a lopatky se řadí musculus (m.) deltoideus, m. teres major a svaly rotátorové manžety (m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. subscapularis, m. teres minor). Svaly paže jsou rozděleny na skupinu dorsální, kterou tvoří jediný sval m. triceps brachii, a skupinu ventrální tvořenou m. biceps brachii, m. coracobrachialis a m. brachialis. Svaly předloktí jsou rozčleněny do tří skupin, ventrální, dorsální a laterální. Skupiny se dále dělí na několik vrstev. Povrchová vrstva ventrální skupiny

je tvořena m. pronator teres, m. flexor carpi radialis, m. palmaris longus a m. flexor carpi ulnaris, do druhé patří m. flexor digitorum superficialis, hlouběji je uložen m. flexor digitorum profundus a m. flexor pollicis longus a ve čtvrté nejhlubší vrstvě m. pronator quadratus. Vrchní svaly laterální skupiny jsou m. brachioradialis a m. extensor carpi radialis longus a brevis a hlubší m. supinator. Dorsálně na povrchu jsou uloženy m. extensor digitorum, m. digiti minimi a m. carpi ulnaris a pod nimi m. abductor pollicis longus, m. extensor pollicis brevis a longus a m. extensor indicis. Svaly ruky se dělí na thenarové, hypothenarové, mm. lumbricales a mm. interossei. Thenar tvoří m. abductor pollicis brevis, m. flexor pollicis brevis, m. opponens pollicis a m. adductor pollicis, hypothenar m. palmaris brevis, m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis a m. opponens digiti minimi (Čihák, 2001).

Svaly HK jsou inervovány z plexus brachialis. Lopatkové svaly inervují nervus (n.) suprascapularis (m. supraspinatus a m. infraspinatus), n. subscapularis (m. subscapularis a m. teres major) a n. axillaris (m. deltoideus a m. teres minor). Zadní skupinu svalů paže zásobuje n. radialis, přední skupinu n. musculocutaneus. Svaly předloktí jsou motoricky ovlivňovány n. medianus, n. ulnaris a n. radialis. N. medianus inervuje ventrální skupinu svalů a svaly thenaru, n. ulnaris zásobuje m. flexor carpi ulnaris, m. flexor digitorum profundus pro 4. a 5. prst, svaly hypothenaru, mm. interossei a ulnární část mm. lumbricales. N. radialis inervuje svaly laterální a dorsální skupiny předloktí (Čihák, 2001) (viz příloha č. 3).

2.4 Robotické systémy

Robotické systémy se v rehabilitaci využívají nejčastěji u pacientů s pohybovým deficitem neurologické etiologie. V dnešní době stoupá zájem o tuto terapii především u pacientů s motorickými poruchami po cévní mozkové příhodě nebo po poškození míchy. *„Rehabilitační robotické systémy mají implementované diagnostické a terapeutické funkce, které v konečném důsledku výrazně pomáhají a ulehčují práci fyzioterapeuta při obtížné reedukaci pohybu neuropacienta. (přímá citace z českého článku). Jedná se tedy o zařízení, pomocí kterých je možno nastavit soubor medicínských preventivních, diagnostických a terapeutických opatření směřujících k obnovení maximální funkční zdatnosti jedince postiženého na zdraví.“*² Tyto systémy podporují pohybový trénink pacienta komplikovanějšími pohyby, jako je například chůze či komplexní pohyb horní končetiny (Stargen EU, neuvedeno).

2.4.1 Dělení robotických systémů

Robotické systémy je možno rozdělit do dvou základních kategorií. První kategorií tvoří robotické systémy pro rehabilitaci HKK, ve druhé se nachází systémy zaměřené na terapii DKK (Poli, 2014).

Dále existuje mnoho různých kritérií, dle nichž mohou být robotické systémy děleny a charakterizovány. Existuje dělení robotických systémů na základě jejich funkčního využití nebo kontrolního algoritmu. Dále se rozlišuje mechanismus robota, množství stupňů volnosti DOF (Degrees Of Freedom), s nimiž robotické systémy pracují, či například zaměření rehabilitace, k níž je robotický systém uzpůsoben. Pomocí všech těchto kategorií je možné získat systematický přehled možností terapie, jež jsou prostřednictvím robotických systémů dostupné. U robotických systémů bude obecně popsáno rozdělení podle funkčního využití a podle typu kontrolního algoritmu. O zbývajících kritériích bude podrobněji pojednáno v kapitolách zabývajících se přímo robotickými systémy zaměřenými na léčbu HK.

² <http://stargen-eu.cz/produkty/roboticky-asistovana-rehabilitace/>

2.4.1.1 Rozdělení robotických systémů podle funkčního využití

Skupiny robotických systémů vytvořené podle funkčního využití systémů jsou zobrazeny v následující tabulce (viz tab. č. 1). K jednotlivým skupinám jsou dle jejich funkčních možností přiřazena robotická zařízení dostupná na českém trhu.

Funkční pohybová terapie HKK	Armeo®, Amadeo®, Pablo®, Cybex
Reedukace chůze pomocí robotických systémů a biofeedbacku	Lokomat®, Rehawalk®, Ekso, Cybex
Laboratoř chůze	Rehawalk®
Včasná rehabilitace	Erigo®, Amadeo®, Cybex
Diagnostické systémy	Rehawalk®, Pablo®, Amadeo®, Cybex
Roboticky asistovaná hippoterapie	Hirob
Asistovaná chůze v prostoru	Ekso

Tab. č. 1 Přehled robotických systémů rozdělených dle funkčního využití (Stargen EU, neuvedeno)

2.4.1.2 Rozdělení robotických systémů podle kontrolního algoritmu

Rozdíly mezi systémy spočívají také v jejich kontrolním postupu (control algorithm). Cílem tohoto postupu je vést robotické zařízení při aplikaci zvoleného rehabilitačního cvičení tak, aby cvičení u pacienta stimulovalo vhodnou motorickou odpověď, a tak zlepšovalo jeho motorické funkce. Jedná se tedy o různé typy interakce zařízení s pacientem, jež mají společný cíl – vyvolat motorickou reakci oslabené části těla. Marchal-Crespo a Reinkensmeyer (2009) uvádí ve své práci čtyři kategorie systémů dle jejich kontrolního algoritmu. V první kategorii jsou systémy fungující na principu asistovaného pohybu (Assistive controllers), ve druhé kategorii terapie spočívá ve výzvě k náročnějšímu pohybu (Challenge-based), ve třetí kategorii systémy simulují běžné pohyby (Haptic simulation strategies) a ve čtvrté kategorii řídí pohyb bez přímého fyzického kontaktu (Non-contacting coaches).

V současnosti jsou nejlépe propracovány systémy z první kategorie uplatňující metodu asistovaného pohybu. Toto asistované řízení pomáhá pacientovi pohybovat oslabenou končetinou v žádaných vzorech během uchopování, dosahování nebo chůze, a napodobuje terapii pohybem s dopomocí, již provádí přímo fyzioterapeut. Asistovaný pohyb jako takový, ať už vedený robotickým systémem či fyzioterapeutem, má četné

výhody. Podle studie Marchal-Crespo a Reinkensmeyera (2009) je hlavní výhodou protahování svalů a pojivové tkáně, čehož je docíleno vedením končetiny za hranice aktuálního funkčního rozsahu pohybu. Tím se předchází ztuhnutí měkkých tkání a dochází k alespoň dočasné redukci spasticity. Další výhodou je možné opakování pohybu, čímž je posilováno vštěpování správného pohybového vzoru. Rossini a Dal Forno (2004) potvrzují, že opakované stimuly, pohyb v motorických vzorech a zapojení kognitivních funkcí podporují plasticitu mozku k neustálé aktivitě. Díky plasticitě probíhá v mozku obnova a reorganizace nervových spojů, a tak dochází k obnově motorických drah.

Co se týká kladů konkrétně roboticky podporovaného pohybu, údajně umožňuje provést více pohybů ve stejně dlouhém čase než při pohybu s dopomocí fyzioterapeuta. Pacientův trénink tak dosahuje vyšší intenzity, a tím stoupá naděje na jeho rychlejší uzdravení (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Každý člověk má omezené možnosti síly, rychlosti pohybu či cítění, jež jsou determinovány funkcí nervosvalového systému. Robotické systémy mohou být v těchto veličinách neomezené, a tak mohou poskytnout různě rychlou asistenci pohybu neomezenou silou (Kahn, 2006). Nezpochybnitelnou výhodou terapie robotickými systémy je též bezpečnost. Při nácviku pohybů, jež jsou spojeny s vyšším rizikem pádů či zranění, například chůze, robotický systém drží pacienta a chrání jej tak před úrazem (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Další ocenitelnou možností je navyšování náročnosti cvičení, a jako neopomenutelná výhoda je udávána psychická podpora pacienta. Jeden pacient, který byl součástí studie o robotických systémech, řekl: „Když nemůžu udělat pohyb ani jednou, proč bych to měl zkoušet stokrát?“³ Proto vize pohybu, kterou robot pacientům zprostředkovává, může být pro pacienta velmi motivující (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Robotická terapie však nepřináší výhody pouze pacientům, ale též fyzioterapeutům či jiným osobám, které pacienta rehabilitují. Těmito výhodami jsou mimo jiné nízké nároky na fyzickou kondici terapeuta a eliminace negativních důsledků na jeho zdraví, např. přetěžování jedné svalové skupiny či páteře. Na rozdíl od lidí jsou robotické systémy neunavitelné (Kahn, 2006).

Robotická terapie asistovaným pohybem má také svá negativa. Marchal-Crespo a Reinkensmeyer (2008) ve své starší studii namítají, že ve skutečnosti by fyzikálně

³ Marchal-Crespo, L., Reinkensmeyer, D. Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2009; 6(20): str. 3, odstavec 4

vedený pohyb mohl přímo snížit schopnost motorického učení. Důvodem je, že fyzikálně vedený pohyb mění dynamiku práce. Vedení též snižuje tlak na motorický systém objevovat potřebné principy pro úspěšné provedení úkolu. Tímto vedením navíc hrozí, že se účastník během motorického tréninku méně fyzicky snaží docílit chtěného úkonu. Pro názorný příklad Marchal-Crespo a Reinkensmeyer (2009) v novější studii provedli měření výdaje energie při nácviku chůze v robotickém systému a při nácviku manuálně-asistovanou terapií. Výsledek ukázal, že při tréninku v robotickém systému pacient spotřeboval o 60 % energie méně než při normálním učení. Největším rizikem roboticky asistovaného pohybu tedy může být snížení úsilí pacienta, neboť provést pohyb je pro něj méně náročné a vyžaduje menší dávku energie. Je třeba provádět asistovaný pohyb v omezené míře, tzn. poskytnout tolik asistence, kolik pacient potřebuje k dosažení chtěného pohybu, neboť přehnané množství pomoci by mohlo mít negativní dopad na učení.

Robotické systémy pracující na principu asistovaného pohybu se dále člení do několika skupin. V první skupině jsou zařízení, která ke správnému navedení pohybu u pacienta využívají odporu. Tyto systémy v určitých místech dráhy, ve kterých je pacient schopen provést pohyb v dostatečné míře sám, svou asistenci vypínají. Odbočí-li však pacient z trajektorie pohybu, jenž má provést, zařízení zvýší odpor proti chybnému směru. Některé systémy jsou iniciovány až působením síly pacienta, ač je síla třeba jen minimální (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009).

V další skupině se nachází systémy, jejichž asistence spočívá ve vyvažování končetiny či těla (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Využívané jsou například při chůzi, kdy zařízení vyrovnává váhu těla a pacient se tak může soustředit jen na pohyb dolních končetin. Míra podpory může být opět v průběhu tréninku snižována či zvyšována dle potřeby pacienta (Veg, Popovic, 2008).

Třetí skupinu tvoří robotické systémy fungující na základě přijímání potenciálů ze svalů pomocí elektromyografie (EMG). Je-li příjem signálů nízký, zařízení navýší svou asistenci pacientovi a naopak (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Systémy využívající EMG slouží často jako pomůcky pro denní nošení. Díky podnětům přímo ze svalů zprostředkovávají pohyb paretické končetiny závisle na pacientově vůli. Výhodou těchto systémů je možnost zaměření na jednotlivé svaly (Kiguchi, 2004).

Haptické robotické systémy jsou systémy, které využívají k rehabilitaci paretických končetin haptickou simulaci běžných pohybů v interakci s virtuálním světem, ve kterém jsou simulovány aktivity denního života. Mezi běžné činnosti patří například manipulace s předměty, řízení auta, přecházení ulice a podobně. Výhodou robotického systému pro tento trénink je široká škála denních aktivit a možnost mezi těmito aktivitami rychle přepínat a zvyšovat postupně jejich náročnost. Navíc nepodaří-li se pacientovi úkol provést, nečekají ho žádné nepříjemné následky a výsledek jeho úsilí je předložen pomocí zpětné vizuální i haptické vazby (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Tyto systémy ovlivňují pacienta pomocí tří vstupů – vstup zrakový, sluchový a hmatový. Terapie tak zlepšuje motorické funkce i smysl pro hmat zároveň. Více vyvinuté systémy poskytují i rozdílné druhy dotyku, většinou se jedná o rozlišení mezi hrubým a jemným dotykem (Fisch, neuvedeno).

Bezkontaktní trénink funguje na principu vedení a vyzývání pacienta k pohybové aktivitě bez přímého fyzického kontaktu. Systém k tomu využívá jak sluchových tak zrakových vjemů (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009). Zde se nabízí otázka, zda by k tomuto účelu stejně dobře neposloužil počítač namísto robotického systému, leč bylo prokázáno, že na ztělesněnou inteligenci pacienti reagují více (Mataric, 2007).

2.4.2 Robotické systémy zaměřené na HK

Robotické systémy zaměřené na horní končetinu jsou navrženy pro léčbu horní končetiny. Vzhledem k tomu, že paréza HK je jedním z nejčastějších následků CMP a CMP je jedním z nejčastějších onemocnění, robotických systémů zaměřených na HK přibývá. Jsou vyvíjeny a zdokonalovány, přibývají studie zkoumající jejich účinnost a vzniká tak početná skupina osvědčených robotických systémů, které jsou využitelné pro terapii HK s porušenou hybností.

2.4.2.1 Dělení robotických systémů zaměřených na HK

Tyto systémy mohou být vedle výše popsaného rozlišení kontrolního algoritmu a funkčního využití a dle již zmíněného počtu DOF, mechanismu robota a zaměření rehabilitace děleny na základě mnoha dalších kritérií. Těmi jsou oblast HK, na níž je terapie zaměřena, mechanika zařízení, rozlišení kontrolních strategií, oblast využití,

spouštěčový mechanismus, využívané kontrolní signály, typ zpětné vazby a zaměření rehabilitační aplikace.

2.4.2.1.1 Rozdělení robotických systémů pro HK podle oblastí zaměření

První dělení zohledňuje část HK, na kterou je terapie zaměřena. Robotické systémy jsou tak rozděleny na zařízení pro unilaterální či bilaterální pohyb v rameni, pro pohyb v loketním kloubu, v zápěstí, pro pohyb ruky či pro kombinované pohyby ve více kloubech až v celé horní končetině (Poli, 2013).

2.4.2.1.2 Rozdělení robotických systémů pro HK podle mechaniky zařízení

Dalším kritériem pro rozlišení je mechanika robotických zařízení, čímž vznikají dvě hlavní kategorie. Kategorie exoskeletonových zařízení a skupina operačních robotů, tzv. end-effectors (viz příloha č. 4) (Poli, 2013). Od těchto dvou kategorií jsou odvozeny další systémy, které vznikají slučováním více mechanismů dohromady či kombinováním end-effektorového systému s exoskeletonovým. Další kategorie jsou dvojrozměrné roboty, jejichž pracovní pole se nachází v jedné rovině (planar robots), zpětně řízené systémy a modulované robotické systémy, jež lze adaptovat na různé situace přídatnými součástkami, či jsou schopny adaptace bez dodání jiných částí, pak je označujeme jako rekonfigurovatelné (Maciejasz, 2014).

End-effektorové systémy mohou ovlivnit jen některé části HK, obvykle se jedná o ruku či zápěstí. Pohyby jsou vedeny end-efektorem, což je konečná komponenta robotické ruky. Tato konečná část zprostředkovává funkci daného robota (Bouchard, 2012). Klouby celého robotického systému nemají žádný přímý vztah s klouby HK, na níž je terapie zaměřena. Výhodou end-effektorových zařízení je jejich jednoduchá struktura a nekomplikovaný kontrolní algoritmus. Naopak nevýhodou je nemožnost docílit izolovaných pohybů, neboť pohyb distální části těla, kterou iniciuje end-effektor, ovlivňuje proximálně uložené segmenty, a při pohybu ruky tak dochází k pohybu celé HK, případně celého těla (Maciejasz, 2014).

Zato exoskeletonové zařízení může ovlivnit jakoukoliv aktivní část HK a i mnoho částí najednou. V případě této terapie je pohyb veden stanovenou a pohodlnou asistencí každému vybranému segmentu HK. Klouby exoskeletonového robota jsou v přímém vztahu s klouby jedince. Aby mohly být pohyby vedeny účinně a bezpečně, je třeba nastavit délku jednotlivých částí robota shodně s délkou

odpovídajícího segmentu HK. V případě robotického systému ovládajícího mnoho kloubů HK tak může příprava stroje před terapií zabrat mnoho času (Maciejasz, 2014). Vedle medicíny je exoskeletonového přístroje často využíváno i v armádě pro posílení svalů a navýšení výdrže vojáků (Lv, 2013).

U mnoha podob přístrojů může být exoskeletonový mechanismus využit vícekrát. Jedním z takových je například systém Armeo od firmy Hocoma (viz kapitola 2.5.2). Rehabilitační přístroj může být též sestaven z více robotů, většinou v kombinaci exo-skeletonu s end-effektorem (Maciejasz, 2014). Tímto způsobem vzniká například robotický systém REHAROB od Dr. Gusztava Arze, jehož exoskeletonový systém kontroluje pohyb v segmentech celé HK a end-efektorový systém se zaměřuje na distální části (Reharob, neuvedeno).

Některé robotické systémy jsou zpětně říditelné. To znamená, že pacientova síla je schopna vyvolat pohyb přístroje, který byl do té doby nečinný. Využití těchto strojů je zejména při hodnocení pacientovy hybnosti (Maciejasz, 2014).

Dále existuje skupina dvourozměrných robotických zařízení, které povolují pohyb pouze v konkrétní rovině. Některé z nich umí přepojovat mezi vertikální a horizontální rovinou, jiné umožňují volit pracovní rovinu bez omezení (Maciejasz, 2014).

A poslední skupinu tvoří modulované a rekonfigurovatelné systémy, které jsou oblíbené pro svou nízkou cenu v rámci terapie z důvodu adaptability pro různá postižení či odlišné fáze rekonvalescence pacienta (Maciejasz, 2014).

2.4.2.1.3 Rozdělení robotických systémů pro HK podle kontrolní strategie

Třetí dělení robotických systémů probíhá na základě kontrolních strategií systémů. Robotická zařízení mohou být naprogramována ke zprostředkování různých typů cvičení. Jsou tak schopná asistovat při pohybu pacienta různými způsoby. V první skupině jsou systémy pohybující HK pacienta pasivně. Ve druhé systémy působící aktivně ale bez poskytnutí asistence, kdy pacient vykonává zadaný úkol a robot mu nijak fyzicky nepomáhá. Třetí skupinu tvoří systémy aktivní s asistovaným přístupem k pacientovi, který se snaží vykonat pohyb a robot se zapojuje ve chvíli, kdy je pohyb neadekvátní a vyžaduje pro správné provedení podporu zvnějšku. Ve čtvrté skupině se nachází systémy kladoucí pacientovi, jenž končetinou sám hýbe, odpor, a pacient se snaží jej vlastní silou překonat. A nakonec v páté skupině jsou systémy zprostředkující

bimanuální terapii, při které se postižená HK snaží o shodný pohyb s pohybem zdravé HK. U postižené HK dochází k aktivnímu, asistovanému eventuálně pasivnímu pohybu (Maciejasz, 2014).

2.4.2.1.4 Rozdělení robotických systémů pro HK podle oblastí využití

Dalším kritériem pro rozlišení robotických systémů je oblast jejich využití a cílová skupina, pro kterou je terapie navržena. Hlavním smyslem terapie je podpora pacientovy nezávislosti a navýšení kvality jeho života. Hlavní cesty, kterými se terapie v zájmu těchto cílů ubírá, jsou dvě. První způsob je podpora provádění běžných ADL, jako je například potlačování tremoru či podpora svalové síly. Druhá cesta vede přes fyzický trénink (Maciejasz, 2014).

Od robotických systémů pro usnadnění vykonávání ADL se očekává především bezpečnost, nízká cena a snadná ovladatelnost. Dopad účinku robotického systému na uživatele musí být znatelný a značně život zkvalitňující, neboť v případě nedostatečného účinku zařízení hrozí, že jej nebudou pacienti používat. Důležitá je možnost snadných přesunů přístroje, s čímž je však spojená omezená kapacita energetického zdroje. S narůstajícím množstvím pohybů v kloubech narůstá samozřejmě i váha přístroje, proto je těchto přístrojů pro využití v domácím prostředí jen omezeně. U pacientů s pohybovým postižením dolních končetin jsou vyhledávána zařízení se snadnou montáží na kolečkové křeslo či židli (Maciejasz, 2014). Příkladem zařízení usnadňujících běžné ADL je systém „Powergrip“ od firmy Broadened Horizons pro uchopování (Broadenedhorizons, neuvedeno) či ortéza WOTAS od firmy Hasegawa pro potlačení tremoru (Roco, 2007).

Mnohem bohatší skupinu robotických systémů tvoří zařízení pro trénink hybnosti oslabené HK. Tato zařízení se většinou nachází ve specializovaných terapeutických centrech, mohou být však navržena i pro domácí prostředí. Využití většiny robotických systémů je omezeno nutností dohledu případně potřebou asistence kvalifikované osoby, proto převažuje výskyt zařízení právě ve specializovaných rehabilitačních centrech. Dalším důvodem pro umístění systémů do specializovaných center je vysoká cena přístrojů, neboť se jedná již o komplikovanější stroje. V současné době však stoupá poptávka po robotických systémech do domácího prostředí a očekává se, že tento zájem bude nadále stoupat. Proto některé firmy reagují výrobou dvou verzí jednoho systému. Jedna verze je sestavena jako jednodušší a zároveň

levnější přístroj na doma, druhou verzí jsou komplikovanější přístroje do specializovaných center (Maciejasz, 2014). Ve dvou verzích se nachází například systém „Gloreha“ od italské firmy Indrogenet srl (Neurorehabilitační, ©2012-2013).

2.4.2.1.5 Dělení robotických systémů pro HK podle spoušťového mechanismu

Odlišujícím faktorem u robotických systémů je také jejich spoušťový mechanismus. Základní zdroje pro akční mechanismy jsou tři: elektrický proud, hydraulická kapalina a pneumatický tlak. Nejčastěji je využíván elektrický zdroj (Maciejasz, 2014). V případě elektrického zdroje jsou však námitky, že je příliš těžký a má vysokou impedanci (Caldwell, Tsagarakis, 2007). Součástí spoušťových mechanismů využívajících elektrický proud je i funkční elektrická stimulace aktivující nervy a kontrahující příslušné ochablé svaly (Maciejasz, 2014).

2.4.2.1.6 Rozdělení robotických systémů pro HK podle kontrolních signálů

Kontrolní signály jsou vstupy, které informují systém o stavu pacienta a umožňují adaptaci zařízení na pacientův fyzický stav. Signály mohou být dynamické, kdy předávají informaci působením síly HK při pohybu v kloubu. Dále signály kinetické, které působí na zařízení impulsy z kloubu při udržování poloh, a spoušťové (trigger), což jsou signály zahajující nějakou akci (Maciejasz, 2014).

2.4.2.1.7 Rozdělení robotických systémů podle zpětné vazby

Velkou výhodou robotických systémů je zpětná vazba, kterou pacientovi dávají. Typy zpětné vazby jsou vizuální, sluchové, taktilní, formou elektrické stimulace a některé přístroje využívají i stimulaci pomocí vibrací (Maciejasz, 2014).

2.4.2.1.8 Rozdělení robotických systémů podle rehabilitační aplikace

Další charakteristika, na jejímž základě se mohou robotické systémy pro HK lišit, je zaměření jejich rehabilitačního působení. Terapeutický postup robotického systému tak může být zaměřen na cvičení hrubé motoriky, na bilaterální trénink, na zlepšování jemné motoriky, na vyvolání druhotných účinků terapie (after-effects) pomocí zkreslení motorické a vizuální zpětné vazby, dalším typem je telerehabilitace a nakonec cílem robotického systému může být též hodnocení pacientova stavu

(Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007).

Robotické systémy zaměřené na cvičení hrubé motoriky, jsou systémy využívající k terapii paretické HK asistovaný pohyb. Pacient je vizuálně motivován k dosahování a přemísťování různě vzdálených bodů pomocí virtuálního prostředí na obrazovce postavené před ním (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007). Nejužívanějšími přístroji z této skupiny je robotický systém MIME (Mirror Image Movement Enabler) vyvinutý pod vedením doktora H. I. Krebse (Krebs, 2004) nebo systém MIT-Manus (Massachusetts Institute of Technology) dostupný pod názvem InMotion2 od firmy Interactive Motion Technologies (Interactive Motion Technologies). Obě zařízení slouží pro zvětšování rozsahu pohybu a zvyšování svalové síly paretické HK (více k robotickým systémům fungujícím na principu asistovaného pohybu viz kapitola 2.4.1.2) (Lum, 2006).

Robotické systémy pro bilaterální trénink pohybují oběma horními končetinami (zdravou i paretickou) zároveň. Bilaterální pohyb je symetrický. Myšlenkou bilaterálního tréninku je, že posilováním kortikospinálních drah vedoucích z kůry nepoškozené hemisféry do postižené HK dochází ke zlepšování funkce a motoriky paretické horní končetiny. Navíc aktivovaná zdravá hemisféra může přes interkalózní vlákna ovlivňovat poškozenou hemisféru přímo. Bilaterálního tréninku využívá například robotický systém Bi-Manu-Track vyvinutý kolektivem pod vedením M. Hesse či systém MIME uvedený již ve skupině robotických systémů zaměřených na trénink hrubé motoriky (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007).

Rehabilitace jemné motoriky je zaměřena na hybnost zápěstí a ruky a na nácvik úchopů. Ke zlepšení jemné motoriky využívá zvětšování rozsahu pohybu a navyšování svalové síly zápěstí a prstů a cvičí koordinaci zápěstí a prstů v průběhu funkčních cílených pohybů. Tyto dva postupy mohou být u robotických systémů využívány v různě velkém poměru (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007). Například upravený model systému MIT-Manus, jenž je pojmenovaný InMotion3 též od firmy Interaction Motion Technologies, se zaměřuje na trénink flexe/extenze zápěstí, abdukce/addukce zápěstí a pronace/supinace předloktí prostřednictvím jednoduchých pohybů. Tak dochází ke zvětšování rozsahu pohybu v zápěstí a navyšování svalové síly ruky, čímž se zlepšuje funkce a motorika ruky pro jemné pohyby (Krebs et al., 2007). Příkladem systému, u nějž převládá ovlivňování koordinace ruky, je například robotický systém Haptic Knob od Lamercy a jeho kolegů, jenž obnovuje úchop ruky

ve spojení s nácvikem pronace/supinace předloktí (Lambercy et al., 2007).

Zpětná vazba je jednou z důležitých charakteristik terapie robotickými systémy. Každý robotický systém nějakou zpětnou vazbu zprostředkovává, ve většině případů se jedná o kombinaci vizuální a silové zpětné vazby. Vizuelní zpětná vazba je poskytována přes obrazovku počítače umístěného před pacientem, silová zpětná vazba je pacientovi dávana prostřednictvím přímo robotického zařízení. U každého systému je vždy důležité rozlišit, v jaké míře by měla být zpětná vazba poskytována, aby byla v případě daného terapeutického postupu co nejúčinnější (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007). Silová zpětná vazba ovlivňuje pohyb pacienta v průběhu jeho snahy, kdy vydává sílu proti směru jeho pohybu či se jej snaží odchytil od trajektorie pohybu. V důsledku, při snížení či přímo odstranění této síly, se pacient snadněji drží ve správném směru a správné dráze pohybu (Patton, Mussa-Ivaldi, 2004).

Telerehabilitace je rehabilitace, již může pacient podstupovat u sebe doma pod dohledem terapeuta, který je vzdálený místu, kde rehabilitace probíhá (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007). Například Reinkensmeyer se svým kolektivem (2002) vyvinul systém Java Therapy, pomocí kterého pacient procvičuje zápěstí v pohodlí domova napojen na program, jenž je uložen na webových stránkách systému. Ke cvičení je motivován vizuelní zpětnou vazbou, ke správné trajektorii pohybu je naváděn silovou zpětnou vazbou a úspěšnost své snahy může sledovat v hodnocení.

Poslední rehabilitační využití, jež může robotický systém nabídnout, je hodnocení. Toto hodnocení umožňuje většina zařízení. Umí měřit pozici a sílu ve vysokých frekvencích s dokonalou přesností a všechna změřená data jsou v systému ukládána a pomocí těchto dat je hodnocen výkon jedince (Brewer, McDowell, Worthen-Chaudhari, 2007).

2.4.2.2 Přehled robotických systémů pro HK

Polí et al. (2013) ve svém přehledu robotických systémů nabízí tabulku hlavních elektromechanických a roboticky-asistujících zařízení zaměřených na procvičování horní končetiny (viz příloha č. 5). Kritéria, dle nichž byly systémy vybrány, bohužel nejsou uvedena.

Maciejasz et al. (2014) sestavili přehled všech robotických systémů zaměřených na rehabilitaci HK včetně těch, které se teprve vyvíjí či čekají na výzkum.

Vzešla mu z toho tabulka čítající více než 120 robotických zařízení. Již v dnešní době je alarmující nedostatek terapeutů a pečovatelů pro osoby s tělesným postižením vyžadující asistenci. Dle Maciejasze se předpokládá, že tento nedostatek se bude prohlubovat společně s navyšujícím se počtem osob indikovaných k rehabilitaci HK. Jedním z řešení by mohly být právě rehabilitační robotické systémy. Potenciál těchto zařízení byl zkoumán v četných studiích, které většinou jejich účinnost potvrdily. Tím byly robotické systémy zařazeny mezi jednu z nejperspektivnějších možností řešení problému ohledně nedostatku fyzioterapeutů. Nicméně dostupnost těchto zařízení je v klinickém prostředí zatím omezena. Mnoho z nich je ve fázi vývinu či se postrádají výsledky studií o jejich účinnosti. Cílem Maciejaszovy práce měl být vedle kompletního přehledu možných robotických terapií i předložení jejich charakteristik pro možnost srovnání a usnadnění práce pro možný výzkum nových či vylepšených robotických zařízení. Kompletní přehled robotických systémů pro HK dle Maciejasze se nachází v příloze č. 6. Tabulka u každého robotického zařízení udává, jaký má DOF, čímž se označuje míra volnosti. Herman (2007) vysvětluje, že v případě kloubu lidského těla DOF udává počet možných pohybů v tomto kloubu. Například ramenní kloub má 3 DOF, které zahrnují flexi/extenzi, abdukci/addukci a zevní/vnitřní rotaci. V případě robotického zařízení tak DOF udává množství pohybů ve všech kloubech dohromady. V tabulce dle Maciejasze (2014) je dále uvedeno, ve kterých kloubech jsou dané pohyby umožněny, jaký je hlavní kontrolní vstup a co je motorem systému. Charakterizuje i vhodné pole pro aplikaci robotického systému, například zda je určen pro část těla, jež je kompletně nehybná, či naopak pouze jako přenosná pomůcka pro specifickou činnost. A nakonec zmiňuje, v jaké fázi vývoje se daný systém nachází.

2.4.2.2.1 Koncepce Terapie Armeo®

Jedním z osvědčených a často užívaných robotických systémů v rehabilitaci horní končetiny s porušenou hybností je robotický systém Armeo pocházející od firmy Hocoma. Tento produkt je vyráběn ve třech variantách, z nichž každá je zaměřená na jinou fázi rekonvalescence. Všechny tři typy zařízení jsou součástí tzv. Armeo Therapy Concept (koncepce terapie Armeo). Jedná se o robotickou terapii, která se skládá ze tří charakteristik a ke každé charakteristice náleží jeden ze tří modelů systému Armeo. Tyto modely jsou Armeo®Power, Armeo®Spring a Armeo®Boom (viz obr. č. 1) (Hocoma, neuvedeno).



Obr. č. 1 Rehabilitační spektrum koncepce terapie Armeo (Hocoma, neuvedeno)

Všechny tři modely jsou řízeny jedním softwarovým systémem. „Výsledkem je komplexní terapeutická koncepce, kterou lze použít pro různé pacienty a terapeutické potřeby napříč celým rehabilitačním spektrem, od počátku rehabilitačního procesu až po domácí terapii.“⁴. Tento koncept v první řadě reaguje na výzkumy potvrzující tělesný jev, že neuroplasticita mozku přetrvává nehlledě na druh onemocnění pacienta a že opakovanými intenzivními cílenými pohyby se vytváří nová spojení. Druhým podnětem pro vytvoření koncepce terapie Armeo jsou výsledky klinických zkoušek, které odhalily, že pacient je více motivován zahajuje-li cvičení sám, což vede k většímu nasazení pacienta, a tak vyšší účinnosti terapie. A svou roli, jak již bylo zmíněno v kapitole o robotických systémech zaměřených na HK, hraje i ekonomická stránka. Terapie robotickým systémem Armeo přepočítaná na hodiny péče zprostředkované terapeutem vyšla mnohem levněji. Cvičení na Armeu si může pacient řídit sám, většinou odpadá nutnost trvalé přítomnosti terapeuta v průběhu cvičebního procesu a pacientovi je tak umožněna vyšší intenzita rehabilitace. Softwarový systém zprostředkovává pacientovi zpětnou vazbu, která ho motivuje k čím dál vyšším výkonům, a zároveň průběžně hodnotí stav jeho motorických funkcí, a pacient tak vidí účinky své snahy zcela objektivně (Hocoma, neuvedeno).

⁴ Hocoma, Koncepce terapie Armeo, str. 2, odstavec 3, neuvedeno

Klíčovými charakteristikami koncepce terapie Armeo jsou: podpora hmotnosti paže, umocněná zpětná vazba a nástroje pro hodnocení. Podporou hmotnosti paže dochází k vyloučení účinku gravitace na postiženou HK. Tak se mohou plně projevit zbývající motorické funkce a pacient snadněji provádí intenzivní opakované pohyby. Ty se navíc v trojrozměrném pracovním rozsahu zvětšují. Terapie na přístroji Armeo probíhá prostřednictvím široké škály funkčních a motivačních cvičení a her, jejichž design odpovídá běžným denním situacím (např. zalévání květin, čištění varné desky či nakupování ovoce). Systém lze přizpůsobit každému pacientovi jednotlivě díky změně nastavení úrovně obtížnosti a pracovního rozsahu v závislosti na jeho fyzickém stavu a jeho potřebách. Velikou výhodou poskytuje možnost zpětné vazby. Ta je zprostředkována skrze nahrávání předchozích výsledků, které si pacient může porovnávat a tak sledovat úspěšnost a pokrok léčby. Na zpětné vazbě se podílí nástroje pro hodnocení, které jsou součástí softwaru Armeocontrol. Jedná se o zabudované databáze spravující individuální terapeutické plány, dokumentace pokroku rekonvalescence pacienta a přesné hodnocení individuálních pohybových schopností pacienta (Hocoma, nevedeno). Hodnocení probíhá z mnoha hledisek: „A-MOVE pro aktivní a dosahovou vzdálenost, reakční čas a rychlost pohybu, A-GOAL pro přesné pohyby orientované na cíl, A-COORD pro koordinaci při aktivních pohybech, A-ROM pro rozsah pohybu během aktivních a pasivních pohybů, A-FORCE pro izometrickou sílu generovanou ve statické poloze a A-STIFF pro mechanickou ztuhlost kloubů při pasivním pohybu paže dle předem naprogramovaného vzoru“⁵.

Jak již bylo zmíněno výše, koncepce terapie Armeo využívá tři modelů, Armeo®Power, Armeo®Spring a Armeo®Boom (Stargen EU, nevedeno).

Dosahuje-li postižení HK neschopnosti aktivního pohybu kvůli poškozené hybnosti, je vhodné, aby pacient zahájil terapii na zařízení Armeo®Power. Tento model v kombinaci s nastavitelným ergonomickým vedením postižené paže nabízí různá interaktivní terapeutická cvičení, která jsou řízená již zmíněným sdíleným softwarem Armeocontrol. Co se týče první charakteristiky, podpory hmotnosti paže, Armeo®Power je tvořen robotickým exoskeletem odpovídajícím stavbě lidské paže, který je upevněn na elektrickém zdvižném sloupku. Posouváním sloupku je možné nastavit přístroj na výšku pacienta a pro různou velikost paže, přesunout exoskeleton

⁵ Hocoma, Koncepce terapie Armeo, str. 3, odstavec 6, nevedeno

na levou či pravou stranu dle HK, na kterou je léčba zaměřena, a srovnat rameno exoskeletonu do roviny s ramenem pohybově postižené HK. Příklad zajišťuje pohyb ve všech kloubech HK a hodnotí úhly pro flexi/extenzi, horizontální abdukci/addukci a vnitřní/zevní rotaci v ramenním kloubu, flexi/extenzi v loketním kloubu, pronaci/supinaci předloktí a flexi/extenzi v zápěstí. Zbývající dvě charakteristiky, umocněná zpětná vazba a nástroje pro hodnocení, jsou zprostředkované již vyjmenovanými motivačními cvičeními a širokou řadou možností hodnocení (Hocoma, neuvedeno).

Pro pacienty, kteří úspěšně podstoupili terapii robotickým systémem Armeo®Power a dosáhli alespoň nějakého stupně aktivní hybnosti, či pro pacienty, kteří začínají rehabilitační proces s postiženou HK schopnou nižšího stupně hybnosti, je určen robotický systém Armeo®Spring. Tento přístroj „nabízí různé pacientem iniciované opakované terapie pro rozšíření rozsahu pohybu a selektivní kontroly pacienta.“⁶. Vlastní aktivní cvičení podněcují pacienta k vynaložení co největšího úsilí a to v oblasti koncentrace i koordinace. Systém Armeo®Spring bude rozebrán podrobněji níže (viz kapitola 2.6.1) (Hocoma, neuvedeno).

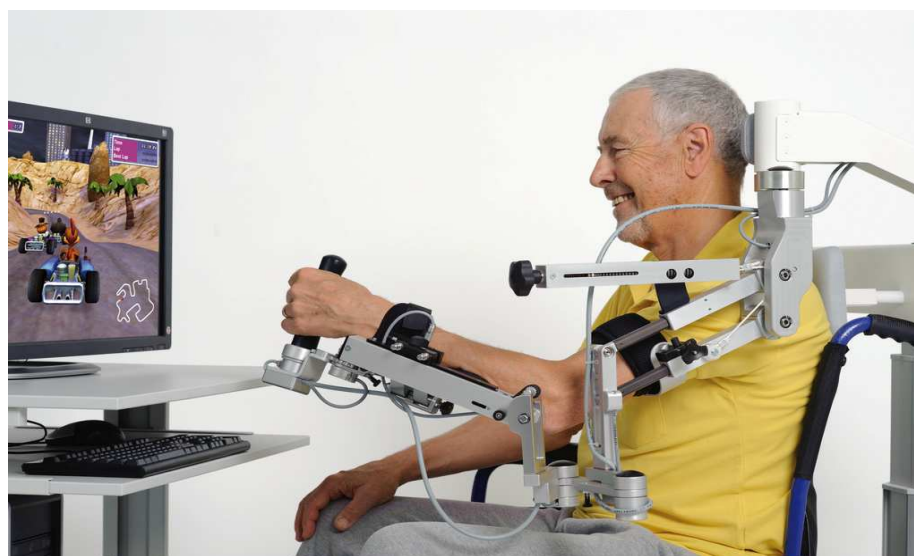
Třetím typem z koncepce terapie Armeo je přístroj Armeo®Boom, jenž je navržen pro ambulantní použití či pro terapii v domácím prostředí. Zařízení opět využívá samostatně řízených aktivních cvičení s umocněnou zpětnou vazbou, hodnotících nástrojů a společného softwaru Armeocontrol. K tomu splňuje podmínku pro snadné domácí použití – je lehký, snadno přemístitelný, skladný a kompaktní. „Armeo®Boom má visutý závěsný systém s nízkou setrvačností, který umožňuje nastavit stupeň podpory hmotnosti paže a dovoluje pacientovi provádět s postiženou paží samostatně řízená volná pohybová cvičení ve velkém trojrozměrném pracovním rozsahu.“⁷. Příklad Armeo®Boom si pacient snadno seřídí sám. Jedná se především o nastavení rozsahu a volbu pohybové roviny: frontální, horizontální či v trojrozměrném poli (Hocoma, neuvedeno).

⁶ Hocoma, Koncepce terapie Armeo, str. 6, odstavec 2, neuvedeno

⁷ Hocoma, Koncepce terapie Armeo, str. 8, odstavec 4, neuvedeno

2.4.2.2.1.1 Armeo®Spring

Horní končetina je tvořena mnoha klouby a pohyb v horní končetině tak může být velmi rozmanitý. Tato skutečnost klade vysoké nároky pro design exoskeletonového robota. Hocoma, švýcarská společnost, vyvinula jakožto součást celé koncepce terapie Armeo exoskeletonový robot pojmenovaný Armeo®Spring, který může asistovat lidské HK v 5 DOF pohybu (viz obr. č. 2). Těchto 5 DOF zahrnuje flexi/extenzi, abdukci/addukci a zevní/vnitřní rotaci v ramenním kloubu, flexi/extenzi v loketním kloubu a supinaci/pronaci předloktí (Lv, 2013). V kompletním přehledu robotických systémů od Poli je u systému Armeo uvedeno 7 DOF, kdy k již zmíněným rovinám připočítávají ještě flexi/extenzi v zápěstí a úchop prstů (Poli, 2014). Systém má též kompenzaci gravitace. Je využíván zejména u částečné paralýzy či parézy pro aktivní pohybový trénink (Lv, 2013).



Obr. č. 2 Robotický systém Armeo®Spring (Hospimed, neuvedeno)

Cvičení aktivního pohybu v 5 DOF je umožněno díky speciálně navrženému exoskeletonu, jenž obepíná celou paži od ramenního kloubu po ruku a je nastavitelný pro různou velikost a délku HK. Tento exoskelet je vybaven pružinami, jež umožňují různě modifikovanou kompenzaci hmotnosti pacientovy paže. Odstraněním účinku gravitace či alespoň zmenšením jejího působení na HK jsou posilovány zbývající funkce a neuromuskulární kontrola postižené HK, a dochází tak snadněji k aktivnímu pohybu v trojrozměrném prostoru. Umocněnou zpětnou vazbu přístroj Armeo®Spring opět zprostředkovává skrz rozsáhlou zásobu pohybových cvičení zasazených do

virtuálního tématického prostředí, které má motivační i informativní charakter. Jedná se o prostředí a pohyby spojené s běžnými denními činnostmi, jako je například rozklepnutí vajec na pánev či mytí oken, s různými zájmovými činnostmi, např. chytání míčů v brance nebo lovení ryb, a jiné zajímavé úkony. Při všech těchto cvičeních dochází k okamžité zpětné vazbě, například vejce upuštěné mimo pánev se rozbije. Pacientem iniciovaná cvičení postihují proximální i distální komponenty HK, které se zapojují především při pohybech uchopení a uvolnění, pronaci/supinaci předloktí, flexi/extenzi zápěstí a dosažení a získání předmětu. Přístroj cítí i nepatrné pohyby a funkce, a umožňuje tak cvičení ve velmi časném stádiu terapie. Hodnotícími nástroji jsou různá funkční cvičení i cvičení, jež byla vytvořena přímo pro hodnocení motorické schopnosti a koordinace pacienta. Ve všech kloubech exoskeletonu jsou zabudované snímače pro detekci aktivního pohybu HK, jejichž výsledky jsou průběžně zaznamenávány a uchovávány v počítači. Výsledky měření je možné si prohlédnout kdykoliv v průběhu terapie a dobře poslouží k posouzení rekonvalescence pacienta a k návrhu optimální terapie. Přesné hodnocení probíhá pomocí nástrojů monitorujících vzdálenost aktivního dosahu HK a reakční čas (A-MOVE), provedení pohybů orientovaných na cíl (A-GOAL), koordinaci pohybů (A-COORD) a rozsah aktivního i pasivního pohybu (A-ROM). Klinickými přínosy jsou dle výrobce schopnosti zařízení odhalit veškerou zbývající motorickou funkci, možnost cvičit nezávisle a přesto vysoce intenzivně i pro středně až těžce postižené pacienty, nastavitelnost pracovního rozsahu zařízení dle schopností pacienta, zařazení celého pohybového řetězce do terapie díky optimálnímu zapojení paže, ruky i zápěstí a celková univerzálnost přístroje Armeo®Spring, která je daná rozhraním pro ruční moduly určené pacientům s nižší či vyšší funkčností paže (Hocoma, neuvedeno).

2.4.2.3 Studie o robotických systémech zaměřených na HK

Se stoupajícím zájmem o robotické rehabilitační systémy roste též počet studií zabývajících se otázkami ohledně účinnosti robotických systémů, jejich užití a vhodného postupu terapie, srovnáním efektivity robotické terapie s účinností konvenční terapie, nebo například hledáním výhod robotické terapie ve srovnání s jinými terapeutickými metodami. Následující tabulka nabízí přehled studií, jež zkoumají robotické systémy zaměřené na terapii HK u pacientů po CMP (viz tab. č. 2).

<p>C. Colomer, A. Baldovi, S. Torromé, M. D. Navarro, B. Moliner, J. Ferri, E. Noé Eficacia del sistema Armeo@Spring en la fase crónica del ictus. Estudio en hemiparesias leves-moderadas <i>Neurología</i> 2013;28:p.261-267</p> <p>Cíl: potvrzení účinnosti robotického systému Armeo@Spring na HK u pacientů v chronické fázi CMP Závěr: Armeo@Spring je účinný prostředek pro rehabilitaci postižené paže u pacientů s hemiparézou po CMP v chronické fázi CMP.</p>
<p>V. Klamroth-Marganska, J. Blanco, K. Campen, et al. Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial <i>Lancet Neurol.</i> 2014;13:159-166</p> <p>Cíl: srovnání účinnosti terapie robotickým systémem ARMin s účinností konvenční terapie v chronické fázi CMP Závěr: Robotický systém ARMin je v terapii chronické fáze CMP účinný, jeho vyšší efektivita ve srovnání s konvenční terapií však nebyla prokázána.</p>
<p>S. Masiero, A. Celia, G. Rosati, M. Armani Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke <i>Physical Medicine and Rehabilitation.</i> 2007;88(2):142-149</p> <p>Cíl: porovnání časné rob. terapie prostřednictvím systému NeReRobot s konvenčním terapeutickým přístupem u pacientů v akutní fázi CMP Závěr: Robotický systém NeReRobot je účinný v terapii akutní fáze CMP a oproti konvenční terapii vykazuje jisté výhody.</p>
<p>J. Mehrholz, A. Hadrich, T. Platz, J. Kugler, M. Pohl Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke <i>Cochrane Database Syst Rev.</i> 2012;6</p> <p>Cíl: potvrdit vliv terapie prostřednictvím elektromechanických a rob. zařízení na motorické funkce a svalovou sílu HK u pacientů po CMP Závěr: Elektromechanické a robotické systémy mají jednoznačně pozitivní vliv na motorické funkce i svalovou sílu HK.</p>
<p>G. Kwakkel, B. J. Kollen, H. I. Krebs Effects of Robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A Systematic Review <i>Neurorehabil Neural Repair.</i> 2008;22(2):111-121</p> <p>Cíl: potvrdit účinnost robotických systémů v rehabilitaci HK u pacientů po CMP pomocí shrnutí dostupných studií zkoumajících účinnost robotických systémů Závěr: Terapie HK robotickými systémy způsobila značné zlepšení motorických funkcí HK u pacientů po CMP, zatímco zlepšení ve funkcích ADLs bylo nepatrné.</p>

P. S. Lum, Ch. G. Burgar, P. C. Shor, M. Majmundar, M. Van der Loos

Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke

Arch Phys Med Rehabil. 2002;83:952-959

Cíl: srovnání účinnosti roboticky-asistovaného tréninku s konvenčními technikami v rehabilitaci motorických funkcí HK u pacientů po CMP

Závěr: Roboticky-asistovaná terapie prokázala ve srovnání s konvenčním přístupem větší zlepšení v klinických a biomechanických testech.

C. D. Takahashi, L. Der-Yeghiaian, V. Le, R. R. Motiwala, C. Crame

Robot-based hand motor therapy after stroke

Brain. 2008;131:425-437

Cíl: potvrzení účinnosti robotického systému zaměřeného na rehabilitaci ruky (HWARD) u pacientů v chronické fázi CMP, objevení specifického terapeutického vlivu na reorganizaci mozkových spojů

Závěr: V průběhu robotické terapie zaměřené na specifické úkony byla potvrzena zvýšená aktivace senzomotorické kůry, zatímco v průběhu cvičení volných pohybů při konvenční terapii zvýšená aktivace nebyla patrná. HWARD má vliv na zlepšení motorické funkce ruky.

L. E. Kahn, P. S. Lum, W. Zev Rymer, D. J. Reinkensmeyer

Robot-assisted movement training for the stroke-impaired arm: Does it matter what the robot does?

Journal of Rehabilitation Research and Development. 2006;43(5):619-630

Cíl: objasnění významu aplikované síly prostřednictvím robotického systému ARM Guide v terapii HK u pacientů v akutní i chronické fázi CMP

Závěr: Mechanická asistence při pohybu prostřednictvím robotického systému ARM Guide zlepšuje motorické funkce podobně jako neasistovaný pohybový trénink.

A. C. Lo, P. D. Guarino, L. G. Richards, L. K. Haselkorn, et al.

Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke

New England Journal Medicin. 2010;362:1772-1783

Cíl: potvrdit účinnost robotické terapie u pacientů s dlouhotrvajícím deficitem hybnosti HK vlivem CMP

Závěr: Po 12 týdnech rob. terapie nedošlo ke znatelnému zlepšení motorických funkcí HK v porovnání s obvykle poskytovanou péčí i s intenzivní nerobotickou terapií, po 36 měsících však k tomuto významnějšímu zlepšení motorických funkcí HK vlivem rob. terapie došlo. V porovnání s intenzivní nerobotickou terapií byl vliv rob. terapie shodný.

K. Hill, J. Burridge, S. Micera, Ch. Metcalf

Kinematic of unimpaired reach-grasp-release during robotic assiste reaching

XXIII Congress of the International Society of Biomechanics. 2011

Cíl: charakterizovat kinematiku roboticky asistovaného dosahování a úchopu HK prostřednictvím systému Armeo u zdravých lidí za pomoci srovnání s kinematikou normálně provedeného pohybu dosahování a úchopu

Závěr: Asistovaný pohyb zprostředkovaný robotickým systémem Armeo je kinematikou shodný s volně prováděnými pohyby dosahování a do úchopu. Užití Armea nezasahuje do přirozené pohybové strategie.

Q. M. Obsedat

Kinematic and kinetic comparisons of arm and hand reaching movements with mild and gravity-supported, computer-enhanced Armeo@Spring: A case study

Theses and Disertations. 2013;p. 322

Cíl: vyzkoumat funkce robotického systému Armeo@Spring v terapii hybnosti HK u pacientů po CMP zaměřené na dosahování s využitím dvou různých úrovní výše kompenzace gravitační síly	Závěr: Se stoupající mírou podpory HK (vyšší stupeň kompenzace) se zlepšují schopnosti pacienta po CMP s parézou HK dosáhnout rychlejšího a kvalitnějšího pohybu, zároveň se však snižuje svalová aktivita.
---	--

Tab. č. 2 Přehled studií o robotických systémech zaměřených na HK u pacientů po CMP

Následující text nabízí podrobné analýzy tří studií, ve kterých jsou představeny kromě cílů a výsledků i kritéria výběru pacientů, průběh terapie, vyšetření pacientů a způsob kontroly účinnosti. První studie se zabývá účinností přímo robotického systému Armeo u pacientů v chronické fázi CMP, druhá porovnává účinnost robotické terapie prostřednictvím přístroje ARMin s konvenční terapií a třetí studie zkoumá účinnost robotické terapie v akutní fázi CMP a srovnává ji s konvenčním přístupem.

Český překlad studie „Eficacia del sistema Armeo@Spring en la fase crónica del ictus. Estudio en hemiparesias leves-moderadas“ by byl „Účinnost systému Armeo@Spring u pacientů v chronické fázi CMP. Studie u lehkých případů hemiparézy“.

Vzorek, na kterém byla účinnost robotického systému zkoumána, sestával z 23 chronických pacientů po CMP s lehkou hemiparézou (17 mužů a 6 žen). Věk pacientů byl vymezen $54,6 \pm 9,5$ let a chronicita hemiparézy byla ohraničena dobou trvání $328 \pm 90,8$ dní. Co se týče typu CMP, 12 pacientů bylo po ischemické CMP a 11 pacientů po hemoragické CMP. Každý z 23 pacientů absolvoval 36 hodin terapie na robotickém systému Armeo@Spring (Colomer, 2013).

Hybnost HK byla hodnocena při vyšetření na začátku terapie, na konci terapie, a 4 měsíce po ukončení terapie pro zhodnocení dlouhodobého účinku robotické léčby. Tato vyšetření probíhala stejným způsobem a pacient podstoupil vždy stejné testy. Vyšetření byla zaměřena na strukturu, aktivitu a funkci HK podle Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví (International Classification of Functioning, Disability and Health). Každé vyšetření se skládalo z modifikované Ashwortovy stupnice (Modified Ashwort Scale), testu síly HK (Motricity Index = MI), Fugl-Meyerova funkčního testu (Fugl-Meyer Assessment Scale = FM), stupnice hodnocení motoriky (Motor Assessment Scale = MAS), funkčního testu ruky (Manual Function Test = MFT) a testu měřícího motorickou schopnost HK (Wolf Motor

Function Test = WMFT) (Colomer, 2013).

Každý z 23 pacientů docházel na individuální terapii 3x týdně po dobu 12 týdnů. Dohromady tak absolvoval 36 hodin terapie na robotickém systému Armeo®Spring. Na prvním sezení podstoupil každý pacient vyšetření a následně s ním byl nastaven přístroj na velikost jeho poškozené HK. Před první cvičením se s pacientem nastavil také pracovní prostor pro terapii na robotickém systému, tzn. do jaké dosáhnul výšky a hloubky, jak daleko do strany levé a pravé, v jakém rozsahu předpažil, do jaké míry provedl flexi a extenzi v loketním kloubu, supinaci a pronaci předloktí a flexi a extenzi zápěstí, a jakou měl sílu stisku. Poté, co byly všechny míry přístroje nastaveny, získaná data se uložila do paměti počítače pod pacientovým jménem. Každý pacient měl tak v systému uložen svůj profil, ve kterém byly uloženy nejen míry, ale též cvičení, která již prováděl a výsledky, kterých při cvičení dosáhl. Po přizpůsobení zařízení pacientovi byla vybrána cvičení zaměřená na nejoslabenější pohyby HK. Při první terapii musel pacient provést 3 hodnotící cvičení, jež jsou obsaženy v softwaru. První takové cvičení s pomocí vizuálně nahrané situace chytání mouchy hodnotí rychlost reakce, druhé virtuálním dosahováním na koule na kulečnickovém stole zkoumá schopnost horizontální abdukce a addukce a třetí hodnotí celkovou hybnost HK sbíráním berušek v trávě. Následně byla vybrána cvičení zaměřená na nejoslabenější pohyby HK. Hodnocení pacient prováděl po každých 9 terapiích, a tak měl terapeut možnost zpětné vazby, zhodnocení progresu hybnosti pacienta a případnou úpravu pracovního prostoru, přizpůsobení exoskeletonu novým rozsahům v HK a volbu jiných cvičení či změnu jejich obtížností (Colomer, 2013).

Po absolvování všech 36 terapií byl každý pacient opět vyšetřen, a 4 měsíce po ukončení terapie proběhlo třetí vyšetření. Výsledky byly následně statisticky zanalyzovány pomocí měření ANOVA⁸. Opakovaným měřením ANOVA bylo prokázáno značné zlepšení ve všech funkčních testech i v hodnocení aktivity, a navíc nebyly objeveny žádné velké změny ve svalovém tonu. Post hoc analýza Bonferinni⁹

⁸ ANOVA = statistické metody, které umožňují provádět vícenásobné porovnávání středních hodnot, metoda ANOVA je založena na hodnocení vztahů mezi rozptyly porovnávaných výběrových souborů, předpokladem pro validní užití této metody jsou nezávislost měření (uvnitř skupin i mezi skupinami), normalita dat v každé skupině a homogenita rozptylů uvnitř skupin (alespoň přibližná shoda rozptylů uvnitř skupin) (cit. <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ANOVA.htm>)

⁹ Post hoc analýza = druhý krok při analýze rozptylu po metodě ANOVA, testy plnované až po provedení experimentu a analýzy

ukázala, že se liší schéma progresu funkce od schématu vývoje aktivity a především výhody přímo související s tréninkem vztahující se k hodnotám aktivity. Výzkum zaznamenal, že u všech pacientů bylo v den ukončení terapie prokazatelné zlepšení ve funkčním testu ruky (MF $P^{10} < .01$), na stupnici hodnocení motoriky (MAS $P < .01$) a v testu měřícím motorickou schopnost HK (WMFT-Ability $P < .05$), kdy P značí hodnotu významnosti. Tato zlepšení byla prokazatelná bez výraznějších změn i při vyšetření prováděném 4 měsíce od ukončení terapie. Co se týče hodnot funkce HK, analýza ukázala, že ve Fugl-Meyerově testu došlo u pacientů v rozmezí od začátku terapie po ukončení terapie ke značnému zlepšení ($P < .01$) a v rozmezí 4 měsíců od ukončení terapie ke zlepšení malému leč jasně prokazatelnému ($P < .01$). U testu síly ruky (MI) a funkčního testu motorické rychlosti došlo k prokazatelným vylepšením v průběhu 4 měsíců od ukončení terapie ($P < .05$) (viz obr. č. 3) (Colomer, 2013).

Table 1 Results from the assessment scales for each of the 3 time periods.

	Onset (T1)	End (T2)	End + 4 months (T3)	P
Fugl-Meyer Assessment Scale	45.7 ± 14.3	50 ± 13.1	52.7 ± 11.2	<.01 ^{a,b*}
Ashworth Proximal	0.6 ± 0.6	0.6 ± 0.5	0.6 ± 0.6	<.01 ^{a,b*}
Ashworth Distal	1 ± 0.8	1 ± 0.7	0.9 ± 0.7	NS
Motricity Index	69 ± 14.6	72.6 ± 13.6	73.7 ± 12.8	.059
Manual Function Test	16.9 ± 6.3	19 ± 6.7	19.9 ± 6.1	<.05 ^{a,b*}
Motor Assessment Scale	10 ± 5.5	11.3 ± 5.7	11.6 ± 5.6	<.05 ^{a,b*}
Wolf Motor Function Test-Ability	44 ± 15.5	45.9 ± 15.3	47.2 ± 14.2	NS
Wolf Motor Function Test-Time	459.2 ± 486	393.1 ± 472.8	324.6 ± 412.8	NS

Repeated measure ANOVA using the Bonferroni correction as a post hoc analysis.

a: onset versus end; b: end versus end + 4 months; c: onset versus end + 4 months; p: significant; NS: not significant.

* $P < .01$.

Obr. č. 3 Výsledky vyšetření v průběhu tří period (Colomer, 2013)

V diskuzi je výsledek studie shrnut jako jednoznačně pozitivní. Došlo ke zlepšení v oblasti funkce i aktivity. Kladné výsledky terapie na robotickém systému Armeo byly dlouhodobé a přetrvávaly i v případě následné konvenční terapie. Závěrem studie tedy je, že terapie robotickými systémy u pacientů v chronické fázi CMP s hemiparézou je přinejmenším stejně účinná jako konvenční (Colomer, 2013).

(cit. <http://rimarcik.com/navigator/1-anova.html>)

¹⁰ $P\text{-value} = 1 - F(F\text{-ratio})$, F je nepatrně modifikovaný poměr; p-value určuje hladinu významnosti, kdy je možné odmítnout hypotézu, hladina významnosti ($\alpha = 0,05$), $\alpha < p\text{-value}$ potvrzuje rovnocennost modelů, $\alpha > p\text{-value}$ rovnocennost modelů (hypotézu) zamítá (cit. <http://www.ucitelka.info/statistika/analyza-rozptylu>)

Název článku „Three dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial“ znamená v českém překladu „Trojrozměrná, na úkol zaměřená robotická terapie horní končetiny po CMP: multicentrický, víceskupinový náhodný výzkum“.

Robotický systém ARMin funguje na stejném principu jako robotický systém Arneo®Spring, odlehčuje paretickou HK a motivuje ji k pohybu vizuálně předloženými úkoly na monitoru počítače. Rozdílný je však ve stupni volnosti, kdy ARMin na rozdíl od robotického systému Arneo pohybuje končetinou v 7 DOF. Mezi fyziologické pohyby v rameni, lokti, předloktí a zápěstí patří i pohyby ruky jako je otevírání dlaně a zavírání dlaně do pěsti (Klamroth-Marganska, 2014).

Mezi hlavní kritéria pro výběr probandů patřil vznik parézy HK vlivem CMP a chronicita motorického postižení HK (déle než 6 měsíců). Pohlaví nebylo výběrovým kritériem. Původně byla kritéria přísnější, kdy příčina vzniku parézy byla omezena pouze na ischemickou CMP, věkové rozmezí pacientů bylo dáno na 18-80 let a pacient nesměl trpět epilepsií. Po 19 měsících, kdy autoři studie nenalezli dostatečný počet pacientů, kteří by odpovídali jejich nárokům, došlo k uvolnění kritérií. Novými kritérii se staly: vznik parézy v důsledku jakékoliv cerebrovaskulární příhody, tolerance epilepsie a věkové omezení pouze spodní hranicí 18 let (viz příloha č. 7). Výběr pacientů vhodných pro výzkum probíhal v rozmezí od května 2009 do září 2012. Z původních 143 navržených pacientů bylo nakonec uznáno jako vhodných 77 osob s hemiparézou po CMP. Výběr probíhal ve čtyřech švýcarských zdravotnických centrech (Uniklinik Balgrist, Reha Rheinfelden, Zentrum für Ambulante Rehabilitation Zürich a Zürcher Höhenklinik Wald). Pacienti byli pomocí počítačového programu náhodně (v poměru 1:1) rozděleni do dvou skupin, z nichž jedna byla léčena robotickým systémem (38 pacientů) a druhá podstoupila konvenční terapii (35 pacientů). Po přidělení terapie byli pacienti opět náhodně rozděleni do skupin po 20 lidech, a tak vznikly čtyři skupiny, které byly rozeslány do čtyř již zmíněných švýcarských klinik. Obě terapie (robotická a konvenční) probíhaly na klinikách ve stejných časových periodách, 3x týdně po dobu 8 týdnů. Dohromady tak každý pacient podstoupil 24 terapeutických sezení. Každá terapie trvala minimálně 45 minut, přičemž do tohoto času nebyla zahrnuta příprava robotického systému ani příchod pacienta na terapii stejně jako odchod pacienta a vypnutí přístroje. Každé cvičení, které pacient na ARMinu podstoupil, trvalo minimálně 10 minut. Náplň konvenční terapie

byla u všech pacientů podobná, jednalo se o různě volené kombinace mobilizací, her a cvičení běžných denních činností. Výběr fyzioterapeutů pro výzkum probíhal opět dle předem daných kritérií (požadavek minimálně 4roční praxe, dobré renomé) a všichni fyzioterapeuti byli ještě po výběru dobře zaškoleni do možností robotické i konvenční terapie. K jednotlivým pacientům nehledě na vybraný typ terapie byli fyzioterapeuti přidělováni pro co největší objektivnost výzkumu opět náhodně (Klamroth-Marganska, 2014).

Před zahájením celého cyklu terapií byl každý pacient vyšetřen. K objektivnímu hodnocení byl využit Fugl-Meyerův funkční test (FMA-UE), test měřící motorickou schopnost HK (Wolf Motor Function Test = WMFT), modifikovaná Ashworthova škála, test kvality pohybu (Motor Activity Log) a stupnice následků CMP (Stroke Impact Scale). Dále byla hodnocena síla stisku ruky pomocí systému ARMin. Přizvaní experti, kteří prováděli vyšetření, byli stejně jako terapeuti z oblasti fyzioterapie. Vyšetření podstoupil každý pacient v průběhu výzkumu 6krát. První vyšetření proběhlo 3-4 týdny před zahájením celého programu, druhé těsně před zahájením první terapie, dále po 4 týdnech terapie, čtvrté vyšetření pacient podstoupil těsně po ukončení celého cyklu terapií, poté 16 týdnů od ukončení terapií a nakonec byl vyšetřen po 34 týdnech od ukončení léčby. Autoři studie zvolili pro analýzu výsledků metodu ANOVA, která porovnála výsledky mezi předem vytvořenými dvěmi skupinami pacientů (pacienti léčení pomocí systému ARMin a pacienti absolvující konvenční terapii), a post-hoc analýzu, pomocí které na konci celého terapeutického procesu včetně všech vyšetření byli pacienti rozdělováni do různých skupin dle věku, dominance ruky, přesné doby od příhody a počtu bodů ve Fugl-Meyerově funkčním testu, a tyto vzniklé skupiny byly navzájem porovnávány. Z původních 88 pacientů celý cyklus terapií dokončilo 84 účastníků. Čtyři byli z výzkumného procesu pro zdravotní důvody vyřazeni (Klamroth-Marganska, 2014).

Výsledky celého výzkumu mluví stejně jako předchozí studie ve prospěch terapie robotickým systémem. Jednoznačným úspěchem je znatelný nárůst bodů získaných ve Fugl-Meyerově testu. Průměrné zlepšení u pacientů léčených ARMinem bylo v tomto testu o 3, 25 bodů, zatímco konvenční terapie dokázala toto skóre navýšit o „pouhých“ 2, 47 bodů (viz obr. č. 4). V post hoc analýze nebyly objeveny žádné charakteristické rozdíly mezi skupinami pacientů, které léčili robotem či konvenčně při zohledňování věku nebo dominance HK. Podle studie nezanechal robot na pacientech

žádné vedlejší účinky s výjimkou dvou pacientů, kteří byli lehce pohmožděni na paži. Konkrétní přístroj, který pohmožděninu způsobil, byl vyměkčen a upraven, a tak bylo zabráněno dalšímu případnému poškození uživatelů tohoto robotického systému (Klamroth-Marganska, 2014).

	F ratio	p value	Estimated marginal mean difference over the course of the study (95% CI)
Arm section of Fugl-Meyer assessment	4.2	0.041	0.78 (0.03 to 1.53)
Wolf Motor Function Test: time	1.4	0.173	2.02 (-0.90 to 4.93)
Wolf Motor Function Test: function	1.6	0.212	-0.37 (-0.10 to 0.02)
Stroke Impact Scale: total	3.6	0.059	1.42 (-0.05 to 2.91)
Stroke Impact Scale: physical domain	0.8	0.387	0.76 (-0.96 to 2.47)
Quality of movement section of the Motor Activity Log	0.1	0.751	0.13 (-0.07 to 0.10)
Modified Ashworth Scale	3.0	0.083	-0.62 (-0.13 to 0.01)
Goal Attainment Score	3.2	0.077	-0.39 (-0.82 to 0.04)
Mean strength	5.8	0.017	-1.29 (-2.34 to -0.23)
Grip strength	1.7	0.196	-0.41 (-1.04 to 0.21)

Table 2: Primary and secondary outcomes

Obr. č. 4 Poměry výsledných hodnot vyšetření (Klamroth-Marganska, 2014)

V diskuzi autoři shrnují výsledky studie jako potvrzení účinnosti robotické terapie u chronických pacientů po CMP. Jejich vyšší úspěšnost ve srovnání s konvenční terapií však nebyla přesvědčivě prokázána. Autoři využili pro výzkum relativně velký vzorek pacientů s různě vyjádřenou hemiparézou HK. Post-hoc analýza odhalila, že nejvíce zapůsobili robotické systémy u účastníků s těžkou parézou. V této oblasti jednoznačně předčily účinky konvenční terapie. Za tímto úspěchem vidí autoři lepší a snadnější pomoc poskytnutou pacientovi robotem při specifickém pohybu v trojrozměrném poli. Podstatnou výslednou hodnotou, která mluví pro větší úspěch robotické terapie, je nárůst bodů získaných ve Fugl-Meyerově testu. Ačkoliv za klinicky důležitý posun je považována změna výsledků FM minimálně o pět bodů a této hranice průměrné zlepšení v testu nedosáhlo, individuálně se o více jak pět bodů zlepšily výsledky třetiny pacientů léčených ARMinem a pouhé čtvrtiny pacientů léčených konvenčně. Změny, které hrají spíše ve prospěch konvenční terapie nežli ARMinu a které tak zpochybňují vyšší efektivitu robotů před manuálním přístupem, jsou změna svalové síly. Při konvenční terapii došlo u pacientů ke znatelnému navýšení svalové síly, zatímco robotická terapie svalovou sílu paretické HK nijak

významně neovlivnila. Zde si autoři kladou otázku, zda by pro nárůst síly při robotické terapii nestačilo zvolit více cvičení zaměřených na posilování HK. Další otázkou je, jak by výsledek výzkumu vypadal, kdyby celý cyklus terapií trval déle. Autoři se shodli, že osm týdnů je rozhodně nedostatečná délka léčby. Podle výsledků dochází u robotických systémů k největšímu zlepšení hybnosti paretické HK hned na začátku celého cyklu terapií, zatímco konvenční terapie působí postupně. Posledním vyšetřením bylo odhaleno, že pacienti, kteří podstoupili konvenční léčbu, se nadále motoricky zlepšují i po ukončení terapie. Zde se jako vysvětlení nabízí možnost, že vzhledem k většímu navýšení svalové síly v průběhu konvenční terapie mohou pacienti více zapojovat HK do běžných denních činností, a tak posilovat její hybnost v průběhu celého dne (Klamroth-Marganska, 2014).

Studie dostupná pod názvem „Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke“ od Steffana Masieara, znamená v českém překladu „Roboticky-asistovaná rehabilitace horní končetiny v akutní fázi CMP“.

Pro výzkum bylo metodou náhody vybráno 35 pacientů v akutní fázi unilaterální ischemické či trombotické CMP. Podmínkou bylo, aby při první terapii za sebou pacienti měli méně než týden uběhlý od propuknutí CMP. Kontraindikací pro výběr pacienta byla kardiovaskulární či neurologická instabilita, časný vysoký stupeň spasticity, mnohočetné cerebrovaskulární léze a vážné neuropsychologické postižení (globální afázie, deficit pozornosti,...). Vybraní pacienti byli rozděleni do dvou skupin, kdy experimentální skupinu tvořilo 17 pacientů (průměrný věk 63.4 ± 12.8) a kontrolní skupinu 18 pacientů (průměrný věk 66.8 ± 11.5). Obě skupiny obdrželi každý den stejnou dávku a délku standardní multidisciplinární rehabilitace charakteristické pro poinfarktové stavy. Tato rehabilitace vycházela především z Bobath konceptu. Experimentální skupina vedle již zmíněné standardní rehabilitace podstoupila navíc senzomotorický trénink prostřednictvím robotického systému (2 sezení/den, 4 hod/týdně, 25 hodin terapie). Kontrolní skupina ke standardní rehabilitaci absolvovala pouze 30 minut robotické terapie týdně (2x týdně 15 minut, 2 týdny), přičemž však na robotu nebyla cvičena paretická HK nýbrž kontralaterální HK, která nebyla CMP poznamenána (Masiearo, 2007). Robotický systém, na němž cvičení v rámci výzkumu probíhalo, se nazývá NeReRobot (Neuro-Rehabilitation-Robot). Byl vyvinut týmem Stefana Masieara na Padově univerzitě přímo pro účely tohoto

výzkumu. NeReRobot cvičí flexi/extenzi, abdukci/addukci, zevní/vnitřní rotaci a pronaci/supinaci v ramenním a loketním kloubu a pro vedení terapie využívá zrakových i sluchových stimulů. Skládá se jako většina robotických systémů pro terapii HK z exoskeletonu a počítače. Výhodou tohoto zařízení je, že je uzpůsobený k přemísťování, a dá se tak snadno převézt do nemocničního pokoje přímo k pacientovi. Navíc je sestaven tak, že umožňuje cvičit HK jak v sedě, tak v leže. Jedinou podmínkou je, že pacient musí ležet v supinační poloze (Masiearo, 2007).

Účinnost obou terapií byla posuzována pomocí čtyř průběžných vyšetření. První vyšetření pacienti podstoupili před zahájením celého cyklu terapií, druhé po ukončení cyklu (1,5 měsíců po zahájení cyklu), třetí vyšetření proběhlo 3 měsíce po první terapii a poslední 8 měsíců po zahájení léčby. Stav pacientů byl objektivizován pomocí určených testů. Těmito testy byl oddíl Fugl-Meyerova funkčního testu zaměřený na HK (FMA), skóre medicínského výzkumného výboru (Medical Research Council score = MRC), test funkční nezávislosti (FIM), test posturální kontroly (Trunk Control Test = TCT) a modifikovaná Ashworthova škála (mAS). FMA hodnotí pohyby v ramenním a loketním kloubu, a hybnost předloktí, zápěstí a ruky. Maximum bodů, jež může vyšetřovaný v testu získat při plné funkčnosti ruky, je 66 bodů. MRC hodnotí svalovou sílu pomocí pěti stupňů. V případě této studie byla hodnocena svalová síla abduktorů ramenního kloubu, flexorů loketního kloubu a flexorů zápěstí. FIM hodnotí funkční nezávislost jedince pomocí rozdělení činností do 18 oblastí, kdy nejvyšší možný počet bodů (126 bodů) značí plnou funkční nezávislost. TCT hodnotí kontrolu trupu a stabilitu v rozmezí 0-100 bodů, a mAS měří spasticitu pomocí 5 stupňů (Masiearo, 2007).

Na prvním sezení byl s každým pacientem stejně jako u jiných studií, nastaven přístroj na míry pacienta a vymezen pracovní prostor. Následně byla zvolena cvičení tak, aby trénovala postiženou HK v jejích nejomezenějších pohybech. Pacient po každých 5 až 7 cvičeních minutu odpočíval. Každé sezení trvalo 20-30 minut. V průběhu prvního týdne probíhala u většiny pacientů terapie pomocí pasivních pohybů, v následujících týdnech přešel systém k pouhé asistenci při pohybu, přičemž míru asistence dávkoval dle stavu pacienta (Masiearo, 2007).

Výzkum dokončilo 30 pacientů (15:15). Tři pacienti odstoupili ze zdravotních důvodů, dva zemřeli. Pomocí testů bylo u experimentální skupiny, jež podstoupila standardní i robotickou terapii, prokázáno snížení motorického postižení a zvýšení

funkční obnovy HK. Při vyšetření na konci terapie bylo patrné zlepšení ve FMA v oblasti hybnosti ramene a lokte a pohybové koordinace ($P<.05$), v motorické části testu FIM ($P<.01$) a v MRC u svalové síly abduktorů ramene ($P<.05$) a flexorů lokte ($p<.05$). Ne však u flexorů zápěstí ($P<0.1$). Znatelné pokroky v těchto testech byly patrné i při vyšetření 3 a 8 měsíců po začátku terapie. Oproti tomu robotické systémy nijak významně neovlivnily posturální kontrolu a svalový tonus (viz tab. č. 3). V porovnání výsledků kontrolní a experimentální skupiny byla zlepšení v testu markantnější u pacientů, kteří absolvovali robotickou terapii. V čem se však nelišili, byl nízký vliv na prevenci možných komplikací poinfarktového stavu. U 2 pacientů z experimentální i 2 pacientů z kontrolní skupiny se rozvinul syndrom zmrzlého ramene (Masiearo, 2007).

Stage of Treatment	FMA Shoulder/Elbow and Coordination Subsection	FMA Wrist/Hand Subsection	MRC Deltoid	MRC Biceps	MRC Wrist Flexors	FIM	FIM Motor	TCT	MAS
--------------------	--	---------------------------	-------------	------------	-------------------	-----	-----------	-----	-----

After 1, 5 mo (end of robot therapy)

Experimental group	12.8±5.5	3.0±2.6	2.1±1.1	1.3±1.3	1.8±1.3	32.6±7.2	33.5±7.5	36.7±12.3	0.13±1.4
Control group	7.5±9.5	2.8±2.6	0.7±0.8	0.9±0.8	2.0±1.5	25.5±10.5	18.5±9.5	29.8±19.8	0.13±0.9
<i>P</i>	<.05	NS	<.05	<.05	NS	<.05	<.01	NS	NS

After 3 mo

Experimental group	18.8±6.4	5.8±3.1	2.7±0.8	2.1±1.3	2.3±1.5	44.2±12.1	43.2±7.9	46.3±19.1	0.25±1.4
Control group	8.9±8.3	6.1±3.1	1.3±1.0	1.3±1.3	2.5±1.1	29.7±14.5	24.6±11.8	38.7±20.5	0.50±0.5
<i>P</i>	<.01	NS	<.05	<.05	NS	<.01	<.01	NS	NS

After 8 mo

Experimental group	20.0±7.8	6.0±3.2	3.2±1.1	2.3±1.7	2.3±1.7	46.2±10.4	44.5±14.1	46.8±18.9	0.13±1.4
Control group	10.5±13.1	5.8±3.8	1.5±0.9	1.5±1.4	2.1±1.6	31.8±14.6	26.1±14.8	37.8±24.6	0.88±1.4
<i>P</i>	<.01	NS	<.05	NS	NS	<.01	<.01	NS	NS

Tab. č. 3 Výsledky testů 1 a půl (1, 5), 3 a 8 měsíců po ukončení terapie (Masiearo, 2007)

Účinnost robotické terapie v akutní fázi CMP prostřednictvím robotického systému NeReRobot byla jednoznačně potvrzena. Došlo k vysoké redukci motorického postižení a k navýšení funkce HK. Při vyšetření po ukončení cyklu terapií ukazovaly hodnoty testů znatelné zlepšení oproti výsledkům vyšetření před zahájením celé terapie. Testy dělané 3 měsíce po zahájení léčby poukázaly na opětovné zlepšení a při

vyšetření 8 měsíců po zahájení léčby byly pozitivní změny stále prokazatelné a dokonce ještě mírně navýšené. Tyto výsledky potvrzují informaci, že k největšímu zlepšení stavu po CMP dochází v průběhu prvních 3-6 měsíců, a zároveň potvrzují dlouhodobý účinek terapie robotickým systémem. Možnost, že k tak významnému zlepšení došlo díky vyšší dávce terapie spíše než vlivem robotického systému, autoři studie popírají. Potvrzují tezi o vyšší dávce, tu však nezdůvodňují vyšším počtem hodin terapie, jenž byl experimentální skupině zprostředkován, nýbrž vyšší intenzitou terapie, kterou robotický systém nabízí, a dalšími výhodami systému, jako je vyrovnané rychlé opakování pohybu, ukládání obtížností cvičení, široké možnosti pohybu a trvalá motivace. Při vyšetření vyšlo však najevo, že účinnost robotického systému je směřována především na proximální části HK. Hodnoty v testech pro zápěstí a ruku se nijak významně nezměnily (Masiearo, 2007).

Studie byla uzavřena pozitivním závěrem, v němž autoři definovali tři hlavní výhody robotické terapie v akutní fázi CMP pomocí systému NeReRobot. První výhodou je potřeba minimální supervize od fyzioterapeuta, neboť pacientovu pozornost udržuje dostatek vizuálních a akustických podnětů a počítač pacienta srozumitelně navádí k pohybu sám. Druhou výhodou je databáze pacientových pokroků v průběhu terapie a třetím kladem je snadná přemistitelnost zařízení, a tak možnost časně terapie (Masiearo, 2007).

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Metodologie práce

Svou bakalářskou práci jsem pojala jako rešerši, jež shrnuje dostupné relevantní informace o robotických systémech využívaných v neurorehabilitaci. V práci jsem se zaměřila na robotické systémy navržené pro rehabilitaci horní končetiny u pacientů po CMP. Při hledání informací jsem vycházela především ze zahraničních zdrojů. Součástí práce je přehled několika významných studií, jež pomocí kvantitativního i kvalitativního výzkumu potvrdila účinnost robotických systémů. V praktické části jsem vypracovala dvě kazuistiky pacientek po CMP, jež podstoupily mnou aplikovanou terapii robotickým systémem Armeo®Spring. Při tom jsem vycházela z kritérií pro výběr pacientů a z postupů terapií, které byly využity v zahraničních studiích. Účelem této práce není podrobné porovnávání jednotlivých robotických systémů, nýbrž sjednocením dostupných informací a mnou vedenou praktickou částí zodpovědět základní otázku – zda jsou robotické systémy v neurorehabilitaci skutečně účinné. Nejedná se proto o práci výzkumnou a kazuistiky nemají za cíl potvrdit účinnost robotického systému nýbrž ilustrovat zanalyzované studie a výsledky těchto studií podpořit vlastní zkušeností.

3.1.1 Otázky praktické části

Praktická část byla rozvržena dle vzoru zahraničních studií, které zkoumaly účinnost robotických systémů, a tuto účinnost se jim podařilo potvrdit. Otázky, jež si chci praktickou částí zodpovědět, vznikly jako reakce na úspěch těchto studií. Otázky pro tuto praktickou část zní:

Je robotický systém Armeo účinný v léčbě parézy HK u pacientů po CMP?
Jak vyhovuje terapie na přístroji Armeo pacientům po CMP?
Jaké výhody a nevýhody může fyzioterapeut pocítit při terapii s využitím robotického zařízení Armeo?

3.1.2 Kritéria výběru pacientů

Věková hranice pacientů nebyla dána, vyhledávání byli pacienti s parézou HK vzniklou vlivem CMP a omezení se vztahovalo na dobu uplynulou od příhody.

Podmínkou pro výběr pacientů bylo uplynutí minimálně tři týdnů od příhody v zájmu vyloučení pacientů v akutní fázi. Dalším kritériem bylo, aby pacient v průběhu terapie robotickým systémem Armeo nepodstupoval jiné terapie zaměřené na HK. Původní představou pro širší obohacení práce o vlastní zkušenost bylo vyšetření a terapie tří pacientů, a tak doplnění práce o tři kazuistiky. Hledání pacientů bylo zahájeno již v prosinci roku 2013. S vedoucí bakalářské práce Mgr. Evou Senohrábkovou a s MUDr. Svobodovou z KlinNeuro jsme oslovily Fakultní Thomayerovu nemocnici (FTN), Ústřední vojenskou nemocnici (ÚVN), Všeobecnou fakultní nemocnici (VFN), Nemocnici na Bulovce a i některé samostatné neurologické ordinace. Bohužel až v březnu 2014 byla nalezena pacientka po CMP, jež splňovala žádaná kritéria (slabá paréza HK, 3 měsíce od příhody) a s terapií v rámci bakalářské práce souhlasila. Vzápětí na to byla sehnána druhá pacientka s těžší parézou HK, která prodělala CMP v červenci 2013 a právě dokončila terapeutický pobyt v denním stacionáři Kliniky rehabilitačního lékařství v délce trvání šesti týdnů.

3.1.3 Analýza a zpracování dat

Na začátku celého cyklu terapií podstoupily obě pacientky vstupní vyšetření, které se skládalo z anamnézy, kineziologického rozboru zaměřeného na HK, neurologického vyšetření zaměřeného na HK a několika funkčních testů. V průběhu terapie byl jejich pokrok hodnocen také pomocí tří hodnotících cvičení, jež jsou dostupná na robotickém systému Armeo®Spring. Po ukončení cyklu terapií podstoupily pacientky závěrečné vyšetření, jež probíhalo za stejných podmínek jako vstupní.

3.2 Kazuistiky

3.2.1. Kazuistika pacientky Z. N.

1. ANAMNÉZA

Pracoviště: KRL Albertov

Datum: 7. 3. 2014

Vyšetřovaná osoba: Z. N., žena, narozena 1942

Hlavní diagnóza: st. p. iCMP způsobené stenózou ACI dx. (24. 12. 2014)

RA: matka †85 na Morbus Parkinson, otec †78 na ICHS, syn (41) a dvě vnučky (4, 8) zdravé, žádné významné nemoci v rodině pacientka neudala

OA:

- běžné dětské nemoci
- hypertenze
- artrosa nosných kloubů
- 1985 st. p. borreliose
- červen 2013 prekolapsové stavy – nepravděpodobná kardiální etiologie, koronografie normální
- susp. EP paroxysmy (pocity zúženého vnímání) – Levetiracetam – odtud kontrola
- systolická dysfunkce levé komory srdeční
- **operace:** v mládí tonsilektomie, 1990 hysterektomie, cholecystektomie
- **úrazy:** 2x Collesova zlomenina na LHK (80. léta)

GA:

- menopauza v 50 letech
- 1 porod bez komplikací

Abusus: alkohol příležitostně, kouření ne, káva 1xdenně

FA: Letrox 50, Prestarium, Concor, Agen, Torvacard, Keppra 250

AA: Biseptol (kožní výsev)

SPA:

- nyní bydlí se synem v bytě s výtahem, před CMP bydlela sama v domě se zahradou (bezbariérový přístup do domu, dům je ale na samotě přibližně 7 km od nejbližší vesnice)
- pracovala jako asistentka hygieny ve zdravotnictví, nyní v SD
- do důchodového věku rekreačně sportovala (lyžování, plavání), od nastoupení do důchodu pracuje nejraději na zahradě

NO:

- 24. 12. 2013 iCMP – hemihyestezie, parestezie a mírná hemiparéza levé poloviny těla
- hospitalizace v ÚVN v Praze
- 25. 12. 2013 Sonografie – drobné změny v mozkové tkáni
- 27. 12. 2013 CT mozku – věku přiměřená atrofie mozkové tkáně bez progresu
- medikace doplněna o statin
- NYHA II

2. PŘEDCHOZÍ FYZIOTERAPIE

V ÚVN, kde byla pacientka v prosinci roku 2013 hospitalizována po iCMP, byla druhý den hospitalizace (25. 12. 2013) s pacientkou zahájena akutní fyzioterapie na lůžku. Součástí této fyzioterapie byla RFT, prevence TEN a aktivní protahování HKK a DKK vleže. Třetí den hospitalizace byla pacientka vertikalizována do sedu a stoje, byla přidána fyzioterapie vsedě a pacientka se krátce prošla po pokoji s oporou o nízké chodítko. Čtvrtý den proběhlo s pacientkou cvičení ve stoje a chůze po oddělení s oporou o dvě francouzské hole. Fyzioterapie byla zaměřena na stabilitu stoje. Po propuštění z nemocnice se již pacientka pohybovala s oporou o jednu francouzskou hůl. V únoru roku 2014 pacientka absolvovala 4 terapie ambulantní formou. Součástí terapií

byly měkké techniky na levou polovinu těla, pasivní protahování ramenního kloubu LHK, pasivní protahování kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu LDK a aktivní cvičení LHK a LDK.

3. INDIKACE K FYZIOTERAPII

St. p. iCMP, jehož následkem u pacientky vznikla hemihypestezie, parestezie a lehká hemiparéza LHK.

4. STATUS PRAESENS

Pacientka je plně při vědomí, orientována časem, místem i osobou, komunikuje přiměřeně, bez fatické poruchy, spolupracuje, je lehce depresivní. Zadýchává se při rychlé chůzi – NYHA II. Dominantní HK pacientky je pravá HK.

5. SUBJEKTIVNÍ PROBLÉM PACIENTA

Pacientka chodí sama s oporou o FH, bez holí pro parézu levé DK je chůze velmi nestabilní. Při běžných denních činnostech je soběstačná, po CMP má potíže s činnostmi v předklonu či pokleku (péče o psa, obouvání). Stěžuje si na nižší citlivost a brnění levé HK, obzvláště v oblasti ramenního kloubu a dlaně. Bolest pociťuje po ránu v levém ramenním kloubu, v průběhu dne s přibývajícimi pohyby v ramenním kloubu bolest ustupuje. Stěžuje si na sníženou hybnost LHK především v oblasti ramenního kloubu. Tyto pohyby ji limitují nejvíce při oblékání a oblíbených aktivitách (venčení psa, práce na zahradě). Cítí se více unavená než před CMP v prosinci. Je lehce depresivní, stěžuje si, že se pohybuje pomalu a bojí se, že se její stav již nezlepší.

6. VYŠETŘENÍ FYZIOTERAPEUTEM

A) KINEZIOLOGICKÝ ROZBOR

Aspekci:

- bez ikteru a cyanózy
- spontánní ventilace
- dobrý dechový stereotyp, abdominální typ dýchání
- jizva: šikmá laparotomie po cholecystektomii, dolní střední laparotomie po

hysterektomii

- jizvy volně posunlivé
- hodnocení postavy:

ZEZADU – valgózní postavení levého hlezenního kloubu, mírný otok akra LDK, značný otok ve fossa poplitea na LDK, Achillovy šlachy asymetrické (levá tenčí a více prominuje), valgózní postavení kolenních kloubů, pánev sešikmená (levá kyčelní lopata níž), prominující paravertebrální svaly, mírný otok v oblasti paže a proximální části předloktí LHK, asymetrické taile (levé větší), levá lopatka výš, levá scapula alata, levý ramenní kloub výš (cca 2 cm), hlava v ose

ZBOKU – levý kolenní kloub ve flekčním držení (cca 5⁰), anteverze pánve, prominence břišní stěny, flekční držení trupu, hyperkyfóza Th páteře, protrakce ramen, protrakce hlavy, levý loketní kloub ve flekčním držení (cca 5⁰)

ZEPŘEDU – otok levého hlezenního a kolenního kloubu, LDK mírně oteklá, četné asymetrické abdominální rýhy, prominence břišní stěny, větší prominence levého sternoclaviculárního kloubu, levá klíční kost šikmější, levý ramenní kloub výš

Palpací:

- žádné bolestivé změny na kůži
- afebrilní
- teplejší akra HKK než proximální části HKK
- hypotonus svalů paže LHK

Auskultací:

- žádné doprovodné zvukové fenomény při pohybu

Antropometrie:

- váha: 74 kg
- výška: 172 cm
- BMI: 25 (nadváha)
- délka celé HK pravá / levá: 77 / 77 cm

- délka celé paže pravá / levá: 31 / 31 cm
- délka předloktí pravé / levé: 27 / 27 cm
- délka ruky pravá / levá: 19 / 19 cm
- obvod relaxované paže pravá / levá: 36 / 38 cm
- obvod kontrahované paže pravá / levá: 37, 5 / 38 cm
- obvod loketního kloubu prvý / levý: 31 / 31 cm
- obvod předloktí pravé / levé: 26, 5 / 27 cm
- obvod na zápěstím pravé / levé: 18 / 18 cm
- obvod hlaviček MP kloubů pravé / levé: 20 / 20 cm
- obvod prstů pravé / levé: 7 / 7 cm

Goniometrie (vyšetření ROM):

AKTIVNÍ:

- Ramenní kloub pravý / levý: ABD (bez souhybu lopatky) $90^\circ / 80^\circ$, ABD (s fyziologickým souhybem lopatky) $160^\circ / 100^\circ$ (s patologickými souhyby – elevace a protrakce ramenního kloubu, protrakce hlavy a mírná lateroflexe trupu doprava), ADD $0^\circ / 0^\circ$, FX (bez souhybu lopatky) $90^\circ / 90^\circ$, FX (s fyziologickým souhybem lopatky) $180^\circ / 100^\circ$ ($100^\circ - 120^\circ$ v levém ramenním kloubu – patologická elevace a protrakce ramenního kloubu a lateroflexe trupu doprava), EXT $40^\circ / 35^\circ$, ZR $75^\circ / 50^\circ$, VR $90^\circ / 90^\circ$, hor. ABD $45^\circ / 30^\circ$, hor. ADD $130^\circ / 125^\circ$
- Loketní kloub pravý / levý: FX $130^\circ / 120^\circ$, EXT $0^\circ / 0^\circ$
- Předloktí pravé / levé: SUP $90^\circ / 90^\circ$, PRO $80^\circ / 80^\circ$
- Zápěstí pravé / levé: PFX $50^\circ / 40^\circ$, DFX $60^\circ / 60^\circ$, RD $10^\circ / 10^\circ$, UD $40^\circ / 40^\circ$
- Metacarpophalangeální klouby pravé / levé: FX $90^\circ / 90^\circ$, EXT $10^\circ / 10^\circ$
- Interphalangeální klouby pravé / levé: FX $20^\circ / 20^\circ$, EXT $0^\circ / 0^\circ$, ABD $35^\circ / 40^\circ$, ADD $0^\circ / 0^\circ$

PASIVNÍ:

- pasivně lze v levém ramenním kloubu do ABD na 160° , do FX na 180° a do ZR na 70°

JOINT PLAY:

- shodný rozsah pohyblivosti ve všech kloubech levé i pravé horní končetiny
- joint play je možný, ale v malých rozsazích

Vyšetření svalové síly:

- běžné dětské nemoci
- síla v levém ramenním kloubu do všech pohybů je v porovnání s pravým ramenním kloubem zřetelně oslabena
- nejslabší je abdukce a flexe nad horizontálu v levém ramenním kloubu
- z důvodu oslabení svalů kolem ramenního kloubu pacientka není schopna plného rozsahu aktivního pohybu do flexe a abdukce
- flexe a extenze v levém loketním kloubu je ve srovnání s pravým loketním kloubem nepatrně oslabena
- síla v levém zápěstí do všech pohybů je ve srovnání s pravým zápěstím též nepatrně oslabena
- síla stisku v LHK mírně slabší než v PHK

Mobilita:

VLEŽE:

- otáčení na bok a na břicho zvládá v pomalejším tempu

VSEDĚ:

- posadí se sama
- při posazování využívá opory o ruce, vsedě je stabilní i bez opory

VE STOJE:

- postaví se sama
- při vstávání z nižší židle potřebuje oporu o hůl či o ruce
- ve stoji stabilní, Romberg I., II., III. negativní
- stoj na 1DK – při stoji na PDK mírné titubace, při stoji na LDK potřeba opory, titubace
- tandemový stoj – mírné titubace s narůstající tendencí

PŘI CHŮZI:

- pacientka chodí o jedné francouzské holi (chodila již před CMP), kterou drží v PHK

Vyšetření chůze:

- po rovině vpřed bez hole – zvládá těžce, velmi nestabilní, kolébavá chůze (hůl využívá jako oporu i jistotu do stability)
- vpřed s holí – pomalá, kolébavá, LDK menší krok, stabilní
- vzad – zvládne, bez hole i s holí velmi nestabilní
- se zavřenýma očima – bez hole i s holí zvládá
- po špičkách x po patách – bez hole velmi nestabilní, LDK vážne v plantární i dorzální flexi (velmi malé exkurze)
- do schodů x ze schodů – stabilní, při chůzi do schodů ji limituje zvýšená únavnost
- v terénu – zvládá i horší terén (dlažební kostky „kočičí hlavy“), s holí je stabilní

Soběstačnost:

- soběstačná, schopna všech bodů ADL
- personální ADL: osobní hygienu, koupání, sebesycení a použití WC zvládá sama bez obtíží, přesuny a oblékání zvládá v pomalejším tempu než před CMP (při přesunech pacientku omezuje nemožnost plné opory o LHK, při oblékání udává potíže se zapínáním malých knoflíčků, přetahováním triček přes hlavu, natahováním ponožek a zavazováním tkaniček)
- instrumentální ADL: postará se o domácnost, nakoupí a uvaří si sama (od CMP využívá ke všem těmto aktivitám především pravou HK, která je dominantní, a tak se pacientka údajně necítí nijak omezená, nákup nosí v kabelce přes rameno), k transportu z bytu do nemocnice využívá MHD (pocituje větší nejistotu při pohybu v dopravních prostředcích, aktivity omezuje dle dostupnosti dopravou, pěší trasy do 1 km), léky bere zodpovědně a komunikuje přes mobilní telefon prostřednictvím hovorů (SMS nevyužívala ani před příhodou)
- těžší nákupy (balení vody, mléka, ..) nosí pacientce jednou týdně syn
- jemná motorika na PHK je v pořádku, na LHK je zhoršená (viz příloha č. - kreslení geometrických tvarů)

Denní režim:

- pacientka vstává každý den kolem 6:00
- poté provede ranní hygienu, nasnídá se, přibližně 20 min cvičí cviky, které dostala od fyzioterapeuta při únorových terapiích (aktivní cvičení LHK a LDK)
- dopoledne jde na procházku se psem (před CMP podnikala dlouhé procházky, od příhody se prochází a sedí pouze v parku přibližně hodinu, dlouho psa na vodítku neudrží, neboť v PHK má hůl a LHK, ve které vodítko drží, je oslabená a brzy se unaví)
- kolem 12:00 si sama uvaří oběd, případně si koupí hotové jídlo ve městě
- odpoledne jde opět na procházku se psem (minimálně 1 hod), obstará nákupy a ve dnech, kdy je na chatě, pracuje na zahradě
- večer TV, poslech audiokazet či četba

B) NEUROLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

Hlavové nervy: bez příznaků, n. VII – cení symetricky, vrásky symetrické

Zrak: brýle na korekci krátkozrakosti

Sluch: pacientka slyší dobře, tinnitus neguje

Čítí: vibrační a termické v pořádku, taktilní – udává pocity snížené citlivosti a brnění LHK, nejsilnější hypestezie a parestezie jsou v oblasti ramenního kloubu a dlaně

Pohybocit, polohocit: neporušen

Stereognozie: zachována (pacientka rozpozná předměty propisku, kladívko, klíč)

Taxe: (vyšetření ukazováček – nos a prostředníček – ušní boltec): zleva mírná hypermetrie

Zánikové jevy: Mingazzini na HKK a Hanzal pozitivní (pomalý pokles o cca 10^0), Dufour a Barré negativní

Iritační jevy: negativní (Hoffmanův, Juster)

Myotatické reflexy: bilaterálně hyporeflexie při všech vyvolávaných reflexech (tricipitální C7, bicipitální C5, radiopronační C6, flexorů prstů C8)

Spasticita (vyšetření dle modifikované Ashworthovy škály) x rigidita: spasticita stupeň 0 (žádný vzestup svalového tonu), rigidita – bez nálezu

Diadochokinéza: bilaterálně symetrická

Stewartova - Holmesova zkouška: negativní

Hautantovy tonické úchylky končetin: bez nálezu

C) FUNKČNÍ TESTY

Vyšetření hydraulickým dynamometrem: PHK 28 KJ, LHK 22 KJ

Fugl-Meyerův test: 96 bodů ze 126 možných (viz příloha č. 8)

Vyšetření úchopů: štipec, špetka, kulový úchop, háček, válcový úchop, stříška – všechny úchopy pacientka provede

Vyšetření jemné motoriky: malování geometrických vzorů (viz příloha č. 9)

7. ZÁVĚR VYŠETŘENÍ

Pacientka se cítí nejistá při chůzi, rychle se zadýchá a unaví. Je však plně soběstačná, na vyšetření přišla sama, sama plánuje docházet též na terapie. Celé její motorické tempo je zpomalené, psychicky mírně labilní. Nyní inklinuje spíše k negativnímu myšlení.

Hybnost a síla pravé strany těla odpovídá věku. Hybnost a citlivost levé strany těla je snižena vlivem CMP, kterou pacientka prodělala na konci prosince. Levá HK v oblasti ramenního kloubu je velmi oslabená a v loketním kloubu, předloktí, zápěstí a dlani je lehce oslabená. Pacientka si stěžuje na sníženou citlivost a brnění především

v místě ramenního kloubu a dlaně. Levá DK je též lehce paretická, vlivem toho je pacientka při chůzi bez opory nestabilní. S oporou o francouzskou hůl v pravé HK je pacientka schopna jistého stoje i chůze.

Pacientka má omezený rozsah pohybu v levém ramenním kloubu, kdy při aktivní flexi bez souhybu lopatky dosáhne 90° a při abdukci bez souhybu 80° . Při pohybech nad tyto stupně dochází k patologickým souhybům ramenního kloubu a trupu. Při pasivním pohybu je však možné dosáhnout v ramenním kloubu plných rozsahů. Bolest v ramenním kloubu, kterou pacientka udává, dle jejích slov není pro pohyb limitující. Vzhledem k výsledkům vyšetření svalové síly LHK je omezení aktivního rozsahu pohybu způsobeno svalovou slabostí.

Jako největší problémy udává pacientka nejistou a energeticky náročnou chůzi a oslabenou hybnost v rameni. Vzhledem k dominanci pravé HK nemá pacientka problémy se psaním ani jídlém. Při chůzi se však pravou HK opírá o hůl a tak potřebuje moci využít při činnostech ve stoji či chůzi síly levé HK. V tomto směru cítí omezení ze strany levé HK, jedná se především o oblíbené denní aktivity (práce na zahradě a venčení psa). Kvůli nemožnosti pohybu LHK nad horizontálu má pacientka též velké potíže s oblékáním.

Neurologické vyšetření vyšlo téměř bez příznaků. Odchytky od normálního stavu jsou zde pouze celková hyporeflexie, mírně pozitivní zánikové jevy Mingazzini a Hanzal, nepřesná taxe zleva a porušené taktilní čítí.

Pomocí vyšetření dynamometrem byla potvrzena asymetrie v síle levé HK vůči pravé HK. Síla stisku pravé HK je 28 kN a levé HK 22 kN. Ve Fugl-Meyerově funkčním testu vyšla hodnota 96 bodů ze 126 možných, což podle měřítek daných tímto testem spadá přesně do rozhraní bodů pacientů po CMP.

8. CÍL FYZIOTERAPIE

- zlepšení hrubé i jemné motoriky LHK
- posílení svalů především v oblasti ramenního kloubu LHK
- zlepšení povrchového čítí LHK
- redukce parestezií v oblasti celé LHK
- posílení svalů na celé LDK
- protažení flexorů levého kyčelního kloubu
- správný stereotyp chůze

- stabilita ve stoji bez KP
- stabilita při chůzi s KP (1 francouzská hůl)

9. REHABILITAČNÍ PLÁN

Krátkodobý:

- trénink hrubé motoriky LHK
- stimulace povrchového cití
- snížení parestezie v LHK
- protažení flexorů kyčelního kloubu LDK
- trénink hrubé motoriky DKK

Dlouhodobý:

- zlepšení hrubé motoriky LHK
- redukce parestezie
- plné navrácení citlivosti LHK
- posílení LHK
- zlepšení hrubé motoriky LDK
- posílení LDK
- zvýšení stability ve stoji i při chůzi
- nácvik správného stereotypu chůze (vpřímené držení těla, centrace kloubů LDK)

10. TERAPIE

- od 10. 3. 2014 (vstupní vyšetření + 1. terapie) do 11. 4. 2014 (10. terapie + kontrolní vyšetření)
- cyklus se skládal z 10-ti terapií, přičemž každá terapie trvala 50 – 60 minut
- 2 týdny pacientka docházela dle stanoveného plánu (3x týdně), v třetím a čtvrtém týdnu z důvodů vyšetření nově indikovaných praktickým lékařem docházela pouze 1x týdně, 2 terapie byly nahrazeny v pátém týdnu

Průběh terapie:

- uvolnění LHK – měkké techniky (míčkování, uvolnění fascií), mobilizace kloubů (IP a MP klouby, MC kosti, zápěstí, loketní a ramenní kloub), pasivní

- protažení (do všech směrů v zápěstí, loketním i ramenním kloubu)
- korekce sedu – vzpřímené držení trupu
 - úprava robotického systému na míry pacientky (dle uložených hodnot v počítači z první terapie)
 - 3 hodnotící cvičení na robotickém systému (beruška, kulečnick, moucha)
 - cvičení zaměřená na abdukci a flexi v ramenním kloubu
 - cvičení zaměřená na palmární a dorsální flexi v zápěstí

Využitá cvičení na robotickém systému:

HODNOTÍCÍ CVIČENÍ

- **vertikální chytání (2D):**
 - chytání berušek, které se po jedné objevují na monitoru na různých místech
 - hodnotí rozsah pohybu ve frontální rovině v závislosti na čase
- **horizontální chytání (3D):**
 - kulečnickové koule se objevují v různé vzdálenosti a místě na kulečnickovém stole (horizontální i frontální rovina), po deseti sekundách, kdy pacient na dané místo nedosáhne, koule zmizí a objeví se na jiném místě
 - zkouší rozsah pohybu ve vertikální rovině
 - vertikální + horizontální chytání hodnotí parametr HAND PATH RATIO – rozsah, ve kterém se uživatel odchyluje od ideálně rovné čáry (d/l)
- **čas reakce (2D):**
 - hodnotí rychlost reakce
 - pacient čeká uprostřed obrazovky (na lavičce) a ve chvíli, kdy se objeví moucha různě umístěná ve frontální rovině, snaží se ji co nejrychleji odehnat
 - hodnotí parametr ČAS REAKCE – mezi momentem objevení mouchy a opuštěním lavice (základny) a naopak

CVIČENÍ ZAMĚŘENÁ NA KONKRÉTNÍ POHYBY V DANÝCH KLOUBECH

- **chytání kapek do hrníčku (2D):** horizontální abdukce / addukce a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu
- **ukládání jablek do košíku (2D):** horizontální a vertikální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze

v loketním kloubu, úchop

- **přenášení vajec na pánev (2D)**: horizontální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, úchop
- **mytí okna (2D)**: horizontální i vertikální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, úchop
- **utírání sporáku (3D)**: horizontální abdukce / addukce a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, úchop
- **odkrývání obrazu / panoramatu (3D)**: horizontální i vertikální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, supinace / pronace předloktí, flexe / extenze zápěstí, úchop
- **praskání bublin (2D)**: horizontální i vertikální abdukce / addukce a flexe / extenze v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, flexe / extenze v zápěstí, úchop
- **chytání sněhových vloček (2D)**: horizontální abukce / adukce a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu
- **výskoky běžícího psa (2D)**: úchop
- **zalévání kyttek (2D)**: horizontální i vertikální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, supinace / pronace předloktí, flexe / extenze zápěstí, úchop
- **sbírání balónů do uzavřeného prostoru (3D)**: horizontální i vertikální abdukce / addukce, flexe / extenze a zevní / vnitřní rotace v ramenním kloubu, flexe / extenze v loketním kloubu, pronace / supinace předloktí, flexe / extenze v zápěstí

11. KONTROLNÍ VYŠETŘENÍ FYZIOTERAPEUTEM (11. 4. 2014)

A) KINEZIOLOGICKÝ ROZBOR

- **aspekce**: zmenšení otoku LHK v oblasti ramene, paže i předloktí v porovnání s velikostí otoku při vstupním vyšetření
- **palpace**: tonus LHK vyšší než PHK
- **antropometrie**: obvod levé relaxované paže snížen na 35 cm, obvod levé

kontrahované paže na 36 cm a obvod levého předloktí snížen na 26,5 cm

- **goniometrie:** (při aktivním pohybu)
 - ABD v levém ramenním kloubu bez fyziologického souhybu lopatky 90° , ABD s fyziologickým souhybem lopatky 110° ($110^\circ - 125^\circ$ s patologickými souhyby – elevace a protrakce ramenního kloubu, protrakce hlavy, mírná lateroflexe trupu doprava)
 - FX v levém ramenním kloubu s fyziologickým souhybem lopatky 120° (až 180° s patologickým souhybem – elevace ramene)
 - ZR v levém ramenním kloubu 70°
- **vyšetření svalové síly:** svalová síla v levém ramenním kloubu je v porovnání se silou v pravém ramenním kloubu mírně oslabena, pacientka je schopna ABD i FX do 90° proti mírnému odporu terapeuta
- **soběstačnost:** pacientce ustoupily problémy při venčení psa, při oblékání triček přes hlavu a při natahování ponožek, zapínání malých knoflíčků a zavazování tkaniček jí však stále činí problémy

B) NEUROLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

- **čítí:** citlivost na dotek celé LHK shodná s citlivostí PHK, parestezie v oblasti předloktí ustoupily, v oblasti ramenního kloubu se snížily, v oblasti dlaně zůstaly stejné jako při vstupním vyšetření
- **taxe:** bez hypermetrie
- **zánikové jevy:** Mingazzini i Hanzal na HKK negativní

C) FUNKČNÍ TESTY

- **vyšetření hydraulickým dynamometrem:** LHK 24 KJ
- **Fugl-Meyerův test:** 118 bodů ze 126 možných (viz příloha č.10)
- **Vyšetření jemné motoriky:** bez kvalitativních změn (viz příloha č.11)
- **výsledky hodnotících cvičení:** viz příloha č. 12

12. ZÁVĚR KONTROLNÍHO VYŠETŘENÍ

V průběhu terapie pacientka velmi dobře spolupracovala. Již po druhé terapii se dostavil znatelný úspěch, bolest v ramenním kloubu ustoupila, parestezie v oblasti předloktí a ramenního kloubu se zmírnily a při pohybu v ramenním kloubu pacientka

pociťovala větší volnost. Pacientka byla komunikativní, snaživá a spolehlivá. Plynulost terapie bohužel narušila nutnost dvou kardiologických vyšetření indikovaných praktickým lékařem. Přesto se podařilo dosáhnout významného efektu terapie.

Při kontrolním vyšetření byl průkazný pozitivní vliv terapie na otok LHK, který dle naměřených hodnot zcela ustoupil. Ač se zvýšil svalový tonus i svalová síla LHK, obvod levé kontrahované paže byl menší než při vstupním vyšetření. Toto zmenšení přisuzují právě redukci otoku. Rozsahy v ramenním kloubu do abdukce i flexe byly podstatně zvětšeny.

Citlivost LHK byla obnovena zřejmě i vlivem snížení parestezií v oblasti ramene a paže a redukcí brnění v předloktí.

Ve Fugl-Meyerově funkčním testu došlo k navýšení počtu bodů z 96 na 118. Tento vzestup způsobilo především zlepšení hybnosti v oblasti ramene. Síla stisku LHK mírně stoupla, jemná motorika však nebyla významně ovlivněna.

Pacientka svůj stav hodnotí kladněji než před zahájením léčby. Pociťuje menší omezení ve volnočasových aktivitách (venčení psa, zahrádkaření) a při oblékání. Celkově cítí větší volnost při pohybu v levém ramenním kloubu a velice pozitivně hodnotí zmírnění parestezií. Udává pocit, že levá HK je nyní pohyblivější než pravá HK. Nadále však cítí omezení spojená se zhoršenou jemnou motorikou ruky a obtěžují ji problémy při chůzi.

V průběhu léčby pacientka nedocházela na jinou terapii. Doporučovala bych nyní fyzioterapii zaměřenou na hybnost levé DK a nácvik správného stereotypu chůze.

3.2.2 Kazuistika pacientky M. T.

1. ANAMNÉZA

Pracoviště: KRL Albertov

Datum: 7.3.2014

Vyšetřovaná osoba: M.T., žena, ročník narození 1952

Hlavní diagnóza: st. p. iCMP v povodí a. meningeae media (3. 7. 2013)

RA: otec †72 na AIM, matka se léčí s anginou pectoris (4x bypass), 2 dcery zdravé

OA:

- běžné dětské nemoci
- DM I. typu (farmakoterapie)
- **úrazy:** 3x zlomenina levého hlezenního kloubu (70. léta)
- **operace:** operace 3. zlomeniny levého hlezenního kloubu

GA:

- menopauza v 55 letech
- 2 porody bez komplikací

Abusus: alkohol příležitostně, exkuřačka (od 18. roku do CMP 3. 7. 2013, 10 – 20 cigaret denně)

FA: Siofor, Pressid

AA: neguje

SPA:

- bydlí sama, v bytě ve 4. patře s výtahem
- v mládí pracovala jako úřednice, před CMP učila soukromě francouzský jazyk

(cestovala za studenty) a živila se jako překladatelka, po CMP dochází několik studentů k pacientce domů

- od dětství dělala intenzivně gymnastiku a závodně plavala, od narození 1. dcery (1980) do CMP (3. 7. 2013) provozovala sporty pouze rekreačně (plavání, házená, jízda na koni)
- nyní nesportuje

NO:

- 3. 7. 2013 iCMP – paréza levé HK a DK (pacientka neudržela tašku v ruce, podlamovalo se jí koleno)
- hospitalizace na neurologickém oddělení v Nemocnici na Bulovce
- 10. 7. 2013 převoz na RK Malvazinky (zde 3. měsíce rehabilitace)
- od října do prosince docházela do denního stacionáře společnosti ErgoAktiv
- od ledna do února docházela do denního stacionáře KRL Albertov (6. týdnů)
- u pacientky přetrvává paréza levé HK i DK
- hypestezie či parestezie neguje

2. PŘEDCHOZÍ FYZIOTERAPIE

Pacientka byla po příhodě hospitalizována na neurologickém oddělení v Nemocnici na Bulovce. Do nemocnice i přes slabost levé poloviny těla došla sama. V průběhu prvních dvou dnů hospitalizace se její stav rapidně zhoršil (značné omezení hybnosti) a pacientce byl indikován klid na lůžku. Po týdnu byla pacientka převezena na Rehabilitační kliniku Malvazinky, kde byla ihned vertikalizována s pomocí fyzioterapeuta a bylo zahájeno aktivní cvičení paretické HK a DK. V průběhu pobytu na RK Malvazinky pacientka trénovala levou HK a DK prostřednictvím široké škály posilovacích a kondičních cvičení, a její terapie byla dále zaměřena na zvýšení stability ve stoji i chůzi a cílem byl nácvik stabilní chůze s oporou o vycházkovou hůl.

Po propuštění z RK Malvazinky docházela pacientka denně na terapie do denního stacionáře rehabilitačního centra ErgoAktiv. Toto centrum je zaměřeno na terapii stability, pacientka docházela na terapie po celé 3 měsíce. V lednu roku 2014 nastoupila pacientka na léčbu na KRL. Zde podstoupila 6 týdnů fyzioterapie zaměřené na zvyšování rozsahu pohybu v kloubech levé HK i DK, a posilování těchto paretických končetin.

3. INDIKACE K FYZIOTERAPII

St. p. iCMP, jehož následkem u pacientky došlo k paréze levé HK a DK, otoku levé HK a DK vznikajícího v závislosti na gravitaci a únavě svalů (při dlouhém visu HK směrem dolů či při dlouhém stoji na DK, především večer)

4. STATUS PRAESENS

Pacientka je plně při vědomí, orientována časem, místem i osobou, komunikuje, bez fatické či kognitivní poruchy, spolupracuje. Dominantní HK pacientky je pravá HK.

5. SUBJEKTIVNÍ PROBLÉM PACIENTA

Pacientku omezuje snížená hybnost levé horní a dolní končetiny vlivem parézy po iCMP. Parézu končetin levé poloviny těla doprovází otok (především v oblasti dlaně a nohy), který se vyskytuje nejvíce na levé DK při dlouhém stoji a na levé HK při visu směrem dolů v důsledku gravitace a na obou končetinách večer při únavě svalů.

Změnu citlivosti pacientka nepocítuje. Na bolest si nestěžuje v klidu ani při pohybu. Pacientka však udává pocit ztuhlosti paretické HK, který se zvyšuje s únavou HK.

Pacientka chodí sama s oporou o holi, kterou drží v pravé ruce. Je schopna chůze i bez hole, bez opory se však cítí nejistá a chůze je pomalejší. Pacientka je soběstačná, některé aktivity jí ale činí potíže. Z běžných denních činností má problémy především při vaření a oblékání. Dále si stěžuje, že se při náročnějších fyzických aktivitách rychleji unaví (chůze, aktivní cvičení).

6. VYŠETŘENÍ FYZIOTERAPEUTEM

A) KINEZIOLOGICKÝ ROZBOR

Aspekci:

- bez ikteru a cyanózy
- spontánní ventilace
- abdominální typ dýchání, dušnost nejuje
- jizva: v místě hlezenního kloubu (po operaci fraktury tibiofibulárního skloubení)
- jizva volně posunlivá
- hodnocení postavy:

ZEZADU – levá DK v semiflexi mírně nakročena dopředu, otok akra LDK, Achillovy šlachy asymetrické (levá šlacha je tenčí a kratší), LDK v mírné vnitřní rotaci, valgózní postavení kolenních kloubů, otok levé fossa poplitea, pánev sešikmená (levá kyčelní lopata výš) a mírně vybočená doprava, prominence mediálních okrajů levé i pravé lopatky, větší otok akra levé HK, mírný otok předloktí a paže levé HK, asymetrické taile (levé téměř neznatelné, LHK naléhá na trup po celé délce, pravé taile má protáhlý válovitý tvar), levá lopatka níž, levý ramenní kloub níž (přibližně 2 cm), hlava v mírném úklonu doleva

ZBOKU – levý kolenní kloub ve flekčním držení (cca 10°), anteverze pánve, vyhlazená kyfóza Th páteře, levý kolenní kloub ve flekčním držení (cca 10°), protrakce hlavy

ZEPŘEDU – výrazný otok akra a kolenního kloubu LDK, mírný otok celé LDK, levý ramenní kloub níž, hlava v mírném úklonu doleva

Palpací:

- žádné bolestivé nálezy na kůži
- afebrilní
- levostranné končetiny chladnější než pravostranné – především na akrech
- hypotonus svalů lopatky, paže i předloktí LHK

Auskultací:

- žádné pravidelné zvukové fenomény při pohybu
- občasné lupnutí v kloubu při pasivním pohybu do krajních poloh, není závislé na rychlosti pohybu

Antropometrie:

- váha: 58 kg
- výška: 164 cm
- BMI: 145/90
- délka celé HK pravá / levá: 71 / 71 cm
- délka celé paže pravá / levá: 29 / 29 cm

- délka předloktí pravé / levé: 23 / 23 cm
- délka ruky pravá / levá: 18, 5 / 18, 5 cm
- obvod relaxované paže pravá / levá: 26 / 25, 5 cm
- obvod kontrahované paže pravá / levá: 28 / 27, 5 cm
- obvod loketního kloubu prvý / levý: 25 / 25 cm
- obvod předloktí pravé / levé: 25, 2 / 24, 7 cm
- obvod zápěstím pravé / levé: 15, 5 / 15, 5 cm
- obvod hlaviček MP kloubů pravé / levé: 17 / 17, 5 cm
- obvod prstů pravé / levé: 7 / 7, 2 cm (měřen 3. prst)

Goniometrie (vyšetření ROM):

AKTIVNÍ:

Ramenní kloub	FX	EXT	ABD	ADD	Hor. ABD	Hor. ADD	ZR	VR
- pravý	180°	40°	160°	0°	45°	120°	70°	90°
- levý	10°	30°	30°	0°	nelze	nelze	20°	30°

Loketní kloub	FX	EXT	Předloktí	PRO	SUP
- pravý	130°	0°	- pravé	80°	90°
- levý	105°	10°	- levé	70°	70°

Zápěstí	PFX	DFX	RD	UD
- pravé	50°	55°	10°	35°
- levé	50°	30°	10°	10°

Metacarpophalangeální klouby	FX	EXT	Interphalangeální klouby	FX	EXT
- pravé	90°	10°	- pravé	20°	0°
- levé	90°	0°	- levé	10°	0°

PASIVNÍ:

- pasivně lze v levém ramenním kloubu FX 160°, EXT 40°, ABD 100°, hor. ABD 40°, hor. ADD 120°, ZR 70°, VR 90°
- v levém loketním kloubu FX 105° a EXT +5°, v předloktí PRO 80°, SUP 85° v zápěstí DFX 60°, UD 30°
- v interphalangeálních kloubech levé HK nelze pasivně plný rozsah flexe vlivem otoku akra levé HK

Vyšetření svalové síly:

- pohyby PHK je pacientka schopna vykonat v plném rozsahu proti velkému odporu kladenému fyzioterapeutem
- v levém ramenním kloubu vykoná aktivní pohyb v plném rozsahu při vyloučení gravitace (testováno s rukou položenou na lehátku), proti gravitaci vykoná pohyb pouze 10° do flexe a 30° do abdukce
- v levém loketním kloubu, předloktí a zápěstí pacientka vykoná aktivní pohyb téměř do plného rozsahu (při flexi, extenzi, supinaci a pronaci)
- síla stisku v levé HK je velmi malá

Mobilita:

VLEŽE:

- otáčení na bok a na břicho zvládá ve velmi pomalém tempu

VSEDĚ:

- posadí se sama (s využitím opory o pravou HK)

VE STOJE:

- postaví se sama (s oporou o pravou HK nebo hůl)
- ve stoji o široké bázi poměrně stabilní, Romberg I. negativní, Romberg II., III. pozitivní (titubace až pohyb do pádu na levou stranu)
- stoj na 1DK – při stoji na PDK po chvíli přepadává na paretickou stranu, stoje na LDK není schopna ani s oporou
- tandemový stoj – výrazné titubace

PŘI CHŮZI:

- pacientka chodí o nízké holi, kterou drží v PHK

Vyšetření chůze:

- po rovině vpřed bez hole – velmi nestabilní a pomalá kolébavá chůze (cirkumdukce LDK)
- vpřed s holí – pomalá, kolébavá, LDK ve flekčním držení (cca 10°)
- vzad – s holí zvládne, bez hole velmi nestabilní
- se zavřenýma očima – s holí zvládne dobře, bez hole velmi pomalu
- po špičkách x po patách – LDK není schopna chůze v dorzální ani plantární flexi
- do schodů x ze schodů – s oporou o pevné zábradlí na pravé straně poměrně stabilní, s oporou pouze o hůl velmi nejistá chůze
- v terénu – s holí zvládá i horší terén, na mokřem povrchu se cítí velmi nejistá

Soběstačnost:

- soběstačná
- personální ADL: sebesycení, osobní hygienu, koupání a použití WC provede sama bez potíží, přesuny zvládá při dobrém počasí sama (za deště či sněhu využívá taxi služeb), obleče se sama v pomalém tempu (vše včetně zapínání knoflíků a oblékání ponožek zvládá pravou HK a levou HK se snaží zapojovat, není však schopna zavázat si tkaničky – nosí boty nazouvací či zapínací na zip, bez tkaniček)
- instrumentální ADL: domácí práce vykonává sama, uvaří jednoduchá jídla (teplé obědy si pro pestrost stravy nechává dovážet), nákupy si obstará sama (nákup nosí v batohu na zádech; tašku by v levé ruce neudržela), k transportu z bytu do nemocnice využívá výtah a MHD (případně za špatného počasí či velké únavy si objedná taxi službu), pěší trasy volí co nejkratší, léky bere sama, komunikuje přes mobilní telefon pomocí SMS i hovorů (využívá pouze pravé HK)
- jemná motorika na PHK je v pořádku, na LHK je téměř nulová, pohyb vycházel z proximálních kloubů LHK (viz příloha č. - kreslení geometrických tvarů)

Denní režim:

- pacientka vstává každý den kolem 8:00
- dopoledne tráví doma či dochází na terapii a k lékaři

- oběd pacientce vozí firma zajišťující péči o lidi se zdravotním omezením za poplatek
- odpoledne jde na návštěvu k dceři či za přáteli
- večer tráví u TV nebo čtením

B) NEUROLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

Hlavové nervy: bez příznaků, n. VII – vrásky na čele při zvedání obočí symetrické, oční víčka svírá symetricky, cení symetricky, nafoukne obě tváře stejně, vrásky a nasolabiální rýhy symetrické, při úsměvu níž levý ústní koutek (tuto asymetrii má již od mládí)

Zrak: brýle na korekci krátkozrakosti i dalekozrakosti, perimetr v normě

Sluch: pacientka slyší velmi dobře, tinnitus či bolest ucha neguje

Čítí: vibrační, termické, taktilní i algické neporušeno

Pohybocit, polohocit: pohybocit neporušen, v polohocitu mírné odchylky (ve všech kloubech s nejvýraznější poruchou na akru)

Stereognozie: zachována (pacientka rozpozná testované předměty propisku, klíč, náušnici)

Taxe: (vyšetření ukazováček – nos a prostředníček – ušní boltec): zprava bez příznaků, zleva pro parézu HK není možné vyšetřit

Zánikové jevy: Mingazzini, Hanzal, Dufour a Ruseckého pozitivní (končetinu ve vyšetřované pozici neudrží)

Iritační jevy: negativní (Hoffmanův, Juster)

Myotatické reflexy: na LHK hypereflexie při všech vyvolávaných reflexech (tricipitální C7, bicicipitální C5, radiopronační C6, flexorů prstů C8)

Spasticita (vyšetření dle modifikované Ashworthovy škály) x rigidita: rigidita bez nálezu, spasticita na LHK (flexory ramene, flexory a extenzory lokte a extenzory zápěstí) stupeň 1. (při rychlém pohybu HK v určitém místě zadržnutí a uvolnění, minimální odpor ke konci pohybu)

Diadochokinéza: nelze provést pro parézu LHK

Stewartova - Holmesova zkouška: na PHK negativní, na LHK nelze provést pro parézu LHK

Hautantovy tonické úchylky končetin: na PHK bez nálezu, na LHK nelze provést pro parézu LHK

C) FUNKČNÍ TESTY

Vyšetření hydraulickým dynamometrem: PHK 25 KJ, LHK 1 KJ

Fugl-Meyerův test: 82 bodů ze 126 možných (viz příloha č. ...)

Vyšetření úchopů: špetku (všemi prsty i jednotlivými prsty s palcem), opozici, válcový a kulový úchop pacientka provede poměrně bez obtíží, háček provede ve velkých úhlech, stříšku udělá nad 110°)

Vyšetření jemné motoriky: kreslení geometrických vzorů (viz příloha č...)

7. ZÁVĚR VYŠETŘENÍ

Pacientka má problémy při chůzi i při pohybu levou HK pro parézu levé HK a DK vlivem CMP v červenci 2013.

Při chůzi využívá opory o nízkou hůl, i tak je chůze pomalá a kolébavá. Hůl využívá též pro jistotu stability při chůzi. Ve stoji je poměrně stabilní i bez opory o hůl.

Paréza levé HK je podle výsledků vyšetření aktivního rozsahu pohybu i vyšetření svalové síly silně vyjádřena především v oblasti ramenního kloubu, ve kterém je pacientka schopna sama dosáhnout pouze 10° flexe a 30° abdukce při pohybu proti gravitaci. Při pasivním pohybu lze dosáhnout plných rozsahů pohybu ve všech kloubech

levé HK. Na LHK jsou patrné příznaky spasticity (I. stupeň) a hyperreflexie. Díky dominanci pravé HK je pacientka soběstačná.

Oproti stavu před CMP pacientka udává zvýšenou únavnost. Bolest neguje.

V neurologickém vyšetření byla vedle pozitivního vyšetření spasticity a reflexů odhalena porucha polohocitu. Pacientka měla problémy nastavit PHK dle vzoru LHK do správných rozsahů.

Při vyšetření dynamometrem byla prokázána výrazná paréza levé HK i v oblasti dlaně, síla stisku na levé HK byla 1 kJ zatímco na pravé HK 25 kJ. Ve Fugl-Meyerově testu vyšla hodnota 82 ze 126 možných, což je poměr, který odpovídá těžšímu stupni poškození motorických i funkčních pohybů po CMP.

8. CÍL FYZIOTERAPIE

- zlepšení hrubé i jemné motoriky LHK
- redukce spasticity LHK
- posílení svalů především v oblasti ramenního kloubu a dlaně LHK
- navýšení síly stisku LHK
- posílení svalů na celé LDK
- protažení flexorů levého kolenního kloubu
- správný stereotyp chůze
- stabilita ve stoji bez KP
- stabilita při chůzi s KP (1 nízká hůl)

9. REHABILITAČNÍ PLÁN

Krátkodobý:

- trénink hrubé motoriky LHK
- zvýšení aktivního rozsahu pohybu LHK
- protažení flexorů kolenního kloubu LDK
- trénink hrubé motoriky DKK

Dlouhodobý:

- zlepšení hrubé motoriky LHK
- posílení LHK

- zlepšení hrubé motoriky LDK
- posílení LDK
- zvýšení stability ve stoji i při chůzi
- nácvik správného stereotypu chůze (vpřímené držení těla, centrace kloubů LDK)

10. TERAPIE

- 1. terapie + vstupní vyšetření proběhla 25. 3. 2014, poslední 10. terapie + kontrolní vyšetření 17. 4. 2014
- cyklus se skládal z 10-ti terapií, každá terapie trvala 50 – 60 minut
- pacientka docházela 2 – 3x týdně dle jejích časových možností a aktuálního zdravotního stavu

Průběh terapie:

- uvolnění LHK – měkké techniky (míčkování, uvolnění fascií), mobilizace kloubů (IP a MP klouby, MC kosti, zápěstí, loketní a ramenní kloub), pasivní protažení (do všech směrů v zápěstí, loketním i ramenním kloubu) – výdrž cca 1 min v protažení spastických svalů (flexory ramene a lokte, exenzory lokte a zápěstí)
- korekce sedu – vzpřímené držení trupu, symetrické postavení DKK
- úprava robotického systému na míry pacientky (dle uložených hodnot v počítači z první terapie)
- 3 hodnotící cvičení na robotickém systému (beruška, kulečník, moucha)
- cvičení zaměřená na abdukci, flexi, zevní a vnitřní rotaci v ramenním kloubu
- cvičení zaměřená na flexi a extenzi v loketním kloubu
- cvičení zaměřená na úchop ruky

Využitá cvičení na robotickém systému:

- viz „Využitá cvičení na robotickém systému“ v kazuistice pacientky Z. N.
- hodnotící cvičení: vertikální chytání, horizontální chytání, čas reakce
- cvičení zaměřená na konkrétní pohyby v daných kloubech: ukládání jablek do košíku, přenášení vajec na pánev, mytí okna, utírání sporáku, chytání sněhových vloček, sbírání balónů do uzavřeného prostoru

- cvičení formou hry: Morhoon (střílení slepic létajících ve vzduchu, 2D, pohyby ve frontální rovině všemi směry + úchop)

11. KONTROLNÍ VYŠETŘENÍ FYZIOTERAPEUTEM (17. 4. 2014)

A) KINEZIOLOGICKÝ ROZBOR

- **aspekce:** zmenšení otoku LHK v oblasti akra a redukce otoku LHK v oblasti předloktí a paže v porovnání s velikostí otoku při vstupním vyšetření
- **palpace:** nižší hypotonus svalů paže a předloktí LHK
- **antropometrie:** obvod levé relaxované paže snížen na 25 cm, obvod levé kontrahované paže na 27 cm, obvod levého předloktí klesl na 24,5 cm, obvod hlaviček levých MP kloubů na 17 cm a obvod levého 3. prstu byl snížen na 7 cm
- **goniometrie:** (při aktivním pohybu)
 - v levém ramenním kloubu FX 15°, EXT 35°, ABD 40°, ZR 30°, VR 40°
 - v levém loketním kloubu FX 120°, EXT 5°
 - v levém předloktí SUP 75°
 - v levém zápěstí DFX 35°
 - v levých interphalangeálních kloubech FX 20°
 - pasivně lze v levém ramenním kloubu FX 170°, ABD 160°
- **vyšetření svalové síly:** v levém ramenním kloubu je pacientka schopna FX 15° a ABD 40° proti síle gravitace, v levém loketním kloubu pacientka dosáhne plného rozsahu flexe a téměř plného rozsahu extenze při pohybu proti gravitaci a částečných rozsahů flexe a extenze při pohybu proti mírnému odporu terapeuta
- **soběstačnost:** pacientka si levou HK zapne zip na bundě až k hrudníku a nově si levou HK otevře plastovou láhev na pití

B) NEUROLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

- **polohocit:** zlepšení ve vnímání proximálních částí LHK

C) FUNKČNÍ TESTY

- **vyšetření hydraulickým dynamometrem:** LHK 1, 5 KJ
- **Fugl-Meyerův test:** 98 bodů ze 126 možných (viz příloha č.13)
- **Vyšetření jemné motoriky:** bez kvalitativních změn (viz příloha č.14)

- **výsledky hodnotících cvičení:** viz příloha č. 15

12. ZÁVĚR KONTROLNÍHO VYŠETŘENÍ

Pacientka v průběhu terapie spolupracovala, byla komunikativní a snaživá. Průběh terapie byl většinou ovlivňován aktuálním zdravotním stavem pacientky a mírou svalové či psychické únavy. Některé terapie musely být pro zhoršený zdravotní stav pacientky přeloženy. Ke konci terapie pacientka sama konstatovala zlepšení hybnosti v ramenním a loketním kloubu, jež se projevilo i v provádění běžných denních aktivit (otevření láhve, oblékání).

Při kontrolním vyšetření aspektů i následným měřením obvodů HKK bylo prokázáno zmírnění otoku akra LHK a odstranění otoku LHK v oblasti paže a předloktí. Při palpaci svalového tonu bylo hmatné mírné zvýšení tonu LHK oproti palpaci při vstupním vyšetření. Rozsahy v kloubech levé HK byly zvětšeny, především v oblasti ramenního kloubu při flexi, abdukci a rotacích, v oblasti loketního kloubu při flexi a extenzi a v zápěstí při dorzální flexi. Ke zvětšení těchto rozsahů došlo vlivem navýšení svalové síly LHK. Zvýšení rozsahů pasivních pohybů do flexe a abdukce bylo způsobeno redukcí bolesti v ramenním kloubu v krajních polohách. K redukci bolesti došlo díky zvýšené hybnosti v ramenním kloubu.

Fugl-Meyerův test ukázal zlepšení o 16 bodů (z 82 na 96 bodů ze 126 možných). Lepší výsledky testu způsobilo zlepšení hybnosti v ramenním, loketním i zápěstním kloubu. Síla stisku mírně stoupla. Výsledky hodnotících cvičení přímo ze softwaru robotického systému Armeo@Spring ukazují zlepšení ve všech třech cvičení.

Pacientka hodnotí proběhlou terapii robotickým systémem jednoznačně pozitivně. V průběhu terapie měla výhrady ke grafice a neatraktivitě některých cvičení, ve výsledku však terapii označila jako motivující, relativně zábavnou a z jejího subjektivního hlediska účinnou.

Pacientku bych dále doporučila na fyzioterapii LHK se zaměřením na zvyšování rozsahů aktivních pohybů v ramenním kloubu a zápěstí a na nácvik jemné motoriky. Dále fyzioterapii LDK pro snížení otoku LDK a nácvik správného stereotypu chůze. Pacientka bude od 23. 4. 2014 absolvovat 3 týdny intenzivní rehabilitace v Jánských lázních.

4 DISKUSE

Cévní mozková příhoda patří ve vyspělých zemích mezi jedno z nejčastějších onemocnění. Pro svou vysokou úmrtnost a míru zdravotních následků u přeživších je považována za velmi závažné onemocnění. Proto je v dnešní době věnována pozornost především prevenci této nemoci, která má za cíl snížit incidenci CMP, a její léčbě, která se skládá z farmakoterapie a časné rehabilitace, případně též operačního zákroku. Osvědčené terapeutické postupy jsou zdokonalovány, nové jsou vyvíjeny a další jsou hledány. Důraz je kladen na účinnost postupů se současnou snahou šetřit zdravotnický rozpočet.

S cílem redukce následků CMP byly do neurorehabilitace zapojeny robotické systémy. Cílem zavedení těchto systémů bylo ulehčit terapeutovi od fyzické zátěže, ušetřit mu čas a poskytnout pacientovi minimálně stejně tak účinnou rehabilitaci, jako od dobře zaškoleného terapeuta. O účinnosti těchto systémů bylo a stále je vytvářeno mnoho studií, vznikají různě strukturované přehledy dostupných robotických systémů a články diskutující jejich klady a zápory. V průběhu let se ve studiích pokročilo od otázky, zda jsou robotické systémy účinné, k dotazu, zda jsou účinnější než konvenční přístup. Tato práce je zaměřena na robotické systémy pro léčbu horní končetiny, jejíž hybnost byla narušena vlivem CMP. Všechny studie, s nimiž jsem pracovala, účinnost těchto systémů potvrzují. Jednalo se o studie tvořené na konkrétní robotický systém, o různé kvantitativní i kvalitativní výzkumy. Jejich efekt byl zkoušen na pacientech v akutní i chronické fázi CMP, byla využita široká škála testů pro vyšetření pacientů a při hodnocení výsledků byla zohledňována různorodá kritéria. Všechny studie zmíněné v této práci se shodly na závěru, že: „robotické systémy v neurorehabilitaci HK u pacientů po CMP jsou účinné.“

S tímto výrokem se shoduje i výsledek praktické části v této bakalářské práci. Mnou vedené terapie dvou pacientek, jež se skládaly z 10 sezení na robotickém zařízení Armeo@Spring (50-60 minut/2-3x týdně), se setkaly s úspěchem podobně jako terapie v dostupných studiích. Pacientka Z. N. s lehkou parézou LHK nebyla při vstupním vyšetření schopna pohybů v levém ramenním kloubu nad horizontálu a pohyby do 90° byly možné pouze proti gravitační síle. Při kontrolním vyšetření po ukončení celého cyklu terapií přesáhl aktivní pohyb v ramenním kloubu 90° do hodnot FX 120° a ABD 110°, přičemž do 90° byla pacientka schopna LHK zvednout i proti mírnému odporu terapeuta. Fugl-Meyerův test prováděný při vstupním a kontrolním vyšetření

prokázal zlepšení navýšením bodů z 96 na 118. Velmi přínosné byly i vedlejší efekty terapie – snížení otoku celé LHK a zmírnění parestezií v oblasti předloktí a ramenního kloubu. Paréza LHK u pacientky M. T. byla při vstupním vyšetření zhodnocena jako těžká pro velmi omezený pohyb v ramenním kloubu (FX 10°, ABD 30°, ZR 20° a VR 30°) a v loketním kloubu (FX 105°, EXT 10°). Navíc síla stisku byla při vyšetření dynamometrem velmi nízká (1 kJ). Po ukončení léčby robotickým systémem Arneo se zvětšil rozsah jak v rameni tak v lokti (ve všech směrech o 5 – 10°), výsledky Fugl-Meyerova testu stouply z 82 na 96 bodů a síla stisku lehce stoupla na 1,5 kJ.

Vzhledem k tomu, že pacientky v průběhu terapie neabsolvovaly jinou fyzioterapii zaměřenou na HK, zlepšení hybnosti mohu, jak se domnívám, přisoudit právě a jedině robotické terapii. Pacientka Z. N. byla 3 měsíce po příhodě, tudíž by se dalo jisté zlepšení přisoudit i spontánní úpravě. Pacientka však potvrdila, že od rozvoje CMP do zahájení naší terapie se hybnost ani citlivost LHK téměř neměnila. Pacientka M. T. prodělala CMP v červenci (3. 7. 2013), a i po mnoha rehabilitačních zásadách, jež jí hybnost vždy malým dílem zlepšily, označila tuto terapii ze svého pohledu za neúčinnější.

Využití robotických systémů v neurorehabilitaci jednoznačně stoupá. Ze světa o tom svědčí především zvyšující se počet studií, o stoupající oblibě robotické terapie, v ČR o tom vypovídá rozšiřující se nabídka robotických systémů na pracovištích rozmístěných po celé republice. Jak již bylo řečeno, na účinnosti robotických systémů se shodly nejrůznější studie z mnoha zemí světa. Nabízí se otázka, na které části HK působí nejvíce a které pohyby naopak zanedbává. Masiearo (2007) v závěru své práce upozornil, že po terapii robotickým systémem NeReRobot, jenž využil pro svůj výzkum, došlo ke značnému zlepšení, leč toto zlepšení proběhlo především v oblasti ramene a lokte. Zápěstí a prsty zůstaly téměř beze změn. Rozdíl ve vlivu robotické terapie na proximální a distální části HK byl pozorován i v jiných studiích (Kwakkel, Kollen, Krebs, 2008; Kahn, 2006). Ve všech případech se jednalo o převažující terapeutický účinek v oblasti ramenního a loketního kloubu. Změny na akru HK byly většinou minimální. S touto skutečností opět souhlasí i má praktická zkušenost. Obě pacientky (Z. N., M. T.) dosáhly zlepšení především v proximálních částech paretické HK. Jemnou motoriku terapie významně neovlivnila, a v úchopu došlo pouze k nepatrnému navýšení síly stisku.

Mnoho novějších studií se zabývalo srovnáváním robotické terapie s terapií konvenční. Autoři se zajímali, zda a v kterých konkrétních případech je využití

robotické terapie výhodnější v porovnání s konvenčními metodami. Z nejnovějšího srovnání Klamroth-Margansky (2014) vzešel závěr, že robotické systémy jsou účinné, ale jejich vyšší efektivita oproti konvenční terapii nebyla prokázána. Masiearo (2007) uznal, že jeho robotický systém NeReRobot v léčbě akutní fáze CMP vykazuje jisté výhody (intenzita repetitivních pohybů, šetření sil fyzioterapeuta), ale jednalo se především o přínos terapeutovi, nikoliv pacientovi. Zato Lum (2002) ve svém výzkumu prokázal, že roboticky-asistovaná terapie u pacientů po CMP způsobila větší zlepšení v klinických i biomechanických testech, a to byly oba druhy terapií dávkovány ve stejném poměru. Lo (2010) se zaměřil na porovnání dlouhotrvajícího efektu robotické a konvenční terapie a dle jeho výsledků vyšla robotická terapie opět jako výhodnější. Vyšší účinnost robotických systémů nebyla přímo potvrzena, vždy se však daly najít výhody, jež ve srovnání s konvenční terapií poskytovaly. Je však samozřejmé, že při opačných snahách, tedy při tendenci vyzdvihnout konvenční terapii, by se našly klady svědčící více pro běžný terapeutický přístup. Ve většině studií je zmíněno jako optimální řešení kombinace robotické terapie s konvenční. A k tomuto závěru bych se přiklonila při srovnávání robotické terapie s konvenční i já.

Účinnost robotické terapie byla potvrzena. Jaké výhody jí byly přisouzeny? Jako nezpochybnitelná výhoda bývá vždy zdůrazněna intenzita terapie. Robotický systém je možné nastavit v různých rychlostech a rozsazích pohybu, přičemž robot je schopen poskytnout intenzivní rychlé repetitivní pohyby, jichž fyzioterapeut není schopen, a k tomu slibuje vytrvalost v tempu i míře po libovolně dlouhou dobu. Další výhodou je právě ona možnost objektivního nastavení obtížnosti a intenzity tréninku. S tím je vyzdvihována i možnost objektivního hodnocení (robotický systém měří výsledky v průběhu celého cvičení a data ukládá do softwaru zařízení). Tak má pacient přístup k nezpochybnitelné zpětné vazbě. Jako výhoda je uváděna i možnost cvičení bez dohledu terapeuta, s tím související nezávislost pacienta na časových možnostech terapeuta, a tak navýšení intenzity léčby. Na základě své praktické zkušenosti si troufám s tímto názorem nesouhlasit. Obě pacientky si cenily korekce vzpřímeného držení těla a patologických souhybů (především časté elevace ramene a lateroflexe trupu) a rad, do jakého směru HK posunout, jež jsem jim v průběhu terapie poskytovala. Jsem toho názoru, že nebyla-li by jim tato slovní navigace poskytnuta, docházelo by často ke cvičení s patologickým držením těla a ke ztrátě motivace pro splnění úkolu, čímž by terapie ztrácela na účinnosti. Dle Marchal-Crespo (2009) přináší robotická terapie úsporu peněz. Téma finančních výhod (případně nevýhod) je diskutována v mnoha

studiích. Většinou se vychází právě z možnosti terapie bez dohledu terapeuta, a tak vzniklé úspore peněz vydaných za práci terapeuta. Ceny robotických systémů jsou však vysoké, a tak každá klinika musí zvážit, nakolik se jim tato vysoká vstupní investice vyplatí. Zda jsou ochotny poskytovat robotickou terapii pacientům bez dohledu terapeuta, zda si troufají věřit, že pacientů bude pro tuto terapii dostatek, a zda pevně věří v dlouhou životnost systémů. Žádná studie nedodala dostatečné argumenty pro ekonomické klady robotické terapie. Výhodou, na které se všichni shodnou, je ohleduplnost ke zdraví fyzioterapeuta, jenž pacientovi terapii poskytuje, a bezpečnost terapie z pohledu terapeuta i pacienta.

Jak robotické systémy ovlivňují pacientovo zdraví bylo již probráno. Jak na robotickou terapii ale reaguje pacient sám? V katalogu o koncepci terapie Armeo je přiložen komentář pacienta, jenž terapii přístrojem Armeo@Power podstoupil: „Přístroj ARMin mi pomohl mobilizovat a vést mou postiženou paži, což by pro mého terapeuta bylo mnohem namáhavější a časově náročnější. Po opakovaném používání přístroje již mohu paži mírně zvednout.“. Pacientka Z. N. si pochvalovala nenásilnost, s jakou byla podněcována k efektivnímu cvičení, pacientka M. T., jak již bylo řečeno, terapii označila za nejpřínosnější a nejpříjemnější ze všech terapií (ergoterapie zaměřená na funkci HK, konvenční terapie na hybnost HK) pro účelnost pohybů a podporu paretické končetině, s níž mohla sama pracovat. Jedinou připomínku měla k nevhodné animaci a nízké atraktivitě některých cvičení (ruku končící u lokte, s níž nabírala jablka, ohodnotila jako morbidní, chytání kapek do hrníčku či sněhových vloček do dlaně jako nenápadité).

Na odpovědi na základní otázku práce se shodla rešerše relevantních studií i praktická část této práce. Odpověď zní: „Ano, robotické systémy v rehabilitaci HK u pacientů po CMP jsou účinné.“ Robotické systémy jsou na základě studií i ozev ze zdravotnické společnosti neustále zdokonalovány, stále se však dají nalézt oblasti, v nichž má terapie robotickými systémy prostor pro diskuzi. Zde bych zařadila rozdílnost v účinku na jednotlivé části HK či možnost terapie bez dohledu povolane osoby a s tím související otázku ohledně finančních přínosů či naopak. V každém případě však pro využití robotické terapie mluví mnoho jejích kladů, a tak ji uznávám jako vhodnou součást rehabilitace HK u pacientů po CMP.

5 ZÁVĚR

Vzhledem k nedostatku zdrojů pojednávajících o robotických systémech v českém jazyce, vzešla tato práce především z informací ze zahraničních studií a článků. Dostupné jsou především zprávy o výzkumu účinnosti robotických systémů ze Spojených států amerických. Další významné studie vznikly například ve Švýcarsku či Itálii. Základní otázka práce, která se zaměřuje na účinnost robotických systémů, je častým námětem výzkumů. Tyto výzkumy tak poskytly dostatek informací, na základě kterých je možno na tuto otázku odpovědět, a to tak, že robotické systémy jsou účinné v léčbě motorických poruch HK u pacientů po prodělané CMP.

Praktickou část komplikovalo hledání vhodných pacientů. Ačkoliv byl původní plán vytvořit studii o třech kazuistikách, kvůli nedostatku vhodných pacientů byl počet kazuistik snížen na dvě. Jedna popisuje vyšetření a terapii pacientky s lehčí parézou, druhá léčbu pacientky s těžší parézou HK. Terapie však u obou pacientek přinesla zlepšení hybnosti HK, a tak byla léčba robotickými systémy shledána účinnou i při mnou provedené praktické studii.

Díky sběru dat ze zahraničních studií a provedením vlastních terapií pacientek po CMP byly zodpovězeny otázky praktické části (viz kap. 4.1.1). Robotický systém Arneo je účinný v léčbě parézy HK u pacientů po CMP, a terapie je přínosem nejen pro pacienty ale též pro fyzioterapeuty. Pacienti reagují na robotickou terapii velmi kladně, a to nejen po stránce zdravotní ale i psychické. Nespornou výhodou léčby prostřednictvím robotických systémů je pro fyzioterapeuty bezpečnost a nízké nároky na jejich fyzickou kondici. Nevýhodou z pohledu fyzioterapeuta může být složitější ovládání rehabilitačního robotického systému, které vyžaduje zaškolení povoláním osobou a postupně získávané zkušenosti.

Výsledek této práce naplnil mé představy. Robotická terapie mě přesvědčila, že je účinným prostředkem léčby. V budoucnu bych se ráda zaměřila na hledání optimální kombinace robotické terapie a konvenčních metod, pro co největší léčebný efekt na hybnost HK. Nyní doufám, že se naplní i cíl práce, kterým je její přínos pro informovanost zdravotnické populace.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

aa. – arteriae
ABD – abdukce
ADD – addukce
ACI – arteria carotis interna
ADL – Activity of daily living (aktivity denního života)
angl. – anglicky
BMI – body mass index
bpn – bez patologického nálezu
ca – karcinom
CMP – cévní mozková příhoda
CNS – centrální nervový systém
CT – Computed Tomography
ČR – Česká republika
č. – číslo
DFX – dorzální flexe
DK/DKK – dolní končetina/y
DM – diabetes mellitus
DOF – Degrees of freedom
dx. – dextra (pravá)
EP – epileptické
et al. – a kolektiv
EXT – extenze
FH – francouzská hůl
FIM – test funkční nezávislosti
FM – Fugl-Meyer Assessment Scale
FMA – Fugl-Meyerův funkční test zaměřený na HK
FN – fakultní nemocnice
FTN – Fakultní Thomayerova nemocnice
FX – flexe
HK/HKK – horní končetina/y
hod. – hodina

ICHS – ischemická choroba srdeční
iCMP – ischemická CMP
IM – infarkt myokardu
IP – interfalangeální
JIP – jednotka intenzivní péče
kol. – kolektiv
KP – kompenzační pomůcka
KRL – Klinika rehabilitačního lékařství
LDK – levá dolní končetina
LF – lékařská fakulta
LHK – levá horní končetina
LTV – léčebná tělesná výchova
m./mm. – musculus/ī
mAS – modifikovaná Ashworthova škála
MAS – Motor Assessment Scale
MC – metakarpální
MFT – Manual Function Test
MHD – městská hromadná doprava
MI – Motricity Index
MP – metakarpofalangeální
MR – magnetická rezonance
MRC – Medical Research Council score
n. – nervus
PDK – pravá dolní končetina
PFX – palmární flexe
PHK – pravá horní končetina
PNF – Proprioceptivní neuromuskulární facilitace
PRO – pronace
RD – radiální dukce
RFT – respirační fyzioterapie
rob. – robotické
ROM – Range of Motion (rozsah pohybu)
SD – starobní důchod
sin. – sinister (levá)

st. p. – status post
SUP – supinace
TCT – Trunk Control Test
TEN – tromboembolická nemoc
Th – thoracis (hrudní)
TV – televize
UD – ulnární dukce
UK – Univerzita Karlova
ÚVN – Ústřední vojenská nemocnice
VFN – Všeobecná fakultní nemocnice
VR – vnitřní rotace
WMFT – Wolf Motor Function Test
ZR – zevní rotace

7 SEZNAM ZDROJŮ

Monografie:

- 1) ČIHÁK, R. *Anatomie 1*. 2. vydání. Praha: Grada, 2001, 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
- 2) VOKURKA, M., HUGO, J., et al. *Velký lékařský slovník*. 5. vydání. Praha: Maxdorf, 2005. Jessenius. ISBN 80-7345-058-5.
- 3) HERMAN, I. P. *Physics of the Human body*. 3. vydání. Berlin:Springer, 2007. ISBN 978-3-540-29603-4.
- 4) Hocoma. *Koncepce terapie Armeo*. CZ, neuvedeno.
- 5) KOLÁŘ, P., et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 6) PFEIFFER, J. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1135-5.
- 7) TICHÝ, J. Et al. *Neurologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-492-6.

Články a studie:

- 1) KREBS, H. I., VOLPE, B. T., WILLIAMS, D., CELESTINO, J., CHARLES, S. K., LYNCH, D., HOGAN, N. Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*. 2007; 15: 327-335. ISSN 1534-4320.
- 2) CALDWELL, D. C., TSAGARAKIS, N. „Soft“ Exoskeletons for Upper and Lower Body Rehabilitation – Design, Control and Testing. *Int J Humanoid Robot*. 2007; 4: 1-24. ISSN 1743-0003.
- 3) COLOMER, C., BALDOVI, A., TORROMÉ, S., NAVARRO, M. D., MOLINER, B., FERRI, J., NOÉ, E. Eficacia del sistema Armeo@Spring en la fase crónica del ictus. Estudio en hemiparesias leves-moderadas. *Neurología*. 2013; 28: 261–7. ISSN 2173-5808.
- 4) EHLER, E Cévní mozkové příhody – neuroprotektivní léčba. *Neurologie pro*

praxi. 2001; 4: 173-177.

- 5) FERRARELLO, F., BACCINI, M., RINALDI, L. A., ET AL. Efficacy of physiotherapy interventions late after stroke: a meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery an Psychiatry*. 2011; 82: 136-143.
- 6) FISCH, A., MAVROIDIS, C., BAR-COHEN, Y., MELLI-HUBER, J. Chapter 4: Haptic devices for virtual reality, telepresence and human-assistive robotics. In *Biologically-inspired intelligent robots*. *SPIEE Press*. 2003: 73-101.
- 7) FUGL-MEYER, A. R., JAASKO, L., LEYMAN, I., OLSSON, S., STEGLIND, S. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*. 1975; 7: 13-31. ISSN 1545-9683.
- 8) KAHN, L. E., LUM, P. S., ZEV RYMER, W., REINKENSMEYER, D. J. Robot-assisted movement training for the stroke-impaired arm: Does it matter what the robot does? *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2006; 43(5): 619-630.
- 9) KIGUCHI, K., TANAKA, T., FUKUDA, T. Neuro-Fuzzy Control of a Robotic Exoskeleton With EMG Signals. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2004. ISSN 1474-6670.
- 10) KLAMROTH-MARGANSKA, V., BLANCO, J., CAMPEN, K., CURT, A., DIETZ, V., ETTLIN, T., FELDER, M., FELINGHAUER, B., GUIDALI, M., KOLLMAR, A., LUFT, A., NEF, T., SCHUSTER-AMFT, C., STAHEL, W., RIENER, R. Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurol*. 2014; 13: 159-166.
- 11) KREBS, H. I., FERRARO, M., BUERGER, S. P., NEWBERRY, M. J., MAKIYAMA, A., SANDMANN, M., LYNCH, D., VOLPE, B. T., HOGAN, N. Rehabilitation Robotics: Pilot Trial of a Spatial Extension for MIT-MANUS. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2004; 1(5).
- 12) KREBS, H. I., VOLPE, B. T., WILLIAMS, D., CELESTINO, J., CHARLES, S. K., LYNCH, D., HOGAN, N. Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*. 2007; 15: 327-335.

- 13) KWAKKEL, G, KOLLEN, B. J., KREBS, H. I. Effects of Robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A Systematic Review. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008; 22(2): 111-121.
- 14) LAMBERCY, O., DOVAT, L., JOHNSON, V., SALMAN, B., WONG, S., GASSERT, R., MILNER, T., LEONG, T. C., BURDET, E. Development of a robot-assisted rehabilitation therapy to train hand function for activities of daily living. *IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics*. 2007; 678-682.
- 15) LO, A. C., GUARINO, P. D., RICHARDS, L. G., HASELKORN, L. K. ET AL. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *New England Journal Medicine*. 2010; 362: 1772-1783.
- 16) LUM, P. S., BURGAR, CH. G., SHOR, P. C., MAJMUNDAR, M., VAN DER LOOS, M. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83: 952-959.
- 17) LUM, P. S., BURGAR, CH. G., VAN DER LOOS, M., SHOR, P. C., MAJMUNDAR, M., YAP, R. Mime robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2006; 43(5): 631-642
- 18) LV, CH., XIE, L., SHAO, W., YU, H., WANG, Y., WANG, J., NAN, N. Development of a Rehabilitation Robot for Upper-Limb Movements. *5th International Conference*. 2012; 7507: 96-102.
- 19) MACIEJSZ, P., ESCHWEILER, J., GERLACH-HAHN, K., JANSEN-TROY, A., LEONHARDT, S. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014; 11(3).
- 20) MARCHAL-CRESPO, L., REINKENSMEYER, D. J. Haptic guidance can enhance motor learning of steering tasks. *Journal of motor behaviour*. 2008; 40(6): 545-557.
- 21) MARCHAL-CRESPO, L., REINKENSMEYER, D. J. Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2009; 6(20).

- 22) MASIERO, S., CELIA, A., ROSATI, G., ARMANI, M. Robotic-Assisted Rehabilitation of the Upper Limb After Acute Stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007; 88(2): 142-149.
- 23) MASIERO, S., CARRARO, E. Upper limb movements and cerebral plasticity in post-stroke rehabilitation. *Aging Clinical and Experimental research*. 2008; 20(2): 103-108.
- 24) MATARIC, M. J., ERIKSSON, J., FEIL-SEIFER, D. J., WINSTEIN, C. J. Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2007; 4(5).
- 25) MEHRHOLZ, J., HADRICHS, A., PLATZ, T., KUGLER, J., POHL, M. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012; 6.
- 26) PAGE, S. J., GATER, D. R., BACH, Y. R. P. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004; 85(8): 1377-1381.
- 27) PATTON, J. L., MUSSA-IVALDI, F. A. Robot-assisted adaptive training: custom force fields for teaching movement patterns. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2004; 51: 636-646
- 28) POLI, P., MORONI, G., ROSATI, G., MASIERO, S. Robotic Technologies and Rehabilitation: New Tools for Stroke Patients' Therapy. *Review Article. Hindawi*. 2013; 1-8.
- 29) ROCON, E., BELDA-LOIS, J. M., RUIZ, A. F., MANTO, M., CORENO, J. C., PONS, J. L. Design and Validation of a Rehabilitation Robotic Exoskeleton for Tremor Assessment and Suppression. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2007; 15(3): 367-378.
- 30) ROGER, V. L., GO, A. S., LLOYD-JONES, D. M. ET AL. Heart disease and stroke statistics – 2011 update: a report from the American heart association. *Circulation*. 2011; 123(4): 18-19.
- 31) ROSINNI, PM., DAL FORNO, G: Integrated technology for evaluation of brain function and neural plasticity. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2004; 15(1): 263-306.

- 32) TAKAHASHI, C. D., DER-YEGHIAIAN, L., LE, V., MOTIWALA, R. R., CRAMER, C. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*. 2008; 131: 425-437.
- 33) VEG, A., POPOVIC, D. B. Walkaround: Mobile balance support for therapy of walking. *IEEE Transactions of Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2008; 16(3): 264-269.

Internetové zdroje:

- 1) BOUCHARD, S. Robot End Effector: Definition and Examples. In: *Robotiq* [online]. 2012 [cit. 10. 1. 2014]. Dostupné z: <http://blog.robotiq.com/bid/53266/Robot-End-Effector-Definition-and-Examples>
- 2) BROADENED HORIZONS [online]. [cit. 26. 1. 2014]. Dostupné z: <http://www.broadenedhorizons.com/powergrip>
- 3) BRUTHANS, J. Epidemiologie cévních mozkových příhod. In: *Kapitoly z kardiologie* [online]. 2010 [cit. 26. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20217-epidemiologie-cevnich-mozkovych-prihod>
- 4) Cévní mozkové příhody/PGS. In: *Wikiskripta* [online]. [cit. 26. 12. 2013]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/C%C3%A9vn%C3%AD_mozkov%C3%A9_p%C5%99%C3%ADhody/PGS
- 5) CÍFKOVÁ, R. Varovné příznaky cévních mozkových příhod. In: *Kapitoly z kardiologie* [online]. 2010 [cit. 26. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20246-varovne-priznaky-cevnich-mozkovych-prihod>
- 6) HOSPIMED. Moderní přístroje pro neurorehabilitaci. In: *Technický týdeník*. [online]. [cit. 26. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.hospimed.cz/wp-content/uploads/2012/01/1204-Technick%C3%BD-t%C3%BDen%C3%ADkModern%C3%AD-p%C5%99%C3%ADstroje-pro-neurorehabilitaci.pdf>
- 7) INTERACTIVE MOTION TECHNOLOGIES [online]. ©2014 [cit. 28. 2. 2014]. Dostupné z: <http://interactive-motion.com>
- 8) KALITA, Z. Doporučení pro diagnostiku a léčbu cévních mozkových příhod. In:

- Česká kardiologická společnost, o.s.* [online]. [cit. 26.12.2013]. Dostupné z: <http://www.kardio-cz.cz/index.php?&desktop=clanky&action=view&id=106>
- 9) Moderní přístroje pro rehabilitaci. In: *Medicínská výroba* [online]. [cit. 4. 1. 2014]. Dostupné z: <http://www.hospimed.cz/wp-content/uploads/2012/01/1204-Technick%C3%BD-t%C3%BDden%C3%ADkModern%C3%AD-p%C5%99%C3%ADstroje-pro-neurorehabilitaci.pdf>
- 10) NEUROREHABILITACJA. Gloreha. In: *MedenInmed* [online]. ©2012-2013 [cit. 26. 12. 2013]. Dostupné z: <http://neurorehabilitacja.com.pl/gloreha>
- 11) PAPOUŠEK, J. Rehabilitace po cévní mozkové příhodě. In: *Kapitoly z kardiologie* [online]. 2010/4 [cit. 4. 1. 2014]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20230-rehabilitace-po-cevni-mozkove-prihode>
- 12) REHAROB. Supporting rehabilitation of disabled using industrial robots for upper limb motion therapy. In: *Reharob project* [online]. [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: <http://reharob.manuf.bme.hu/>
- 13) SLIŽOVÁ, M., KUBA, P., VÁCLAVÍK, D. Cévní mozková příhoda – co možná nevíte a na co byste se chtěli zeptat. In: *Ikta* [online]. 2012 [cit. 30. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.ikta.cz/res/file/edukacni-materialy/vitkovice/clanek-CMP-co-mozna-nevite-a-hteli-byste-se-zeptat.pdf>
- 14) STARGEN EU s.r.o. [online]. [cit. 3. 1. 2014] Dostupné z: <http://stargen-eu.cz/produkty/roboticky-asistovana-rehabilitace>
- 15) ŠKODA, O. Cévní mozkové příhody – diagnostika, léčba, prevence. In: *Ikta* [online]. 2011 [cit. 30. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.ikta.cz/res/file/seminare/2011-12-08-jihlava/CMP-diagnostika-lecba-prevence.pdf>
- 16) VOTAVA, J. Rehabilitace osob po cévní mozkové příhodě. In: *Neurologie pro praxi* [online]. 2001/4 [cit. 4. 1. 2014]. Dostupné z: <http://www.solen.cz/pdfs/neu/2001/04/06.pdf>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Rehabilitační spektrum koncepce terapie Armeo (Hocoma, neuvedeno)

Obrázek č. 2: Robotický systém Armeo®Spring (Hospimed, neuvedeno)

Obrázek č. 3: Výsledky vyšetření v průběhu tří period (Colomer, 2013)

Obrázek č. 4: Poměry výsledných hodnot vyšetření (Klamroth-Marganska, 2014)

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Přehled robotických systémů rozdělených dle funkčního využití (Stargen EU, neuvedeno)

Tabulka č. 2: Přehled studií o robotických systémech zaměřených na HK u pacientů po CMP

Tabulka č. 3: Výsledky testů 1 a půl (1, 5), 3 a 8 měsíců po ukončení terapie (Masiearo, 2007)

10 PŘÍLOHY

- Příloha č. 1:** Willisův tepenný okruh
- Příloha č. 2:** Wernickeovo-Mannovo držení
- Příloha č. 3:** Anatomie horní končetiny
- Příloha č. 4:** Mechanika robotického systému (exoskeleton x end-effector)
- Příloha č. 5:** Přehled robotických systémů zaměřených na HK podle Poli
- Příloha č. 6:** Přehled robotických systémů zaměřených na HK podle Pawela Maciejasje
- Příloha č. 7:** Kritéria pro výběr pacientů po CMP do výzkumu DR. Klamroth-Margansky
- Příloha č. 8:** Fugl-Meyerův test u pacientky Z. N. při vstupním vyšetření 7. 3. 2014
- Příloha č. 9:** Vyšetření jemné motoriky u pacientky Z. N. při vstupním vyšetření 7. 3. 2014
- Příloha č. 10:** Fugl-Meyerův test u pacientky Z. N. při kontrolním vyšetření 11. 4. 2014
- Příloha č. 11:** Vyšetření jemné motoriky u pacientky Z. N. při kontrolním vyšetření 11. 4. 2014
- Příloha č. 12:** Výsledky hodnotících cvičení ze systému Armeo®Spring pacientky Z. N. 11. 4. 2014
- Příloha č. 13:** Fugl-Meyerův test u pacientky M. T. při vstupním vyšetření 25. 3. 2014
- Příloha č. 14:** Vyšetření jemné motoriky u pacientky M. T. při vstupním vyšetření 25. 3. 2014
- Příloha č. 15:** Fugl-Meyerův test u pacientky M. T. při kontrolním vyšetření 17. 4. 2014
- Příloha č. 16:** Vyšetření jemné motoriky u pacientky M. T. při kontrolním vyšetření 17. 4. 2014
- Příloha č. 17:** Výsledky hodnotících cvičení ze systému Armeo®Spring pacientky M. T. 17. 4. 2014
- Příloha č. 18:** Informovaný souhlas pacientky Z. N.
- Příloha č. 19:** Informovaný souhlas pacientky M. T.