

Univerzita Karlova

1. lékařská fakulta

Studijní program: Fyziologie a patofyziologie člověka



UNIVERZITA KARLOVA
1. lékařská fakulta

MUDr.Bc.Tereza Gueye

Využití vizuální zpětné vazby při obnově pohybových vzorců u pacientů s centrální parézou

Use of a visual biofeedback in the movement patterns recovery by patients with the central paresis

Typ závěrečné práce

Disertační

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: **MUDr. Yvona Angerová, PhD. MBA**

Praha, 2021

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.

V Praze, 22.2.2021

Tereza Gueye

Podpis

Identifikační záznam

Gueye, Tereza. *Využití vizuální zpětné vazby při obnově pohybových vzorců u pacientů s centrální parézou. [Use of a visual biofeedback in the movement patterns recovery by patients with the central paresis]*. Praha, 2021. 88 stran, 5 příloh. Disertační práce (PhD.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství. Vedoucí práce/Školitel Angerova, Yvona.

Abstrakt:

Předkládaná práce se zabývá hodnocením účinnosti dvou terapií s využitím virtuální reality (VRT) s vizuální zpětnou vazbou, Armeo Spring® exoskeletonu pro horní končetinu (Armeo) a Homebalance® interaktivního systému (Homebalance) v časně rehabilitaci po cévní mozkové příhodě (CMP). Účastníci randomizované studie do 30 dnů po CMP s parézou horní končetiny (studie Armeo) nebo s poruchou rovnováhy (studie Homebalance) byly zařazeni buď do intervenční skupiny IS (Armeo IS n=25; průměrný věk 66.5 let a Homebalance IS n=25; průměrný věk 69.6 let) provádějící VRT místo konvenční fyzioterapie nebo do kontrolní skupiny KS (Armeo KS, n=25, průměrný věk 68.1 let a Homebalance KS, n=25, průměrný věk 65.9 let), která měla jen konvenční fyzioterapii. Před a po třítydenní terapii s 12 terapiemi bylo provedeno hodnocení Montrealským kognitivním testem (MoCA), testem Funkční míry nezávislosti (FIM), Fugl-Meyerovým hodnocením motorického výkonu horní končetiny (FMA-UE), Modifikovaným Rivermeadským indexem mobility (m-RIM) a Bergovou škálou rovnováhy (BBS). Porovnali jsme výsledky účastníků ve věku <65 a ≥65 let. Přijetí obou VRT technologií bylo sledováno sebehodnotícím dotazníkem. Ve studii Armeo se zlepšila signifikantně funkce paretické horní končetiny v obou skupinách (IS i KS), zlepšení ve FMA-UE bylo signifikantně větší v Armeo IS v porovnání s Armeo KS (p=0.02) a pacienti ≥ 65 let měli v porovnání s mladšími stejný rozsah zlepšení. Ve studii Homebalance se obě skupiny (IS i KS) signifikantně zlepšily v BBS a starší účastníci neměli horší výsledky než mladší. Přijímání nových technologií staršími pacienty bylo celkově dobré.

Klíčová slova: časná neurorehabilitace, virtuální realita, senioři, mozková příhoda

Abstract:

We evaluated the effectiveness of two virtual reality therapies (VRT) with visual biofeedback, Armeo Spring® upper limb exoskeleton (Armeo) and Homebalance® interactive system (Homebalance), in early post-stroke rehabilitation. Using a randomized controlled study design, participants within 30 days after stroke with arm paresis (Armeo study) or with balance problem (Homebalance study) were assigned either to the respective intervention group (Armeo IG n=25; mean age 66.5 years, and Homebalance IG n=25; mean age 69.6 years) performing VRT instead of conventional physiotherapy or to the control group (Armeo CG, n=25, mean age 68.1 years, and Homebalance CG, n=25, mean age 65.9 years) having conventional physiotherapy only. Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Functional Independence Measure (FIM), Fugl Mayer Assessment–Upper Extremity Scale (FMA-UE), Modified Rivermead Mobility Index (m-RIM) and Berg Balance Scale (BBS) were performed before and after the 3-week therapy with 12 therapies. Results of participants <65 and ≥65 years old were compared. Acceptance of both VRTs was evaluated by self-rated questionnaire. In the Armeo study, paretic upper arm function improved significantly in both IG and CG groups, the improvement in FMA-UE was significantly higher in Armeo IG as compared to CG (p=0.02) and patients ≥ 65 years old presented equal magnitude of improvement. In the Homebalance study both IG and CG improved significantly in BBS, older participants didn't have worst results than younger ones. The acceptance of the new virtual reality therapies by older people was generally good.

Keywords: early neurorehabilitation, virtual reality, elderly, stroke

Obsah:	strana
<u>1. Úvod</u>	9
<u>2. Teoretická východiska</u>	11
2.1. Cévní mozková příhoda (CMP)	11
2.1.1 Epidemiologie CMP	11
2.1.2 Etiologie a patofyziologie CMP	12
2.1.3 Klinické projevy a následky CMP	13
2.1.4 Organizace péče pro pacienty s CMP a klinické standardy	14
2.2 Neuroplasticita a motorické učení	16
2.3 Biofeedback	20
2.4 Terapie se zpětnou vazbou a virtuální realitou v neurorehabilitaci	22
2.5 Rehabilitace centrální parézy horní končetiny s VRT	27
2.5.1 Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny	27
2.5.2 Armeo Spring Systém	28
2.6 Rehabilitace poruch rovnováhy centrálního původu s VRT	30
2.6.1 Balanční terapie s VRT	30
2.6.2 Homebalance interaktivní systém	30
2.7 Čas zahájení terapie po CMP	32
2.8 Moderní technologie a starší populace	32
<u>3. Cíle práce a hypotézy</u>	34
3.1 Cíle práce	34
3.2. Hypotézy	35
<u>4. Metodika provedení studie</u>	36
4.1. Design studie	36
4.2. Vstupní kritéria	36
4.3. Intervence ve studii	39
4.4. Funkční hodnocení	39
4.5 Dotazník přijímání VRT technologií	40
4.6 Statistická analýza	41
<u>5. Výsledky studie</u>	42
5.1. Účastníci studie	42
5.2. Výsledky funkčního hodnocení ve studii Armeo	44

	strana
5.3 Výsledky funkčního hodnocení ve studii Homebalance	45
5.4 Výsledky u pacientů nad 65 let	46
5.5 Výstupy dotazníku „Přijetí technologií s virtuální realitou“	47
<u>6. Diskuse</u>	51
<u>7. Závěry a zhodnocení cílů a hypotéz práce</u>	59
<u>8. Souhrn</u>	61
9. Seznam použité literatury	63
10. Přílohy	74
Příloha č.1 MOCA.....	74
Příloha č. 2 FIM.....	76
Příloha č. 3 FMA-UE.....	78
Příloha č. 4 BBS	84
Příloha č. 5 m-RIM.....	87
11. Seznam zkratk	88

1. Úvod

Práce se věnuje využití zpětné vazby v neurorehabilitaci se zaměřením na vizuální zpětnou vazbu. Zabývá se novým i osvědčenými přístupy v neurorehabilitaci, jejich teoretickými východisky i praxí ověřenými postupy. Shrnuje známé principy podpory neuroplasticity mozku a zejména role biofeedbacku. Zaměřuje se na využití roboticky asistované terapie (RT) a jejího efektu na zlepšování motorických i kognitivních funkcí pacientů. Velké množství vědeckých prací se věnuje efektivitě terapeutických přístupů u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP) s využitím RT se zpětnou vazbou u pacientů v pozdně subakutní a chronické fázi onemocnění, je ale publikováno jen malé množství prací o efektu této terapie u pacientů časně po ictu. Cílem práce je sledovat efektivitu terapie se zpětnou vazbou u pacientů, kteří byli při zahájení terapie maximálně do 30 dnů po CMP. Práce zpracovává výsledky dvou studií probíhajících na Lůžkách včasné rehabilitace VFN a 1.LF UK v letech 2015-2019. První studie srovnává funkční zlepšení u pacientů s centrální parézou horní končetiny, kteří využívali v terapii přístroj Armeo Spring, se skupinou pacientů, kteří procházeli pouze konvenční fyzioterapií. Druhá studie porovnává pacienty s poruchou rovnováhy centrální etiologie využívající terapii na přístroji Homebalance, se skupinou pacientů, kteří procházeli pouze konvenční fyzioterapií. Smyslem výzkumu je zjistit, zda se prokáží výhody použití tohoto typu terapie u pacientů v časné subakutní fázi po cévní mozkové příhodě.

Časná rehabilitace založená na neurorehabilitačních principech se významně podílí na optimalizaci funkčních výsledků a celkovém zlepšení kvality života pacientů po mozkové příhodě. Pacienti s poškozením centrálního motoneuronu procházejí dlouhodobou rehabilitací zaměřenou na zlepšení hybnosti končetin, stability, fatických a kognitivních funkcí a tím celkového funkčního výkonu v aktivitách denního života. Rekonvalescence po CMP je komplexní proces určený spontánním zotavením, které je podpořeno multifaktoriální aktivací (Winters C. et al., 2015¹; Zarahn E et al., 2011²). Ze studií zaměřených na sledování neuroplasticity víme, že aby rehabilitace byla dostatečně efektivní, měla by být zahájena časně, být dostatečně intenzivní (v čase nebo počtu opakování), cílená na funkci a přinést dostatečně silný zážitek (Biernaskie J. et al., 2004³; Kwakkel G. et al., 2004⁴; Murphy TH., Corbett D., 2009⁵).

Tyto principy k podpoře neuroplasticity využívají terapie s různou zpětnou vazbou, roboticky asistované terapie (RT) nebo terapie používající virtuální realitu (VRT). Motivují pacienty provádět vyšší počet opakování, prodlužují terapeutický čas, podporují motivaci a

přinášejí vzrušení svým hravým charakterem. Ve VRT poskytují virtuální prostředí a objekty uživateli vizuální feedback, který může být zprostředkován obrazovkou, projekčním systémem nebo na hlavu upevněnou pomůckou. Zpětná vazba umožňuje kontrolovat časování úkolu, jeho přesnost a podporuje motorické učení (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶).

Je mnoho studií o efektu využití RT nebo VRT u pacientů po CMP v subakutním nebo chronickém stádiu, ale je jen několik studií týkajících se akutní nebo časně subakutní fáze (Bertani R. et al., 2017⁷; Veerbeek JM. et al., 2017⁸; Norouzi-Gheidari N., 2012⁹). Tyto studie z akutní fáze většinou zkoumají RT jako terapii přidanou navíc ke konvenční terapii, neprovádějí přímé srovnání efektivity těchto inovativních terapií samotných s konvenční terapií (Masiero S. et al., 2007¹⁰). Cílem studií proto bylo zhodnotit efektivitu terapie s použitím robotické podpory ruky Armeo Spring (Armeo) a interaktivního systému Homebalance (Homebalance) se stabilometrickou plošinou porovnáním s konvenční terapií v časně fázi rehabilitace po CMP. Armeo je exoskeleton pro horní končetinu, který poskytnutím odlehčení paže umožňuje využít zbývající motorické funkce. Pohyb je iniciován pacientem a trénuje se současně natažení paže a uchopení předmětu rukou. Terapeut nebo pacient si mohou vybrat specifické terapeutické cíle a s využitím vizuálního biofeedbacku na obrazovce formou her plní různé funkční úkoly (Armeo Spring Hocoma, 2020¹¹; Gijbels D. et al., 2011¹²; Laver KE. et al., 2017¹³). Homebalance je systém využívaný k terapii poruch rovnováhy a zhoršených motorických schopností. Je složen ze stabilometrické plošiny a tabletu s diagnostickým a terapeutickým softwarem. Terapie obsahuje aktivní repetitivní trénink formou hry. Pacient stojící na stabilometrické plošině má za úkol přenášením váhy pohybovat předmětem na obrazovce. Cílem je zlepšení stability, koordinace, prostorové orientace, ale i pozornosti, paměti a motivace (Homebalance® interactive system, 2020¹⁴; Srivastava A. et al., 2009¹⁵).

Incidence mozkové příhody stoupá s věkem a je dvojnásobná pro každou dekádu po 55 roce (Chong J., Sacco R., 2005¹⁶; Ovbiagele B., Nguyen-Huynh MN., 2011¹⁷). Hrubá mortalita i hrubá incidence CMP pozitivně korelují s poměrem populace nad 65 let (Thrift AG. et al., 2017¹⁸). Terapie s vizuální zpětnou vazbou využívají moderní technologie, na které nejsou starší pacienti zvyklí, proto jsme se rozhodli porovnat rovněž efektivitu obou VRT u pacientů nad 65 let s pacienty mladšími. Formou dotazníkové metody byly získány informace o tom, jak starší pacienti přijímají tyto nové metody využívající moderní technologie.

2. Teoretická východiska

2.1. Cévní mozková příhoda (CMP)

2.1.1 Epidemiologie CMP

Nemoci oběhové soustavy jsou dle údajů Ústavu zdravotnických informací pro rok 2018 (ÚZIS ČR 2019¹⁹) nejčastější příčinou úmrtí (tvoří 43,21 % úmrtí). Cévní onemocnění mozku pak představují cca 7,072 % všech úmrtí, počet zemřelých (7987 za rok 2018) je vyšší než například počet zemřelých na akutní infarkt myokardu (3989 za rok 2018). Mortalita v ČR na CMP byla v roce 2018 65,8/100 000 mužů a 84,2/100 000 žen. CMP postihují převážně starší populaci, 85 % zemřelých umírá ve věku ≥ 70 let. Počet úmrtí na CMP v ČR ovšem od druhé poloviny 90. let 20. století trvale a významně klesá, a to rychleji než u jiných chorob, podíl CMP na celkové úmrtnosti se tak snižuje. Přesto je úmrtnost na CMP v ČR dosud výrazně vyšší než ve většině rozvinutých zemí (Bruthans J., 2019²⁰).

CMP jsou také významnou příčinou nemocnosti a pracovní neschopnosti (64 PN/100 000 obyvatel 2018), invalidity a výrazných zdravotních omezení, zejména ve vyšším věku. Výrazná je také průměrná délka pracovní neschopnosti u CMP (163 dní!) v porovnání s ostatními diagnózami (ÚZIS ČR 2019¹⁹). V roce 2018 bylo pro CMP hospitalizováno 45 969 pacientů. Incidence CMP v ČR sice v posledních letech dále klesá (průměrně 340/100 000 osob), ale méně výrazně než mortalita. Prevalence osob s prodělanou CMP, tj. počet pacientů žijících po prodělané cévní mozkové příhodě, se tak zvyšuje a zvyrazňuje potřebu další zdravotní a sociální péče pro tyto dlouhodobě nemocné pacienty. Počet nemocných po prodělané CMP v ČR lze podle dat o dispenzarizaci hrubě odhadnout na 190 tisíc osob, tedy 1900/100 000 obyvatel (Bruthans J., 2019²⁰). Je proto nesmírně důležité, jaké funkční omezení bude u pacientů po CMP přetrvávat a jaká bude jejich následná kvalita života.

Mortalita a výsledný funkční stav primárně závisí na rychlém rozpoznání příznaků CMP jednotlivcem nebo jeho okolím, dále na organizovaném systému péče od zdravotnické záchranné služby až k iktové jednotce, na rychlém zhodnocení týmem cerebrovaskulárního centra a v případě indikace urgentním provedením reperfuze, včetně intravenózní trombolýzy (IVT) a endovaskulární trombektomie (EVT) (Lin MP., 2020²; Nowak K. et al., 2020²²). Ke včasnému rozpoznání mozkové příhody v prehospitalizační fázi slouží různé screeningové

škály, např. Face Arm Speech Test (FAST) nebo Cincinnati Prehospital Stroke Scale (CPSS). Rudd M. et al. (2016²³) nenašli mezi běžně používanými škálami významné, Zhelev Z. et al. (2019²⁴) doporučují používat CPSS, vzhledem k jeho větší sensitivitě. Václavík D. et al. (2018²⁵) doporučuje rozšířený FAST PLUS Test k predikci intrakraniální okluze velkých cév a urychlení procesu reperfuze. Po akutní intervenci významně ovlivňuje výsledný funkční stav pacienta a jeho celkovou kvalitu života časná rehabilitace založená na moderních neurorehabilitačních principech a postupech.

2.1.2 Etiologie a patofyziologie CMP

Mozkové poruchy prokrvení jsou z 80-85 % podmíněny ischemicky (mozkový infarkt, iktus) a z 15-20 % intracerebrálním a subarachnoidálním krvácením. U mozkového infarktu jde o vznik ischemického a posléze nekrotického ložiska bloádou krevního zásobení v dané oblasti. Přerušování krevního zásobení je způsobeno obvykle aterosklerotickým procesem s uzavřením tepny nebo trombózou nasedlou na ateroskleroticky změněnou tepnu, dále embolizací (kardiální nebo arterio-arteriální embolizace) anebo jinými, vzácnějšími příčinami (disekce karotidy nebo a. vertebralis, vaskulitidy, hyperkoagulační poruchy aj.). U ischemických CMP vzniká trombóza přibližně ve 20 % případů ve velkých a ve 20 % v malých tepnách, embolizace se podílejí na 25–30 % (mají z ischemických příhod nejhorší prognózu), další příčiny (hemodynamická porucha apod.) nepřesahují 5 %, blíže klasifikovat se nedaří zhruba 25 % ischemických příhod.

U netraumatické intracerebrální hemoragie je nejčastější příčinou hypertenzní krvácení, které má specifickou lokalizační predilekci v bazálních gangliích, talamu, mozečku a pontu. Zdrojem krvácení jsou miliární Charcotova-Bouchardova aneurysmata lipohyalině změněných arteriol. Dalšími příčinami krvácení jsou aneurysmata, arterio-venózní malformace, angiomy, amyloidní angiopatie, hemoragické diatézy nebo krvácení do již existujících lézí (nádory, ischemie). Subarachnoidální krvácení je krvácení do subarachnoidálního prostoru nejčastěji při ruptuře aneurysmatu, méně AV malformace (Dufek M., 2013²⁶). Rizikové faktory CMP jako věk a genetická zátěž jsou rizikové cévní faktory neovlivnitelné. K ovlivnitelným faktorům, které v patofyziologii hrají důležitou roli, patří zejména hypertenze, diabetes mellitus, onemocnění srdce, kouření a hyperlipoproteinemie.

Během prvních hodin po vzniku ischemie se postižená tkáň rozliší na tři oblasti. První je ischemické jádro, kde mozková tkáň nevratně odumírá, druhá je oblast v riziku nazývaná ischemická penumbra, která se může změnit na ischemické jádro, pokud se dostatečně rychle neobnoví perfuze a třetí oblast oligemie, sníženého prokrvení, které není tak velké, aby došlo ke vzniku infarktu (Manning NW. et al., 2014²⁷). Dle konceptu „time is brain“ (čas je mozek) je v prvních hodinách rozhodující pro přežití neuronů v oblasti penumbry čas reperfuze (Saver JL., 2006²⁸). I v případě reperfuze však můžeme pozorovat další zvětšování ischemického jádra v prvních dnech po iktu. Na sekundární růst léze mají vliv kromě hypoxie i další faktory, které se účastní dalšího poškození buněk, jako zánětlivá reakce, aktivace mikrogliie, a apoptosa. Dochází k reakci cytotoxických T lymfocytů a rozvoji zánětlivého procesu s uvolňováním prozánětlivých faktorů jako je tumor nekrotizující faktor a interleukin 1 beta (Ruscher K. et al., 1998²⁹). Do budoucna se vkládá naděje na ovlivnění tohoto procesu imunomodulačními a protizánětlivými faktory (např. fingolimod, enlimomab...), které by bránily vstupu lymfocytů do penumbry. S těmito látkami proběhly studie mapující možnosti ovlivnění zánětlivé penumbry v subakutní fázi po CMP na potkanech a preklinické humánní studie (Gauberti M. et al., 2016³⁰). Delší dobu je zkoumána role neuroprotektivních látek, jako je Erythropoetin (EPO), kde jsou slibné výsledky in vitro (Rey F. et al., 2019³¹) a v experimentech na myších (Maresova D. et al., 2018³²) a ojediněle i nadějně studie humánní, které prokazují pozitivní vliv podávání EPO v akutní fázi po iktu na neurologický deficit 90 dní po iktu (Tsai TH. et al., 2018³³).

2.1.3 Klinické projevy a následky CMP

Poruchy prokrvení mozku se mohou projevovat ve formě transitorní ischemické ataky, reversibilního ischemického deficitu nebo trvalého neurologického výpadku. Dvě třetiny postihují řečiště arteria carotis interna a jedna třetina připadá na vertebrobasilární povodí. Makroangiopatie s embolizacemi vedou k typickým teritoriálním infarktům a mikroangiopatie k lakunárním. Hemisferální inzulty jsou charakterizované motorickými a sensitivními hemisyndromy, homonymními defekty zorného pole a neuropsychologickými výpadky, levostranné s afáziemi, pravostranné s poruchami prostorové orientace. Vertebrobasilární poruchy se projevují oboustrannými motorickými a sensitivními poruchami, ataxií, defekty zorného pole, diplopií, dysfagií, případně poruchami mozkových nervů (Mumenthaler M., Mattle H., 2001³⁴). Vzhledem ke kombinovanému postižení motoriky, řeči, kognice, polykání

a dalších funkcí je v rehabilitaci pacienta po CMP nezbytná součinnost interprofesního týmu. Jeho členy jsou lékař, zdravotní sestra a ošetrovatelský personál, fyzioterapeuti, ergoterapeuti, klinický logoped, nutriční terapeut. Vzhledem ke kognitivním deficitům, ale i velmi častým poruchám nálady a chronické únavě je nezbytný neuropsycholog. Cévní mozková příhoda je jednou z nejčastějších příčin disability, a proto je nutná součinnost sociálního pracovníka a následných terénních služeb.

2.1.4 Organizace péče pro pacienty s CMP a klinické standardy

Vzhledem k nebezpečí časové prodlevy a nutnosti spolupráce odborníků různých profesí, je koordinace péče o pacienty po CMP stěžejní. Situace péče o pacienty po CMP se výrazně zlepšila se zřízením Center vysoce specializované cerebrovaskulární péče a Center vysoce specializované péče o pacienty s iktem (tzv. Iktových center), která začala vznikat koncem 90.let. V ČR byla iktová centra zřizována na základě věstníku MZ ČR 2/2010³⁵, který určil přesné požadavky na personální i přístrojové vybavení. Péči o pacienty po iktu dále specifikují národní standardy (Powers WJ. et al., 2018³⁶, Škoda O. et al., 2016³⁷). Dle dostupných dat díky efektivní léčbě pacientů s CMP v rámci iktových center došlo k 25-30% poklesu mortality a morbidit. Základem úspěchu léčby na iktových jednotkách je týmový přístup, časná mobilizace, časná sekundární prevence, regulace krevního tlaku a glykémie a zejména časná diagnostika a management poruch polykání (Hamann GF. et al., 2016³⁸). Na akutní iktovou jednotku navazuje specializovaná péče lůžek včasné neurorehabilitace. I když poskytování rehabilitace (fyzioterapie/ergoterapie/logopedie...) většinou není prioritou, dostupná data výrazně doporučují, aby pacient zahájil rehabilitaci hned jak je připraven a může ji tolerovat (Miller EL. et al., 2010³⁹). Aby pacienti po CMP dosáhly svého plného funkčního potenciálu, je nutná komunikace a koordinace členů rehabilitačního týmu. Úspěšná rehabilitace má výrazný klinický dopad a schopnost snížit rizika sekundárních komplikací, které vyplývají z imobility, deprese, ztráty autonomie a snížené funkční nezávislosti. Dle standardů pro ošetrovatelskou péči a rehabilitaci Americké Kardiologické/Iktové Asociace z roku 2016 poskytování koordinovaných rehabilitačních programů s dostatečnými prostředky, dávkováním a trváním je základní stránkou péče o pacienty po CMP a mělo by být prioritou (Winstein CJ. et al., 2016⁴⁰). Autoři uvádějí, že pro post-akutní iktovou péči jsou typické četné přechody mezi poskytovateli péče, což na jedince, jeho pečovatele i zdravotníky klade velké nároky, pokud má být zachována kontinuita péče. Stejně jako v jiných zemích i

v ČR je složitý, a ne vždy koordinovaný přechod z lékařské péče do komunitní. Je důležité vytvářet podmínky pro pokračování v uceleném rehabilitačním přístupu, který se soustředí na návrat jedince do jeho přirozeného prostředí, k jeho aktivitám, sociálním kontaktům, studiu i práci.

2.2. Neuroplasticita a motorické učení

V neurorehabilitaci terapeutické postupy vychází z toho, že cílené stimuly (proprioceptivní, exteroceptivní, akustické, vizuální, motivační) způsobí změny v neurální struktuře, a tím ovlivní nebo obnoví funkce poškozených mozkových oblastí (Kolář P. et al., 2009⁴¹). Pro cílené působení na patofyziologické mechanismy po poškození mozkové tkáně je důležitá znalost principů obnovy postižených funkcí. Terapeutické postupy jsou revidovány na základě znalostí pochodů neuroplasticity a principů motorického učení. Neuroplasticitou je nazývána schopnost mozku měnit se a přizpůsobovat na základě fyziologických změn vyplývajících z interakce organismu s okolím. Tento dynamický proces, který umožňuje přizpůsobit se různým podmínkám a učit se, je důležitým faktorem i v rekonvalescenci po poškození mozku. Cílem rehabilitace je přestavba spojení mezi neurony, obnova propojení různých oblastí v mozku (Gulyaeva NV., 2017⁴²). V neurorehabilitaci je významná zejména reparační neuroplasticita, kdy se nervová tkáň snaží obnovit svoji funkci po poškození v co největší možné míře i kvalitě (Kolář P. et al., 2009⁴¹). Základním principem neuroplasticity je plasticita synaptických spojení, které jsou stále odstraňovány a obnovovány a rovnováha těchto opačných procesů je vysoce závislá na aktivitě neuronů. Tyto procesy probíhají na úrovni molekulární, neurochemické (zvýšená syntéza a uvolňování neurotransmiterů – synaptická potenciace, změny množství a citlivosti receptorů), na úrovni buněčné i úrovni neuronálních okruhů a sítí (axonální, dendritický růst, synaptogeneze, neurogeneze). Víme, že zvířata, včetně i těch nejjednodušších, jsou schopna různých forem učení, což má vztah k neuronální plasticitě (Ardiel EL., Rankin CH., 2010⁴³). Tato plasticita zahrnuje pre – i postsynaptické změny, které vidíme u živočichů s mnohem složitějším nervovým systémem. Jejím projevem je právě změna v organizaci neuronálních sítí. Změna chování vede ke specifickému přírůstku nebo eliminaci synapsí v rámci skupiny spojení (Kolb B., Gibb R., 2014⁴⁴). Lidský mozek je vysoce plastický, jelikož neurální okruhy v mozku nejsou plně determinovány geny. Proto je nezbytné k řízení vývoje využití informací z prostředí. Neurony jsou utvářeny tak, aby reagovaly na senzorické stimuly a na sebe navzájem. Neuroplasticita umožňuje mozku adaptaci na měnící se prostředí a připouští cílenou tvorbu neuronálních okruhů v rámci jedince pro jeho osobité potřeby (Kaas JH., 2001⁴⁵). Dnes jsou známy mnohé faktory, ovlivňující synaptickou organizaci normálního mozku, jako jsou senzorické i motorické zážitky, zkušenosti, učení se zaměřené na úkol, přirozená odměna (sex, sociální interakce, hra), prenatální zkušenost, prekonceptuální zážitky, stárnutí, stress (stressové

hormony), ale i gonadální hormony, psychoaktivní látky, neurotrofické faktory a další vlivy (Kolb B., Gibb R., 2014⁴⁴). Na animálních modelech bylo například prokázáno, že taktilní stimulace v raném vývoji má hluboký efekt na neurální organizaci a chování (Richards S. et al. 2012⁴⁶) a i nezanedbatelný vliv na úpravu kognitivních i motorických funkcí u zvířat s poškozením mozku (Kolb B., Gibb R., 2010⁴⁷). Neurorehabilitace se zaměřuje na využití plasticity závislé na aktivitě.

I když po poškození mozku probíhají spontánní reparační změny, tyto změny jsou zřídka dostatečné, aby vysvětlily výrazné funkční zlepšení. Proto by výzkum základních principů neuroplasticity měl vést k novým přístupům v rehabilitaci a léčbě poškození mozku (Gulyaeva NV., 2017⁴²). V terapii spastické parézy při poškození mozku se setkáváme s problémem spasticity a slabosti. Zlepšování svalové síly a motorických funkcí je zejména vlivem kortikální plastické reorganizace v časném období rekonvalescence. Naproti tomu, nejpravděpodobnějším mechanismem rozvoje spasticity po poškození mozku, je retikulospinální hyperexcitabilita jako důsledek maladaptivní plasticity. V terapii se tedy musíme zaměřovat nejen na facilitaci fyziologických funkcí, ale i snahu o potlačení patofyziologických mechanismů vedoucích k maladaptivní plasticitě, která potlačuje možnost učení se a obnovy fyziologických funkcí. Například vhodný management spasticity, včetně aplikace botulotoxinu, je příkladem toho, jako vytvořit přechodný stav plasticity, kdy potlačení patologické hyperexcitability umožní neuromotorickému systému facilitovat fyziologické pohybové vzorce, včetně aktivace svalové síly potlačených svalových skupin (Li S., 2017⁴⁸).

Motorický systém člověka má kapacitu se učit zkušeností a praxí. Motorické učení je široký pojem, zahrnující motorickou adaptaci, učení se novým dovednostem a rozhodování (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶). Při adaptaci reaguje motorický systém na změnu prostředí (vnějšího nebo vnitřního) se snahou o nabytí předchozí úrovně výkonu v nových podmínkách. Jde o učení se nového vztahu mezi dobře naučenými pohyby a novými prostorovými cíli. Proti tomu učení se novým dovednostem zahrnuje osvojení si nových pohybových vzorců svalové aktivace a získávání vyššího stupně provedení snižováním počtu chyb bez zpomalení rychlosti pohybu (Shmuelof L. et al., 2012⁴⁹).

Důležitou podmínkou učení je, aby přetrvávalo po ukončení tréninku. Ukazuje se že pro konsolidaci naučeného, je důležitý dostatečný časový interval mezi různými úkoly. Další otázkou je, jak moc je to, co je naučeno během jednoho úkolu zobecněno nebo přeneseno do jiného úkolu nebo kontextu, což je zejména důležité v přenesení naučeného úkolu

z klinických podmínek do běžného života a denních činností. Pro správné fungování paměti a z toho vyplývající flexibilitu v chování je důležitá rovnováha mezi generalizací (zobecněním) a interferencí (rušením). Interference se objevuje tam, kde je nová vzpomínka narušována jinou vzpomínkou, která byla získána před ní. Generalizace, na druhé straně, umožňuje aktualizovat existující znalosti či naučené vzorce novými informacemi nebo stereotypy (Herszage J., Censor N., 2018⁵⁰).

Dovednost můžeme zjednodušeně hodnotit úrovní motorického provedení ve vztahu rychlosti a přesnosti pohybu u určitého úkolu. Pokud se rychlost úkolu zvyšuje, má subjekt tendenci dělat více chyb a pro větší přesnost má tendenci zpomalit. Získání nové dovednosti může být, na rozdíl od adaptace, dosaženo jen opakovanou praxí a může trvat několik dní, měsíců i let, podle složitosti úkolu. Je prokázáno, že vložení intervalů odpočinku mezi opakování úkolu a variabilita úkolu vede ke zlepšení retence, udržení úkolu v paměti. Variabilita úkolu vede také k většímu zobecnění (generalizaci) naučeného úkolu (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶). Dalším pomocným faktorem je náhodnost rozvržení úkolů, jelikož variabilita a náhodnost úkolu vyžaduje u učícího se vnímat každý pohyb jako problém k vyřešení (Krakauer JW., 2006⁵¹). Získávání nové dovednosti a její retence může být výrazně ovlivněna různými typy zpětné vazby.

Principy motorického učení mohou být využity u pacientů po poškození centrálního nervového systému a mohou vést ke zlepšení u pacientů s motorickým deficitem. Není jasné, do jaké míry je u pacientů s poškozením mozku porušeno samo motorické učení. Je potřeba si také ujasnit, do jaké míry se snažíme o úpravu poškozené funkce a do jaké míry trénujeme kompenzační mechanismus. V úvahu je potřeba také vzít, který typ motorického učení je vhodný pro daného pacienta. Nezanedbatelným faktem je, že úprava postižených funkcí probíhá z velké části spontánní regenerací. Vztah mezi motorickým učením a spontánní biologickou úzdavou je stále otázkou výzkumu. Winters C. et al. (2015⁵²) uvádí, že pacienti po mozkové příhodě s lehkým až středně těžkým vstupním postižením prokazují téměř přesnou proporční motorickou úpravu funkcí horní končetiny (přibližně 78%) nezávisle na prodělané terapii (dle Fugl- Mayer score pro horní končetinu Δ FM-UP předpokládané = 0,7 (66- FM-UP vstupní), zatímco pacienti s těžkým vstupním postižením, přítomností parezy nervus facialis, těžké parezy dolní končetiny a nepřítomnosti extenze prstů v prvních 72 hodinách Modelu proporční úpravy neodpovídali a většinou měli horší výsledek. Obdobné výsledky udává i studie Zarahna E. et al. (2011⁵³) sledující možnost predikce motorické úpravy u horní končetiny dle iniciálního Fugl-Mayer Score. Potvrdili, že predikce dle FM-UP

je dobrá u pacientů s lehkou a středně těžkou hemiparezou, ale není vypovídající u pacientů s těžkou iniciální hemiparezou. Autoři doporučují zaměřit se v neurorehabilitaci právě na tyto pacienty.

V časném období po mozkové příhodě je důležité začít tréninkem úpravy poškozené funkce dříve, než se objeví kompenzační strategie. Bez cvičení postižené končetiny v akutním období můžeme spontánní úpravu přehlédnout a fyziologickou funkci nahradit rozvojem kompenzační strategie, která se fixuje a následně interferuje při spontánní reparaci fyziologické funkce (Biernaskie J. et al., 2004³). Senzomotorická deprivace (jako imobilita, hypestezie) vede ke snížení neuronální excitability a útlumu synaptické plasticity (Rosenkranz K. et al. 2014⁵⁴). To vede ke zmenšení korové representace u deprivované funkce a k symptomu naučeného nepoužívání končetiny. Intenzivní využívání končetin v každodenních činnostech proto zůstává jednou z nejdůležitějších součástí tréninku k podpoře učení. Je možné, že konvenční terapie má malý efekt proto, že neprobíhá v dostatečných dávkách (doba, počet opakování). Dle studie Wanga H et al. (2013⁵⁵) pacienti, kteří absolvovali více než 3 hodiny terapie denně měli signifikantně lepší funkční výsledky než pacienti s méně než třemi hodinami terapie.

RT, VRT nebo třeba Constraint-induced movement therapy (Corbetta D. et al., 2015⁵⁶) obsahují velké množství repetitivních pohybů a mohou tedy zvýšit počet opakování i dobu spolupráce pacienta. VRT a RT umožňují navíc kontrolu nad časováním úkolů, zevními stimuly a použitím rozšířené zpětné vazby k posílení motorického učení (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶).

2.3. Biofeedback

Biologická zpětná vazba může být na základě vnitřních nebo zevních podnětů. Vnitřní zpětná vazba poskytovaná senzory systémem umožňuje učícímu se sledovat průběh provádění úkolu. Vnější zpětná vazba rozšiřuje informaci o prováděném úkolu v jeho průběhu (např. o dráze a rychlosti pohybu, svalové síle...) nebo po jeho skončení. Umožňuje uvědomit si nebo pocítit to, co bychom sami svými smysly nepostřehli (Ptáček R., Novotný M., 2017⁵⁷). Můžeme hovořit o přímém feedbacku ve vztahu k měřené proměnné (jako třeba v případě měření srdečního rytmu, jeho variability, kde je numerická informace zobrazena na obrazovce nebo přenosné pomůcce) a o transformovaném feedbacku ve vztahu k měřené proměnné (kdy proměnné jsou kontrolovány zvukovým signálem, vizuálním zobrazením nebo např. hmatovým výstupem). V dnešní době je často zpětná vazba transformována v rámci hry nebo virtuální reality do grafické nebo audiovizuální animace. Zpětnou vazbu využívanou v rehabilitaci můžeme dle Gigginse OM. et al. (2013⁵⁸) rozdělit na fyziologickou nebo biomechanickou. Tělesné systémy, které nám poskytují fyziologickou zpětnou vazbu, kterou jsme schopni měřit, jsou kardiovaskulární systém, respirační systém i neuromuskulární systém. Při měření zpětné vazby využíváme různé typy fyziologických signálů a měřených veličin (EKG, EEG, EMG, TF, TK, akcelerometrie, měření přenosu těžiště a další).

Respirační biofeedback převádí pomocí elektrod nebo sensorů dechové exkurze na zvukové nebo vizuální signály a je využíván například při nácviku břišního dýchání. Prohloubení dechové vlny má prokázáný vliv na snížení vysokého tlaku, panické reakce, bolestí zad (Goessl VC. et al., 2017⁵⁹; Palomba D. et al., 2011⁶⁰; Hassett AL. et al., 2007⁶¹; Kapitzka KP. et al., 2010⁶²).

Biofeedback variability srdečního rytmu (HRVB) je založen na zpomalení a prohloubení dechové vlny a její synchronizaci se změnou srdeční frekvence při nádechu a výdechu. Zvažovanými mechanismy působení této metody jsou posílení homeostázy v baroreceptorech a stimulace parasympatických reflexů přes aferentní dráhy nervus vagus (Lehrer PM., Gevirtz R., 2014⁶³).

U neuromuskulárního systému je využíván např. EMG biofeedback nebo zpětná vazba ultrazvukem v reálném čase. EMG využívá povrchové elektrody, které snímají změny ve svalové aktivitě na základě myoelektrických signálů a převádějí je na zvukové nebo vizuální signály. Metodu lze využít jak pro aktivaci oslabených svalů, tak pro tlumení svalové

hyperaktivity. Klinicky byla tato metoda zkoušena např. k posílení stehenních svalů po operaci předního zkrříženého vazy kolene nebo artroskopické meniskektomii (Akkaya N. et al., 2012⁶⁴). Mnoho studií bylo zaměřeno na pacienty s neurologickým deficitem (hemiparézou, dětskou mozkovou obrnou). Systematická revue zaměřená na úpravu motorické funkce po mozkové příhodě s využitím EMG biofeedbacku (Woodford H., Price C. 2007⁶⁵) však neprokázala výrazné zlepšení v rozsahu pohybu, délce kroku či rychlosti chůze. Jen část revidovaných studií udávala ve skupině s EMG biofeedbackem větší funkční zlepšení. Biomechanický biofeedback může poskytovat informaci o pohybu, svalovém napětí nebo posturální kontrole. V rehabilitaci je k posílení normálních pohybových vzorců po poškození nervové soustavy využíván velmi dlouho. Může podávat informaci o aktuálním vzorci pohybu, poskytovat znalost výsledku činnosti nebo obojí.

Mezi biofeedback poskytující informaci o pohybu a jeho četnosti patří například sledování aktivity horních končetin u pacientů s hemiparézou akcelerometry (inerciálními sensory) umístěnými ve formě náramků na zápěstí (Sládková P. et al., 2013⁶⁶). Zpětná vazba je zde poskytována lékaři i pacientovi zpětně (analýzou online sbíraných dat). Velkou roli zde hraje vědomí, že je pacient sledován, a tudíž se snaží o větší zapojení paretické končetiny i v domácím prostředí. Další oblastí využití zpětné vazby je trénink rovnováhy pomocí stabilometrické plošiny snímající centrum tlaku (průmět těžiště pacienta do základny) a jeho pohyb převádí na vizuální zobrazení na obrazovce. Trénink potom probíhá formou her, které stimulují pacienta k přenášení těžiště a tréninku rovnováhy, např. u systému Homebalance (Janatová M. et al. 2016⁶⁷, Janatová M. et al. 2015⁶⁸). Jinou možností tréninku rovnováhy je snímání náklonu trupu pomocí programu v chytrém telefonu umístěném u pasu, který je v reálném čase vyhodnocován a informace je pacientovi poskytována jednak formou vizuální, jednak jednoduchou haptickou pomůckou (Afzal MR. et al., 2016⁶⁹). V tréninku chůze lze využít kombinaci treadmillu (pohyblivého chodníku) a zpětné vazby (zvukové, vizuální – na obrazovce), vytvářené na základě reálného kontaktu s chodníkem, který snímá sílu náslapu (Schenck C., Kesar TM., 2017⁷⁰).

2.4 Terapie se zpětnou vazbou a virtuální realitou (VRT) v neurorehabilitaci

Využití terapie se zpětnou vazbou a s určitou formou virtuální reality v neurorehabilitaci má již poměrně dlouho tradici. V 90. letech minulého století se formulovala pravidla a možnosti využití těchto terapií pro terapii rovnováhy, chůze i motoriky horní končetiny. Terapeuti si kladli otázku, jestli činnost prováděná ve virtuálním prostředí odpovídá motorickému výkonu v prostředí fyzickém. Prokázalo se, že tyto terapie motivují pacienty provádět vyšší počet opakování, prodlužují terapeutický čas a přinášejí vzrušení svým hravým charakterem. Zjistilo se, že přenos dovednosti nabyté ve virtuálním prostředí do reálného prostředí je tím větší, čím je více jedinec ponořen do reality virtuálního prostředí (Staney K. et al., 1998⁷¹). VRT nabízejí komplexitu fyzického světa v kontrolovaném a bezpečném prostředí tělocvičny či nemocnice. Kromě toho poskytují feedback v reálném čase, nezávislý trénink, modifikaci impulsů a aktivit dle výkonu, možnost postupně navyšovat náročnost (Keshner E., 2005⁷²).

Ve VRT poskytují virtuální prostředí a objekty uživateli vizuální feedback, který může být zprostředkován obrazovkou, projekčním systémem nebo na hlavu upevněným displejem (brýlemi s monitorem). Brýle s monitorem poskytují prožitek úplného pobývání ve virtuálním prostředí, reálné prostředí je zcela blokováno ze zorného pole. Obrazovky a projekční plochy umožňují vnímat jak VR, tak fyzické okolí. Projekce může být kombinována s obrazovkou, jako např. u chodníku Rehawalk, kde pacient vnímá prostředí obrazovky před sebou i projekci kroků na pohyblivém chodníku.

V neurorehabilitaci jsou využívány zejména balanční plochy a chodníky pro trénink rovnováhy a chůze. Dále terapie zaměřené na jemnou motoriku a funkci horní končetiny. Další oblastí jsou programy pro trénink kognitivních funkcí, prostorové orientace, vnímání prostoru.

V současnosti existuje velká škála terapeutických pomůcek využívajících virtuální realitu a také analýz o výhodnosti těchto terapií. Terapie šetří čas terapeuta, pacient často po zacvičení může pracovat samostatně, ale pořizovací cena a udržování přístrojů je poměrně finančně náročné. Dle studie Wagnera TH. et al. (2011⁷³) byla přidána terapie VRT ke konvenční terapii zpočátku významně dražší, ale po 36 týdnech byly výdaje u skupiny s VRT menší díky menším zdravotnickým výdajům a výsledky byly srovnatelné.

Nejčastěji využívané pomůcky pro VRT s vizuální zpětnou vazbou jsou v našich podmínkách pro motoriku horní končetiny- např. systém Armeo¹¹ pro trénink paže, předloktí a stisku v odlehčení, dále Amadeo⁷⁴ pro trénink jemné selektivní motoriky prstů, systém

Pablo⁷⁴ (Obr.1), který umožňuje bimanuální trénink. Systém Diego⁷⁴ umožňuje funkční terapii hybnosti horní končetiny ve 3D prostoru s aktivním odlehčením horních končetin.

Obr. 1 [Pablo]



Kombinací tréninku jemné i hrubé motoriky horních končetin, pozornosti, prostorové orientace i kognice je systém Myro⁷⁴ (Obr.2, 3), který obsahuje velkou interaktivní obrazovku. Lze u ní cvičit vsedě i ve stoji a tím trénovat i rovnováhu.

Obr. 2 [Myro 1]

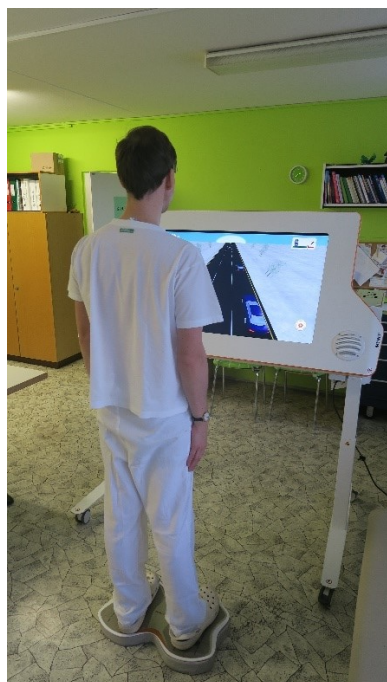


Obr. 3 [Myro 2]

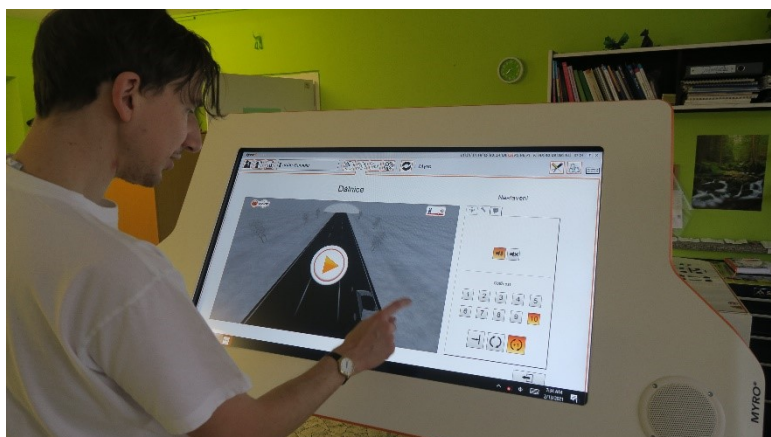


Další oblastí jsou přístroje a pomůcky pro trénink rovnováhy. Přístroje Tymo⁷⁴ (Obr.4, 5) a Homebalance¹⁴ jsou založené na snímání centra gravitace na plošině. Plošinu Tymo lze připojit k tabletu nebo k interaktivní obrazovce od přístroje Myro.

Obr. 4 [Tymo 1]



Obr. 5 [Tymo 2]



Thera-trainer Balo⁷⁵ (Obr.6), je určený k dynamickému tréninku rovnováhy se současnou možností fixace postury dle tíže postižení. Všechny tyto přístroje jsou vybaveny zpětnou vazbou na obrazovce a možností tréninku formou her.

Obr. 6 [Thera-trainer Balo]



K tréninku svalové síly DKK a bipedálního pohybu je určen Thera-trainer mobi⁷⁵ (Obr.7), umožňující cyklický pohyb dolních končetin se zpětnou vazbou. Pro trénink chůze existují různé pohyblivé chodníky s možností vizuální zpětné vazby na obrazovce před pacientem nebo přímo na chodníku, často kombinované i s akustickými stimuly udávajícími rychlost chůze, např. přístroj Rehawalk⁷⁶ (Obr.8).

Obr. 7 [Thera-trainer Mobi]



Obr. 8 [Rehawalk]



<https://www.stargen-eu.cz/rehabilitace/nacvik-chuze/rehawalk/>

2.5 Rehabilitace centrální parézy horní končetiny s VRT

2.5.1 Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny

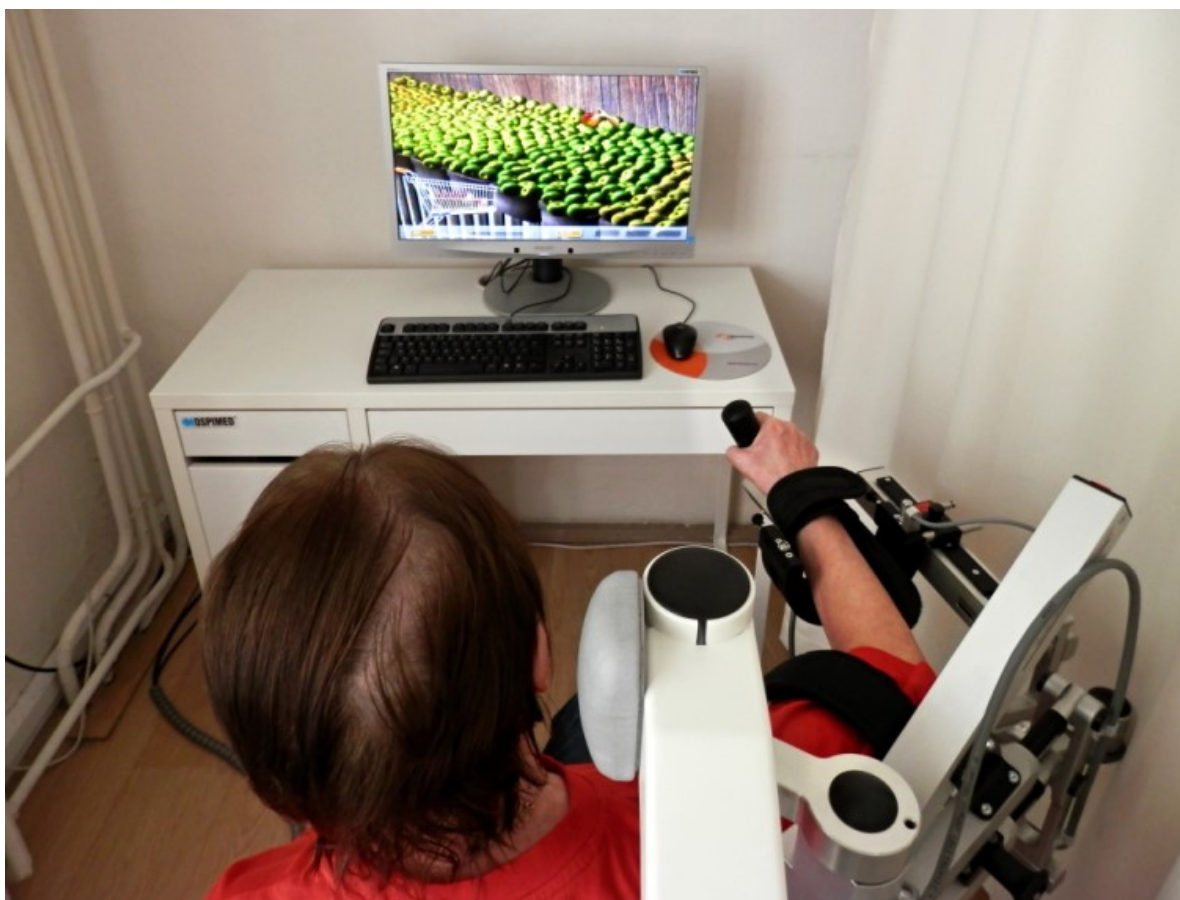
V první části studie je sledován efekt využití robotické podpory ruky se zpětnou vazbou. V literatuře většina studií o využití roboticky asistované rehabilitace horní končetiny (RT-HK) prokázala efekt na motorický výkon horní končetiny, pokud byla tato terapie přidána navíc ke konvenční terapii. To souhlasí s předpoklady pozitivního efektu navýšení doby terapie i počtu opakování na podporu neuroplastických reparačních mechanismů (Kwakkel G. et al, 2004⁴). Například v systematickém revue a meta-analýze efektu robotické terapie horní končetiny (Norouzi-Gheidari N. et al, 2012⁹) je přidána RT-HK více účinná, ale pokud čas terapie nebo její intenzita odpovídá konvenční terapii, nebyl prokázán mezi terapiemi rozdíl v efektu na motorickou úpravu, aktivity denního života (ADL) nebo motorickou kontrolu. K stejným výsledkům došel Laver KE et al. (2017¹³) z Cochrane databáze systematických revue. Ve studii Masiera S. et al. (2007¹⁰) došlo k výraznějšímu zmírnění motorického deficitu a zlepšení funkčních schopností také u pacientů, kteří absolvovali RT-HK navíc ke konvenční terapii. V randomizovaných kontrolovaných studiích (RCT) Taveggia G. et al. (2016⁷⁷), Colomera C et al. (2013⁷⁸) a Bartolda M. et al. (2014⁷⁹) je efekt RT-HK srovnatelný s konvenční terapií, pokud je celkový čas terapií stejný. Také multicentrická randomizovaná studie Rodgerse H. et al. (2019⁸⁰) se srovnatelnou délkou terapie RT-UL a konvenční terapie v kontrolní skupině došla ke stejnému závěru, výsledky pacientů s RT-HK se nelišily od kontrolní skupiny. Naproti tomu meta-analýza relevantních RCT pro RT-HK Veerbeek JM. et al. (2017⁸) zjistila malý, ale signifikantní výsledek ve prospěch RT-HK v porovnání s nerobotickou terapií, a to v lepší motorické kontrole a svalové síle, a naopak negativní efekt na svalové napětí. Nebyl však prokázán větší efekt na základní ADL. Toto koresponduje i s výsledky naší studie (Gueye T. et al., 2020⁸¹), kde je vidět vliv RT-HK na lepší motorický výkon horní končetiny, který ale není přenesený do ADL. Jelikož se výsledky studií různí, je důležité pokračovat ve výzkumech, které by nám pomohly identifikovat vhodné pacienty po CMP s rehabilitačním potenciálem časně po iktu. Calabro RS. et al. (2016⁸²) nabízejí hodnocení kortikální excitability a potenciálu plasticity bilaterálních primárních motorických oblastí s využitím transkraniální magnetické stimulace k predikci, zda má terapie s Arneo potenciál ke zlepšení motorické funkce horní končetiny. Pacienti, kteří na počátku vykazovali po opakované párové korové stimulaci významný následný efekt projevující se zvýšením kortikální plasticity v postižené hemisféře (zvýšení amplitudy motorických evokovaných

potenciálů) a snížením interhemisferální inhibice (zkrácení doby trvání tichého období postižené hemisféry a prodloužení trvání tiché periody nepostižené hemisféry) měli v souladu s tímto pozorováním výraznější zlepšení Fugl-Meyerova hodnocení motorického výkonu horní končetiny a výkonu v terapeutických úkolech Armeo Power.

2.5.2 Armeo Spring Systém

V první studii jsme používali systém Armeo Spring^{11,12} (Obrázek 9 a 10). Tento exoskeleton pro horní končetinu poskytuje podporu váze paže a ruky, což jim umožňuje využít zbytkové motorické funkce. Pohyb je iniciován vlastním pohybem pacienta, napřažení a úchop jsou trénovány společným pohybem paže a ruky. Terapeut nebo pacient mohou vybrat specifické tréninkové cíle s využitím zpětné vazby na obrazovce a provádět různé funkční úkoly formou her. Je možné se zaměřit více na trénink síly úchopu, pohyb zápěstí či paže, na cílení pohybu či trénink pozornosti (Laver KE et al., 2017¹³).

Obr. 9 [Armeo® Spring Systém]



Obr. 10 [Armeo® Spring Systém]



2.6 Rehabilitace poruch rovnováhy centrálního původu s VRT

2.6.1 Balanční terapie s VRT

V literatuře týkající se poruch rovnováhy po CMP je opět více důkazů o účinnosti balanční terapie s využitím VRT přidané ke konvenční terapii než pro vyšší účinnost těchto terapií, pokud je konvenční terapie VRT nahrazena (Laver KE. et al. 2017¹³, Chen L. et al., 2016⁸³, de Rooij IJ et al., 2016⁸⁴, Hung JW et al. 2014⁸⁵, Lee SW et al., 2013⁸⁶, Mohammadi R. et al., 2019⁸⁷). Přesto existuje několik studií, u kterých nahrazení konvenční terapie VRT prokazuje na poruchy rovnováhy vyšší účinnost (Lee HY et al., 2015⁸⁸, Llorens R. et al. 2015⁸⁹, Morone G et al., 2014⁹⁰).

2.6.2 Homebalance interaktivní systém

V naší druhé studii s VRT využíváme Homebalance interaktivní systém^{14,15} (Obrázek 11). Jde o interaktivní pomůcku pro rehabilitaci pacientů s poruchou rovnováhy různého původu. V rehabilitačním lékařství je systém používán v rámci komplexní terapie u pacientů po poškození mozku v akutním, ale také v chronickém stádiu onemocnění, kdy již konvenční léčba často nepřináší výrazné zlepšení. V pediatrii je využíván zejména u poúrazových stavů nebo u dětské mozkové obrny. U seniorů nachází uplatnění především v prevenci pádů z důvodů poruch rovnováhy. Systém je též možné využít ve fyzioterapii u pacientů po ortopedických operacích a se sníženou pohyblivostí dolních končetin. Homebalance je využíván ve zdravotnických zařízeních, v komunitních centrech nebo v domácím prostředí. Skládá se z přenosné stabilometrické plošiny a tabletu s diagnostickým a terapeutickým softwarem. Terapie probíhají na základě aktivního repetitivního tréninku formou her. Při stožení na stabilometrické plošině pacient přenesením váhy (změnou těžiště) pohybuje objektem na obrazovce před sebou. Trénink je určen ke zlepšení stability, rovnováhy, koordinace, prostorové orientace, pozornosti, ale i paměti a motivace.

Obr. 11 [Homebalance®interaktivní systém]



2.7 Čas zahájení terapie po CMP

Protože bylo publikováno mnohem více studií na efektivitu použití RT a VRT v pozdním subakutním a chronickém stádiu, bylo pro nás na oddělení včasné rehabilitace pro pacienty po CMP důležité zjistit účinnost těchto terapií ve včasném stádiu (zahájení terapie do 30 dnů po CMP). V meta-analýze Veerbeeka JM. et al. (2017⁸) je vliv RT-HK v prvních týdnech po CMP nejasný. V systematické literární revue cílené na efekt VR na rovnováhu (Chen L. et al. 2016⁸³) je VR účinná u chronických pacientů po CMP, efekt VR na trénink rovnováhy je méně jasný u akutních a subakutních pacientů. Laver KE. et al. (2017¹³) porovnal studie pacientů, kteří zahájili terapii do 6 měsíců po CMP s pacienty, kteří zahájili terapii VRT později. Zjistil významně lepší výsledky ve skupinách s VR v chronické fázi, ale ne v subakutní. Podle autorů by důvodem mohla být výraznější spontánní úzdrava v obou skupinách subakutních pacientů.

2.8 Moderní technologie a starší populace

Vzhledem k tomu, že vysoké procento pacientů po CMP je staršího věku, zajímala nás účinnost VRT a RT u pacientů nad 65 let v porovnání s mladšími. Existuje literatura, která zkoumá použití VRT ve stáří, ale dle našich zjištění je jen několik dostupných studií, které porovnávají starší ročníky s mladšími. U starších pacientů jsou používány například aplikace podporující fyzickou aktivitu, interaktivní tréninkové video hry, balanční plošiny nebo robotičtí asistenti. VR je úspěšně používána seniory k tréninku rovnováhy⁹¹⁻⁹⁵, svalové síly dolních končetin (Ozaki K. et al., 2017⁹¹) a ke snižování rizika pádu (Kamińska MS et al., 2017⁹²; Bieryla KA., Dold NM., 2013⁹³). Systematická revue zaměřená na aktivní video hry s rehabilitačními účinky u starších pacientů (Zeng N et al., 2017⁹⁴) udává pozitivní efekt na rovnováhu, fyzickou kondici a větší míru motivace, avšak dostupná evidence není dostatečná k tomu, aby prokázala výhodu VRT nad konvenční terapií. Abychom zjistili, jak naši starší pacienti po CMP přijímají nové technologie v rehabilitaci, byl vytvořen na základě zkušeností profesionálů pracujících s geriatrickými pacienty a pacienty po CMP dotazník, který vyplnil každý pacient v intervenčních skupinách (používajících VRT). Ve studii Syed-Abdul S. et al. (2019⁹⁵), která sledovala zkušenost starších pacientů s používáním VRT senioři vnímali VR jako užitečnou a radostnou zkušenost. Laver K. et al. (2012⁹⁶) oceňovali vysokou míru výdrže

a věrnosti starších pacientů k této terapii, Zeng N. et al. (2017⁹⁴) zjistili mnohem větší úroveň motivace u této terapie vydržet než u konvenční terapie.

3. Cíle práce a hypotézy

3.1 Cíle

Tradice používání zpětné vazby v terapii různých obtíží je dlouhá. Poslední desetiletí se v rehabilitaci objevují stále nové terapeutické přístroje a pomůcky, které využívají robotickou terapii nebo terapii s využitím virtuální reality. Jejich používání může ušetřit čas terapeutů a umožňuje v některých případech pacientům pokračovat v tréninku i doma a samostatně. Navíc může tato terapie formou her být pro pacienta zábavná a díky příjemnému zážitku jej může u terapie udržet déle nebo ho donutí provádět větší počet repeticí, což je v souladu s moderními principy neurorehabilitace. Je důležité, zejména u pacientů s poškozením centrálního motoneuronu, využívat poznatků o principech podpory plasticity mozku a také tyto terapie cíleně indikovat tak, aby byl jejich efekt dobře využit, a naopak neinterferovali se spontánní úzdavou, např. nácvikem nevhodných nebo kompenzačních mechanismů. Proto se prováděné studie o využití moderních technologií se zpětnou vazbou zaměřují na několik stěžejních faktorů. Kdy je vhodné s RT a VRT začít, u jak těžké disability, u kterých věkových skupin? Jaká je ideální doba nebo počet opakování funkčního úkolu? Umíme pomocí VRT vytvořit funkční úkoly dostatečně odpovídající realitě a je možné naučené pohyby z VRT přenést do funkční motoriky či ADL? Mohou RT nebo VRT nahradit práci terapeuta?

Cílem naší studie bylo zhodnotit efektivitu RT-HK a VRT cílené jednak na funkční trénink paretické horní končetiny a jednak na trénink rovnováhy u pacientů v časném stadiu po CMP (terapie zahájena do 30 dnů po iktu), jelikož o účinnosti těchto terapií v takto časných stádiích není dostatečná evidence, jak bylo popsáno výše. Dále nás zajímalo, zda bude rozdíl ve výsledcích pacientů starších a mladších 65 let. Důležité bylo i sledování přístupu těchto dvou skupin k terapiím.

3.2 Hypotézy

Hypotéza č.1

Pacienti ve skupině používající Armeo k terapii centrální parézy horní končetiny místo konvenční terapie budou mít po sérii terapií výraznější průměrné zlepšení ve Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny (FMA-UE^{97,98,99}) než skupina jen s konvenční terapií.

Sekundárním výstupem je předpoklad výraznějšího nebo srovnatelného průměrného zlepšení v Montrealském kognitivním hodnocení (MoCA^{100,101}), Funkční míře nezávislosti (FIM^{102,103}) a Modifikovaném Rivermeadském indexu mobility (m-RIM^{104,105}) vzhledem ke kontrolní skupině.

Hypotéza č.2

Pacienti ve skupině používající Homebalance k terapii rovnováhy budou mít po sérii terapií výraznější průměrné zlepšení v Bergově škále rovnováhy (BBS^{106,107}) než skupina jen s konvenční terapií.

Sekundárním výstupem je předpoklad výraznějšího nebo srovnatelného průměrného zlepšení v MoCA, FIM a m-RIM vzhledem ke kontrolní skupině.

Hypotéza č.3

Pacienti nad 65 let ve skupině s VRT (Armeo, Homebalance) budou mít po sérii terapií stejné průměrné zlepšení ve sledovaných testech jako mladší pacienti.

Hypotéza č.4

Přijímání nových technologií u pacientů starších než 65 let je horší, než u mladších pacientů (vyjádřené v subjektivním hodnocení, zpracovaném pomocí dotazníku na základě Likertovy škály).

4. Metodika provedení studie

4.1. Design studie

Studie proběhla v letech 2015-2019 na Lůžkách včasné rehabilitace VFN a 1.LF UK. Pacienti byly přijímáni z Neurologické kliniky VFN časně po akutní CMP (průměrný počet dní od CMP do zahájení studie byl $14,79 \pm 6,88$ SD). Pacienti schopní fyzioterapie a splňující vstupní kritéria byli zařazeni do studie Armeo nebo Homebalance. Pacienti, kteří splňovali vstupní kritéria pro obě skupiny (Armeo, Homebalance) byli přednostně přijímáni do studie Armeo. Pacienti byli přijímáni postupně jak přicházeli k hospitalizaci z Neurologické kliniky a byly střídavě po jednom zařazeni buď do intervenční skupiny s terapií s využitím virtuální reality (IS) nebo do kontrolní skupiny (KS), která měla pouze konvenční fyzioterapii. Nábor pacientů do studie byl ukončen, když 25 pacientů v každé skupině (Armeo IS (n=25), Armeo KS (n=25), Homebalance IS (n=25) a Homebalance KS (n=25)) úspěšně dokončilo studii. Pacienti, kteří ze zdravotních či sociálních důvodů nedokončili celý třítydenní program byly vyloučeni ze studie.

4.2. Vstupní kritéria

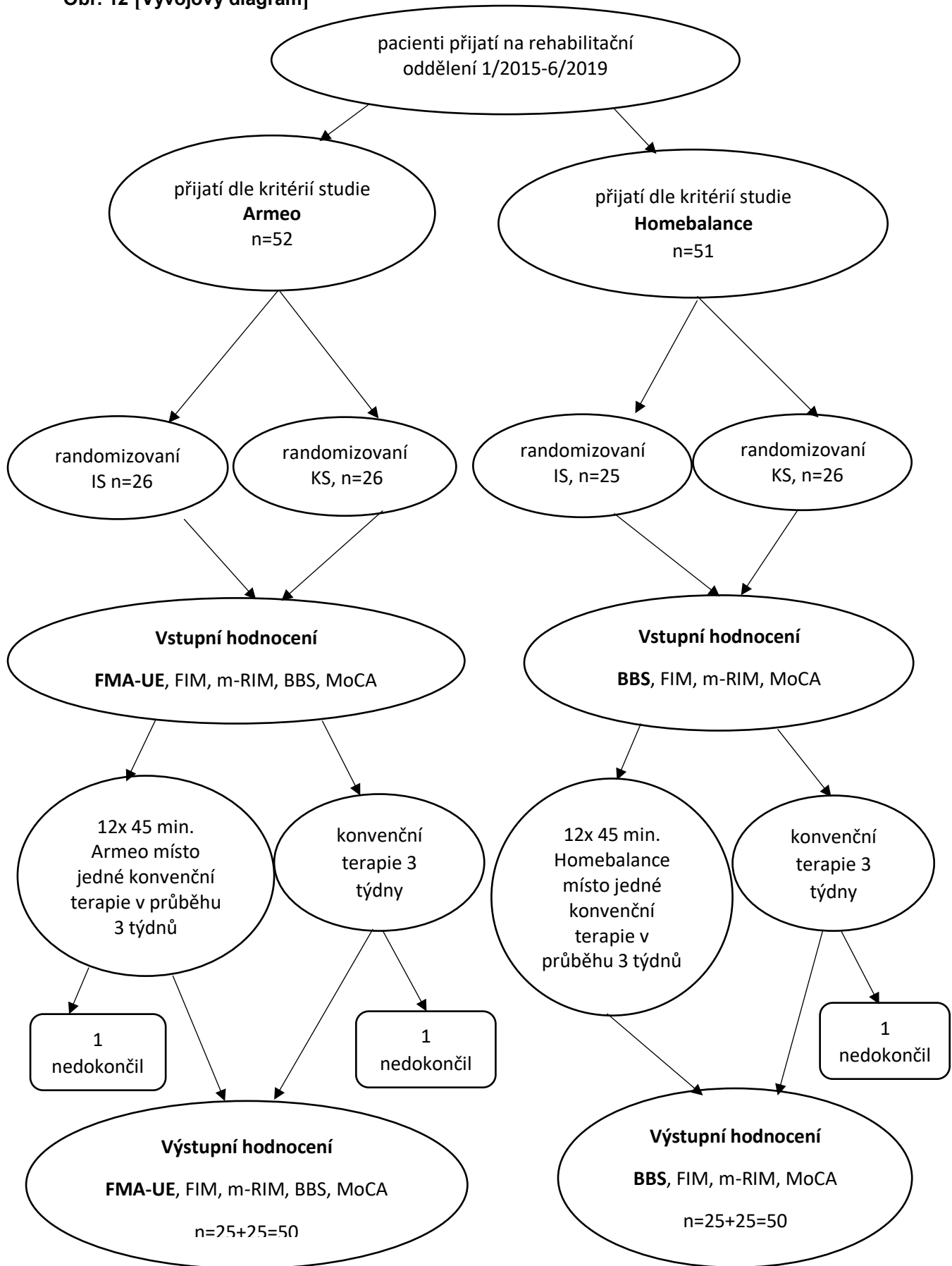
Vstupními kritérii pro studii Armeo byla první akutní cévní mozková příhoda, která proběhla do 30 dnů před zahájením terapie ve studii, schopnost spolupracovat (hodnocená ošetřujícím lékařem) a centrální paréza horní končetiny s funkčním deficitem v hodnocení FMA-UE s výsledkem 6-60 bodů (ve FMA-UE hodnota pod 35 bodů odpovídá malé funkční kapacitě horní končetiny, vzhledem k časnému přijetí do studie a potenciálu ke zlepšení jsme zvolily dolní hranici ještě nižší).

Vstupní kritéria pro studii Homebalance tvořila první akutní cévní mozková příhoda, která proběhla do 30 dnů před zahájením terapie ve studii, schopnost spolupracovat (hodnocená ošetřujícím lékařem) a porucha rovnováhy hodnocená dle BBS se skóre ≤ 45 bodů. V BBS je výsledná hodnota pod 45 bodů (z celkových 56) udávána jako zvýšené riziko pádu. Pacienti, kteří nebyli schopni spolupráce z důvodu těžkého syndromu opomíjení (hemispaciální neglect syndrom, HSNS), většinou spojeného s nízkým skóre ve FMA-UE, nebyli do studie zařazeni. Pacienti s lehkým HSNS (dle Catherine Bergego škály¹⁰⁸), kteří byli schopni spolupracovat a používat přístroj Armeo, se studie zúčastnili.

V obou studiích bylo kontraindikací zařazení těžké kognitivní postižení nebo těžká sensorická afázie, těžké postižení zraku nebo přítomnost jiného neurologického postižení.

Nízké výsledky MoCA screeningového hodnocení kognitivních funkcí jsme nepoužily jako kritérium pro nepřijetí do studie. Řídily jsme se výsledky neuropsychologického a logopedického vyšetření se širším spektrem testovacích baterií, které nám pomohly lépe rozlišit pacienty schopné porozumět zadaným úkolům a provádět terapii se zpětnou vazbou. V případě nejistoty u postižení zraku jsme využili vyšetření zrakovou terapeutkou a pokud se u pacienta jednalo pouze o zhoršení zrakové ostrosti (běžné u pacientů po CMP), terapie probíhala s doporučenou korekcí zraku.

Obr. 12 [Vývojový diagram]



Obrázek 12 [Vývojový diagram] legenda

MoCA, Montrealské kognitivní hodnocení; FIM, Funkční míra nezávislosti; FMA-UE, Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny; m-RIM, Modifikovaný Rivermeadský index mobility; BBS, Bergova škála rovnováhy

4.3 Intervence ve studii

Rehabilitace po CMP je multifaktoriální a multioborová práce. Pacienti na Lůžkách včasné rehabilitace procházejí po vstupním zhodnocení 2x denně fyzioterapií (45 + 45 min.), dále ergoterapií, terapií s logopedem, tréninkem kognitivních funkcí a dalšími aktivitami. Součástí je i terapie s použitím pasivních nebo motorových dlah a trénink pasivně prováděného/asistovaného/aktivního pohybu dolních končetin na přístrojích. Celkem se běžný rehabilitační program skládá ze 3-4 hodin aktivity denně. Konvenční fyzioterapie obsahuje širokou škálu fyzioterapeutických technik, které fyzioterapeut volí podle stavu pacienta, jeho spolupráce a potřeb. Ve všech skupinách studie byla zachována plná škála rehabilitačních přístupů, pouze v intervenčních skupinách bylo v průběhu 3 týdnů 12 konvenčních fyzioterapeutických jednotek (4 jednotky týdně, á 45 min.) nahrazeno terapií s virtuální realitou (VRT). Ve všech skupinách tedy pacienti dostali stejný časový objem terapie.

4.4 Funkční hodnocení

Primárním výstupem studie Arneo bylo Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny (FMA-UE) ^{14, 15, 16} a pro Homebalance studii Bergova škála rovnováhy (BBS) ^{17, 18}. Ke sledování aktivit denního života a celkové mobility byla u obou studií jako sekundární výstup použita Funkční míra nezávislosti (FIM) ^{19, 20} a Modifikovaný Rivermeadský index mobility (m-RIM). ^{21, 22} Ke sledování změn kognitivních funkcí jsme použili Montrealské kognitivní hodnocení (MoCA). ^{23, 24}

Všechna funkční hodnocení proběhla před zahájením terapie a po ukončení tří týdenního terapeutického cyklu.

Příklady testů jsou součástí příloh 1-5.

4.5 Dotazník přijímání VRT technologií

Po ukončení programu jsme požádali pacienty z intervenčních skupin (Armeo i Homebalance), aby vyplnily dotazník vytvořený pro tuto studii. Dotazník obsahoval 6 otázek zaměřených na to, jak vnímali a přijímali terapie s asistencí moderních technologií. Příslušný dotazník s pětibodovou Likertovou škálou je na obr. 13. Průměrné skóre jednotlivých odpovědí na otázky bylo porovnáno pro účastníky mladší a starší než 65 let.

Obr. 13 [Dotazník přijímání VRT technologií]

Vyjádři svou míru souhlasu s výroky týkajícími se terapie na přístroji Armeo/Homebalance

Terapie na přístroji:	Naprostο nesouhlasím	Spíše nesouhlasím	Nevím	Spíše souhlasím	Naprostο souhlasím
Jsem se neobával/a, jsem zvyklý/á používat moderní techniku	1	2	3	4	5
se mi líbila	1	2	3	4	5
pro mě nebyla těžká na soustředění	1	2	3	4	5
byla příjemným zpestřením cvičení	1	2	3	4	5
bych preferoval/a proti klasické fyzioterapii	1	2	3	4	5
bych doporučil/a svým vrstevníkům	1	2	3	4	5

4.6 Statistická analýza

Data studie Armeo a Homebalance byla pro všechny věkové kategorie analyzována s použitím MS Excelu a R statistického softwaru. Následně po kalkulacích deskriptivní statistiky byla testována non-parametrickým Mann-Whitney U testem (= Wilcoxon rank-sum testem) hypotéza, že výsledky intervenční skupiny a výsledky kontrolní skupiny byly vybrány z populace mající stejné rozložení. K porovnání výsledků ve studii Armeo u pacientů pod a nad 65 let byl použit Fischerův exaktní test (velikosti vzorků byly malé). To však nebylo možné u studie Homebalance, protože skupina mladších pacientů byla příliš malá. Rozdíly v přijímání VRT pacienty nad a pod 65 let byly tedy testovány v 2×2 kontingenčních tabulkách Pearsonova χ^2 testu.

5. Výsledky studie

5.1 Účastníci studie

Studii dokončilo celkem 100 dospělých pacientů průměrného věku 67,55 let ($\pm 11,22$ SD). 64 účastníků bylo starších 65 let. Tři pacienti původně zařazení do studie (1 v IS Armeo, 1 v KS Armeo a 1 v KS Homebalance) nedokončili studii během intervence ze zdravotních nebo sociálních důvodů (bez vztahu k terapeutickému programu) a byly nahrazeni dalšími pacienty postupně zařazenými do studie. Dohromady program dokončilo 60 mužů a 40 žen.

V Armeo studii prodělalo v IS 20 pacientů ischemickou CMP (i-CMP) a 5 pacientů hemorhagickou CMP (h-CMP), v KS 24 pacientů i-CMP a 1 pacient h-CMP. V intervenční skupině studie Armeo byl 1 pacient s HSNS, v kontrolní skupině 4 pacienti.

V Homebalance studii prodělalo v IS 21 pacientů i-CMP a 4 pacienti h-CMP, v KS 21 pacientů i-CMP a 4 pacienti h-CMP. V intervenční skupině studie Homebalance byl 1 pacient s HSNS, v kontrolní skupině 3 pacienti.

Tab. 1 [Vstupní charakteristika účastníku studie Armeo]

Vstup	<i>n</i>	Věk, roky, průměr, \pm SD	Věk ≥ 65 , <i>n</i>	Pohlaví, m/ž, <i>n</i>	Čas od příhody do zahájení studie, dny, průměr \pm SD	Pareza dominantní /pravé/levé ruky, <i>n</i>	FMA-UE průměr \pm SD	FIM průměr \pm SD	m-RIM průměr \pm SD
Armeo IS	25	66.56 \pm 12.26	14	14/11	14.88 \pm 6.45	16/18/7	39.0 \pm 14.54	89.04 \pm 14.35	6.08 \pm 3.46
Armeo KS	25	68.12 \pm 11.97	15	15/10	16.4 \pm 7.25	13/14/11	45.2 \pm 15.52	82.8 \pm 19.92	5.48 \pm 3.02

FMA-UE: Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny, FIM: Funkční míra nezávislosti, m-RIM: Modifikovaný Rivermeadský index mobility, *n*: počet, SD: směrodatná odchylka, IS: intervenční skupina, KS: kontrolní skupina, m/ž: muži/ženy

U Armeo studie nebyl vstupně žádný statisticky významný rozdíl mezi intervenční a kontrolní skupinou ve FMA-UE, FIM, m-RIM, věku nebo v počtu dní od příhody. V kontrolní skupině byl větší počet pacientů s lehkým HSNS, ale počet byl příliš malý, aby byl statisticky signifikantní (p -value=0.349 pro Fisherův exaktní test).

Tab. 2 [Vstupní charakteristika účastníku studie Homebalance]

Vstup	<i>n</i>	Věk, roky, průměr, ±SD	Věk ≥65, n	Pohlaví, m/ž, n	Čas od příhody do zahájení studie, dny, průměr ±SD	BBS průměr ±SD	FIM průměr ±SD	m-RIM průměr ±SD
Homebalance IS	25	69.64±9.0	19	18/7	13.36±6.96	29.6 ±11.86	92.72 ±15.05	7,68 ±2.11
Homebalance KS	25	65.88±11.64	14	13/12	14.52±7.07	23.88 ±12.56	88.4 ±13.67	5.84 ±2.09

BBS: Bergova škála rovnováhy, FIM: Funkční míra nezávislosti, m-RIM: Modifikovaný Rivermeadský index mobility, n: počet, SD: směrodatná odchylka, IS: intervenční skupina, KS: kontrolní skupina, m/ž: muži/ženy

U Homebalance studie nebyl vstupně žádný statisticky významný rozdíl mezi intervenční a kontrolní skupinou v BBS, FIM, věku, počtu pacientů s HSNS nebo v počtu dní od příhody. V m-RIM bylo signifikantně vyšší skóre v intervenční skupině ($p=0,0052$, hladina významnosti 99 %).

5.2 Výsledky funkčního hodnocení ve studii Armeo

Mezi intervenční (IS) a kontrolní skupinou (KS) v **Armeo studii** nebyl rozdíl ve velikosti zlepšení v MoCA, FIM, m-RIM a BBS. U FMA-UE u IS Armeo jsme zaznamenaly signifikantně větší zlepšení než u KS Armeo (p-hodnota=0,0209) (Tab. 3).

Tab. 3 [Výsledky studie Armeo]

Armeo	IS			KS			p hodnota
	n=25			n=25			
Test (bodové rozmezí)	T0, průměr ±SD	T1, průměr ±SD	Δ Δ%	T0, průměr ±SD	T1, průměr ±SD	Δ Δ%	
MoCA (0-30)	21.8 ±4.88	25.6 ±3.54	3.8 17.43	20.3 ±6.14	22.9 ±5.53	2.6 12.8	0.302
FIM (0-126)	89.0 ±14.35	110.8 ±8.17	21.8 24.49	82.8 ±19.92	104.9 ±15.49	22.1 26.69	0.808
FMA-UE (0-66)	39.0 ±14.54	54.5 ±10.06	15.5* 39.74*	45.2 ±15.52	54.2 ±13.93	9 19.91	0.0209*
m-RIM (0-15)	6.08 ±3.46	12.12 ±2.65	6.04 99.34	5.48 ±3.02	10.8 ±3.34	5.32 97.08	0.256
Délka hospitalizace, dny, průměr		35.76 ±10.79			33.08 ±8.53		0,741

IS: intervenční skupina, KS: kontrolní skupina, MoCA: Montrealské kognitivní hodnocení, FIM: Funkční míra nezávislosti, FMA-UE: Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny, m-RIM: Modifikovaný Rivermeadský index mobility, T0: zahájení studie, T1: ukončení terapeutické intervence, Δ změna mezi výsledky v čase T0 a T1, Δ% procento změny mezi výsledky v čase T0 a T1 v porovnání se vstupní úrovní v čase T0, *hladina významnosti 95 %, n: počet, SD: směrodatná odchylka

5.3 Výsledky funkčního hodnocení ve studii Homebalance

V primárním výstupu **Homebalance studie** (BBS) došlo k signifikantnímu zlepšení v intervenční i kontrolní skupině a velikost zlepšení byla srovnatelná v obou skupinách. Došlo však k signifikantně většímu zlepšení v celkové funkční kapacitě pacientů kontrolní skupiny Homebalance, měřené FIM ($p=0,0010$) a m-RIM ($p=0,0226$) (Tab. 4).

Tab. 4 [Výsledky Homebalance studie]

Homebalance	IS			KS			p hodnota
	T0 průměr ±SD	T1 průměr ±SD	Δ Δ%	T0 průměr ±SD	T1 průměr ±SD	Δ Δ%	
MoCA (0-30)	22.44 ±6.31	25.68 ±3.88	3.24 14.46	20.84 ±5.39	23.84 ±5.17	3 14.39	0.756
FIM (0-126)	97.72 ±15.05	113.2 ±5.82	15.48 15.84	88.04 ±13.67	111.92 ±8.97	23.88** 27.12**	0.0010**
BBS (0-56)	29.6 ±11.86	48.0 ±4.76	18.4 62.16	23.88 ±12.56	43.24 ±8.83	19.36 81.07	0.641
m-RIM (0-15)	7.68 ±2.11	12.32 ±1.95	4.64 60.41	5,84 ±2.09	11.76 ±2.20	5.92* 101.3*	0.0226*
Délka hospitalizace, dny, průměr		31.04±11.48			34.0±6.53		0.054

IS: intervenční skupina, KS: kontrolní skupina, MoCA: Montrealské kognitivní hodnocení, FIM: Funkční míra nezávislosti, BBS: Bergova škála rovnováhy, m-RIM: Modifikovaný Rivermeadský index mobility, T0: zahájení studie, T1: ukončení terapeutické intervence, Δ změna mezi výsledky v čase T0 a T1, Δ% procento změny mezi výsledky v čase T0 a T1 v porovnání se vstupní úrovní v čase T0, *hladina významnosti 95 %, **hladina významnosti 99 %, n: počet, SD: směrodatná odchylka

5.4 Výsledky u pacientů nad 65 let

Porovnáním výsledků v Armeo studii u pacientů <65 a ≥ 65 let věku (Fisherovým exaktním testem) jsme nenašli žádný signifikantní rozdíl mezi mladšími a staršími pacienty z hlediska distribuce v testech MoCA, RIM, FMA-UE v obou skupinách, intervenční, i kontrolní (p-hodnota mezi 0,14 a 0,68). Pokud se týká hodnot FIM, hypotéza stejné distribuce u pacientů <65 a ≥ 65 let věku nemůže být odmítnuta pro IS Armeo (p-hodnota=0,377), avšak je odmítnuta pro KS Armeo na hladině významnosti 95 % (p-hodnota=0,040). Důvodem jsou špatné vstupní výsledky pacientů <65 let (všech 8 pacientů dosáhlo hodnot FIM pod 30 bodů). V Homebalance studii nebylo možné tento test provést díky příliš malému počtu pacientů věku <65 let v IS Homebalance. Tedy celkové výsledky pro IS Homebalance hovoří převážně o populaci ≥ 65 let věku.

Tab. 5 [Výsledky pacientů věku ≥ 65 let v porovnání s mladšími pacienty, Armeo + Homebalance studie]

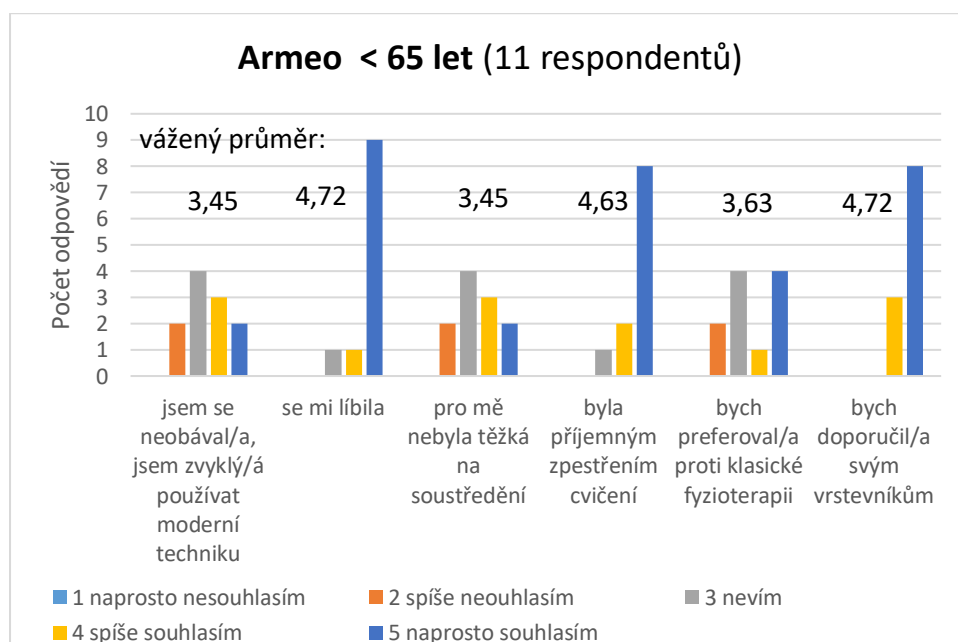
	Armeo				Homebalance			
	n = 14	n=11	n=17	n=8	n=19	n=6	n=14	n=11
Test	IS ≥ 65	IS < 65	KS ≥ 65	KS < 65	IS ≥ 65	IS < 65	KS ≥ 65	KS < 65
(bodové rozmezí)	Δ průměr, Δ%	Δ průměr, Δ%	Δ průměr, Δ%	Δ průměr, Δ%	Δ průměr, Δ%	Δ průměr Δ%	Δ průměr Δ%	Δ průměr Δ%
MoCA (0-30)	4.43 20.88	2.8 12,33	3.13 16.20	1.75 7.90	3.63 16.50	2.00 8.39	3.2 16.66	2.7 11.90
FIM (0-126)	20.86 23.10	23.00 26.24	23.70 29.54	18.87 21.38	21.70 23.74	16.50 17.00	22.00 25.00	26.2 29.7
m-RIM (0-15)	6.36 114.2	5.63 83.77	5.82 120.74	4.25 61.86	4.70 61.6	4.70 60.00	6.10 115.50	5.60 85.62
BBS (0-56)					26.60 123.80	11.36 30.45	19.00 96.41	19.72 67,78
FMA-UE (0-66)	13,5 32.25	17.81 50.36	9.11 20.93	8.62 17.69				

IS: intervenční skupina, KS: kontrolní skupina, MoCA: Montrealské kognitivní hodnocení, FIM: Funkční míra nezávislosti, m-RIM: Modifikovaný Rivermeadský index mobility, BBS: Bergova škála rovnováhy, FMA-UE: Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny, T0: zahájení studie, T1: ukončení terapeutické intervence, Δ změna mezi výsledky v čase T0 a T1, Δ% procento změny mezi výsledky v čase T0 a T1 v porovnání se vstupní úrovní v čase T0, n: počet

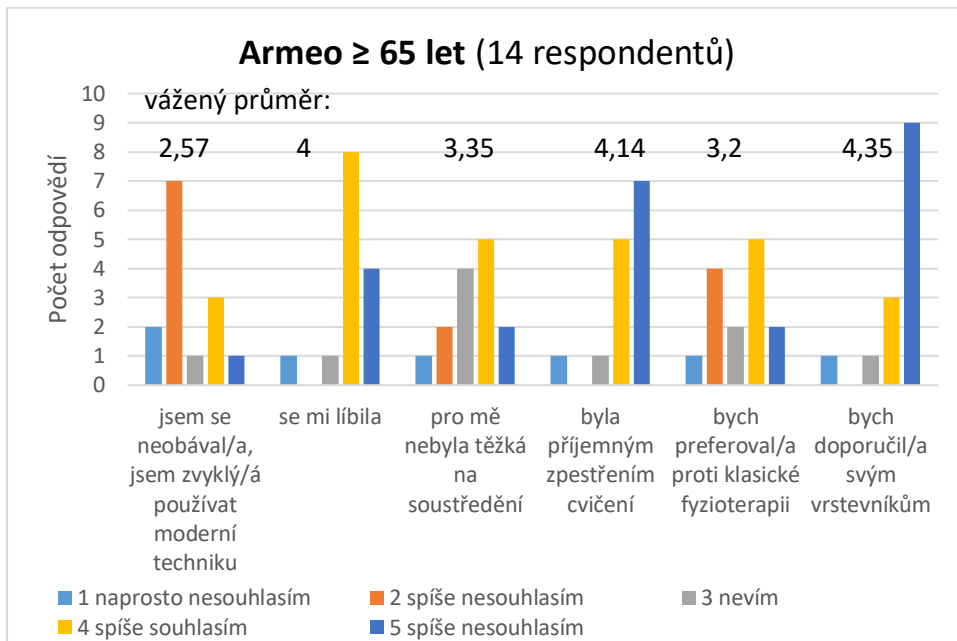
5.5 Výstupy dotazníku „Přijetí technologií s virtuální realitou“

Grafy 1-4 ukazují výsledky analýzy Dotazníku přijímání VRT technologií (obr. 13). S vyjádřeními 2,4 a 6 byl silný souhlas ve skupině mladších i starších pacientů u Armeo i Homebalance studie. Dohromady 99 % (85,7 % u 65+) pacientů se terapie s Armeo nebo Homebalance technologií líbila. Vnímali tento způsob terapie jako příjemnou změnu a doporučili by ji svým vrstevníkům. Jen 47,36 % pacientů nad 65 let se před zahájením terapie těchto nových technologií neobávalo. U mladších pacientů se terapie neobávalo 66,6 %. V obou věkových kategoriích u Armeo skupiny byla však jen polovina pacientů (50 %), kteří by dali přednost těmto terapiím před konvenční terapií. Ve skupinách Homebalance by dokonce jen 30 % pacientů preferovalo VRT terapii nad konvenční. V obou věkových kategoriích Armeo skupin pacienti nevnímali tyto terapie jako těžké na soustředění. Ve skupině Homebalance 65+ jen 42 % pacientů nepřišly tyto terapie těžké na soustředění, v porovnání s 66,6 % mladších.

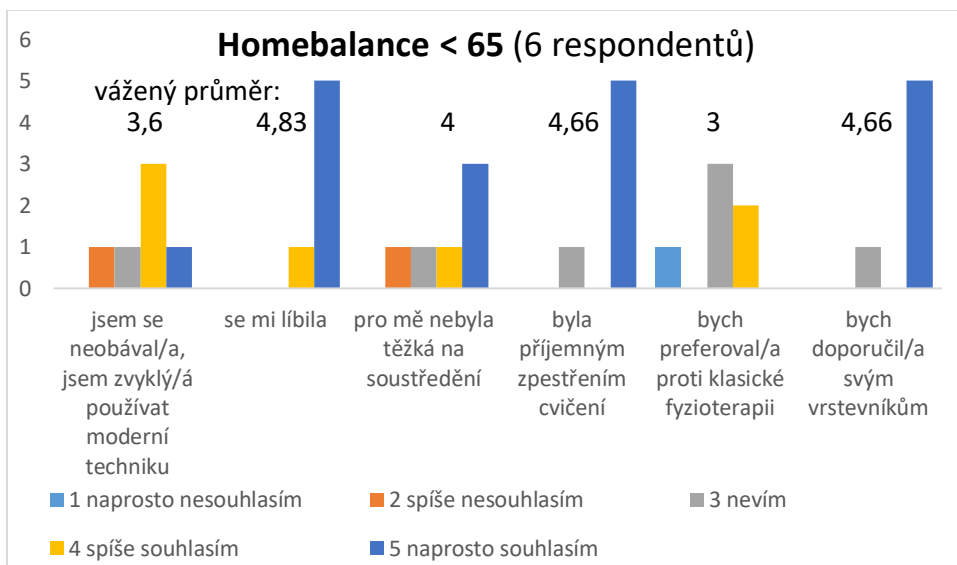
Graf 1 [Dotazník přijímání VRT technologií Armeo <65let]



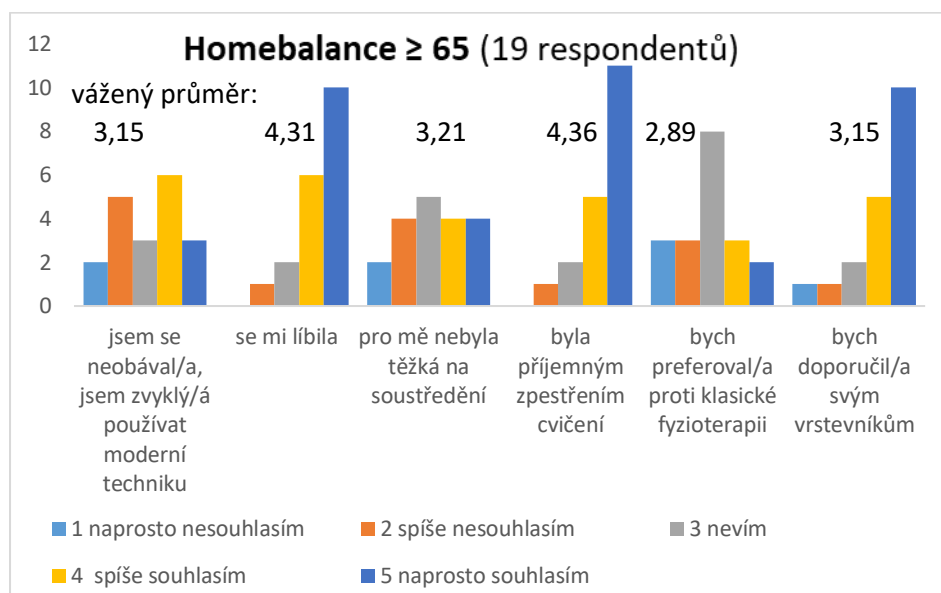
Graf 2 [Dotazník přijímání VRT technologií Armeo ≥ 65 let]



Graf 3 [Dotazník přijímání VRT technologií Homebalance <65let]



Graf 4 [Dotazník přijímání VRT technologií Homebalance ≥ 65 let]



Výsledky pro Armeo a Homebalance byly zkombinovány v jedné statistické analýze rozdílů v přijímání VRT mezi mladšími (<65 let) a staršími (≥ 65 let) pacienty. Pro každé tvrzení v dotazníku byly kalkulovány průměrné hodnoty a byla vytvořena 2x2 kontingenční tabulka.

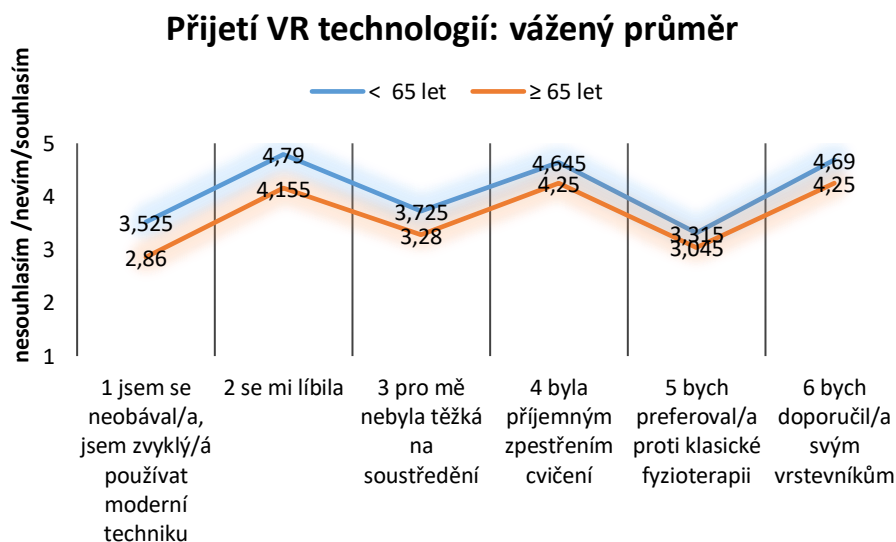
Pro účely 2x2 kontingenční tabulky byly odpovědi 1,2 a 3 (naprosto nesouhlasím, spíše nesouhlasím, nevím) interpretovány jako „slabé přijetí“, zatímco odpovědi 4 a 5 (spíše souhlasím, naprosto souhlasím) byly interpretovány jako „dobré přijetí“. Tyto dvě možné reakce pacientů byly porovnány Pearsonovým χ^2 test. Výsledky jsou prezentovány v Tabulce 6, p-hodnoty mezi 0.23 a 0.74 znamenají, že hypotéza o stejném přijetí VRT mezi mladými pacienty a seniory nemůže být zamítnuta. Tedy z toho plyne, že starší pacienti přijímají VRT technologie spíše pozitivně, podobně jako mladší pacienti.

Tab. 6 [Přijetí VR technologií mladšími (<65 let) a staršími (≥ 65 let) pacienty – výsledky dotazníku]

	Tvrzení: Terapie na přístroji Armeo/Homebalance	Průměr <65 let	Průměr ≥ 65 let	p- hodnota (testování rozdílu)
1	jsem se neobával/a, jsem zvyklý/á používat moderní techniku	3.525	2.86	0.361
2	se mi líbila	4.79	4.155	0.339
3	pro mě nebyla těžká na soustředění	3.725	3.28	0.616
4	byla příjemným zpestřením cvičení	4.645	4.25	0.744
5	bych preferoval/a proti klasické fyzioterapii	3.315	3.045	0.740
6	bych doporučil/a svým vrstevníkům	4.69	4.25	0.235

Likkertova škála: 1= naprosto nesouhlasím; 2= spíše nesouhlasím; 3= nevím; 4= spíše souhlasím; 5= naprosto souhlasím

Graf 5 [Přijetí VR technologií mladšími (<65 let) a staršími (≥ 65 let) pacienty – výsledky dotazníku]



6. Diskuse metodických postupů a výsledků

Hlavním cílem naší studie bylo zhodnotit účinnost dvou terapií využívajících vizuální zpětnou vazbu, systém s exoskeletonem pro horní končetinu Armeo Spring a interaktivní systém Homebalance pro trénink poruch rovnováhy. Virtuální realita (VR) byla v obou případech zprostředkována zpětnou vazbou na obrazovce před pacientem. Zajímali nás pacienti v subakutní fázi po cévní mozkové příhodě. Dále jsme chtěli zjistit, zda jsou rozdíly v účinnosti těchto terapií u mladších a starších pacientů (+ 65 let) a jak starší pacienti přijímají tyto nové technologie v terapii.

Neuroplasticita umožňuje mozku adaptaci na měnící se prostředí a připouští cílenou tvorbu neuronálních okruhů v rámci jedince pro jeho osobité potřeby (Kaas JH., 2001⁴⁵). Dnes jsou známy mnohé faktory, ovlivňující synaptickou organizaci normálního mozku, jako jsou senzorické i motorické zážitky, zkušenosti, učení se zaměřené na úkol, přirozená odměna, stárnutí, stress, psychoaktivní látky, neurotrofické faktory a další vlivy (Kolb B., Gibb R., 2014⁴⁴). Neurorehabilitace se zaměřuje na využití plasticity závislé na aktivitě. I když po poškození mozku probíhají spontánní reparační změny, tyto změny jsou zřídka dostatečné, aby vysvětlily výrazné funkční zlepšení. Proto by výzkum základních principů neuroplasticity měl vést k novým přístupům v rehabilitaci a léčbě poškození mozku (Gulyaeva NV., 2017⁴²). V terapii se musíme zaměřovat nejen na facilitaci fyziologických funkcí, ale i snahu o potlačení patofyziologických mechanismů vedoucích k maladaptivní plasticitě, která potlačuje možnost učení se a obnovy fyziologických funkcí (Li S., 2017⁴⁸). Důležitou podmínkou učení je, aby přetrvávalo po ukončení tréninku, aby co je naučeno během jednoho úkolu bylo zobecněno nebo přeneseno do jiného úkolu nebo kontextu, což je zejména důležité v přenesení naučeného úkolu z klinických podmínek do běžného života a denních činností. Toto se ukazuje někdy jako problém při klasickém analytickém cvičení i při využití VRT, pokud se nepropojí s tréninkem reálných aktivit v prostředí pacienta. V naší studii jsme došli k podobným výsledkům jako Norouzi-Gheidari et al. (2012)⁹ a Laver KE. et al. (2017¹³) v meta-analýzách studií o využití VRT u pacientů po CMP. Zlepšení v motorické aktivitě se nepřeneslo do stejně signifikantního zlepšení v ADL. Ukazuje se, že je velmi důležitá variabilita úkolu, která vede k většímu zobecnění (generalizaci) naučeného úkolu (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶). Získávání nové dovednosti a její retence může být výrazně ovlivněna

různými typy zpětné vazby. VRT by měly být vyvíjeny tak, aby iluze reálného úkolu v přirozeném prostředí byla co největší.

Intenzivní praxe zůstává jednou z nejdůležitějších součástí tréninku k podpoře učení. Je možné, že konvenční terapie má malý efekt proto, že neprobíhá v dostatečných dávkách (doba, počet opakování). Analýza využití konvenčních terapií v rehabilitaci motorických funkcí prokázala významný rozdíl na základě dávky intervence. Bylo zjištěno, že dávka intervence 30 až 60 minut podaná pět až sedm dní v týdnu poskytuje významný přínos (Pollock A. et al., 2014¹⁰⁹). Dle studie Wang H. et al. (2013⁵⁵) pacienti, kteří absolvovali více než 3 hodiny terapie denně měli signifikantně lepší funkční výsledky než pacienti s méně než třemi hodinami terapie. RT, VRT nebo třeba Constraint-induced movement therapy obsahují velké množství repetitivních pohybů a mohou tedy zvýšit počet opakování i dobu spolupráce pacienta (Corbetta D. et al., 2015⁵⁶). VRT a RT umožňují navíc kontrolu nad časováním úkolů, zevními stimuly a použitím rozšířené zpětné vazby k posílení motorického učení (Kitago T., Krakauer JW., 2013⁶). Laver KE. et al. (2017¹³) porovnal v meta-analýzách studií o využití VRT u pacientů po CMP studie poskytující méně než 15 hodin intervence s pokusy poskytujícími 15 a více hodin intervence během studie. Ani v jedné studii nebyl statisticky významný rozdíl mezi výsledky pacientů s terapií pomocí virtuální reality a alternativní intervencí. Zatímco studie poskytující méně než 15 hodin terapie měly nevýznamný účinek, studie poskytující více než 15 hodin vykazaly trend (i když ne statisticky významný) ve prospěch intervence VRT. Je možné, že rozdíly mezi skupinami v naší studii by se projeví až po delším období terapie, jelikož celkový objem terapie činil 12x45 min., tedy 9 hodin terapie celkem. Lepší výsledky s VRT při stejném časovém objemu terapie by se daly vysvětlit větším počtem opakování během terapie. Pacienti využívající terapii Armeo nebo Homebalance většinou díky motivaci uspět v herním prostředí vydrželi cvičit celý čas terapie aktivně, a tak dosáhli většího počtu opakování.

Zajímali jsme se o vliv rehabilitace na snížení stupně konečné disability (hodnocené standardizovanými funkčními testy) proti stavu při vstupu do studie. Nehodnotili jsme etiologii CMP, ani vliv iniciálního postižení způsobeného mozkovou příhodou dle NIHSS (Runde D., 2020¹¹⁰), ani typ primární intervence (intavenózní trombolýza, endovaskulární trombektomie, bez intervence). Dle Angerové Y. et al. (2020¹¹¹) nákladová efektivita časně rehabilitace pozitivně koreluje se stupněm iniciální motorické disability a monitorování

rehabilitačního procesu s využitím funkčního hodnocení je nezbytné k ujištění se o efektivitě rehabilitačního procesu.

Hlavním zjištěním v první studii (Armeo) bylo, že terapie na přístroji Armeo Spring má signifikantně lepší výsledky než konvenční terapie, zejména pro motorický výkon horní končetiny hodnocený FMA-UE. Sekundární výstupy (v testech MoCA, FIM, RIM) neprokázaly rozdíl mezi IS a KS. V kontrolní skupině bylo více pacientů s lehkým hemispaciálním neglect syndromem, které mohlo částečně ovlivnit výsledky (Parton A. et al., 2004¹¹²; Di Monaco M. et al., 2011¹¹³), ale jejich počet v obou skupinách byl příliš malý, aby byl statisticky významný. V literatuře většina studií věnovaných roboticky asistované terapii horní končetiny (RT-HK) prokázala efekt na výkon horní končetiny, pokud byla přidána navíc ke konvenční terapii. Například v systematickém přehledu a meta-analýze RT-HK v rehabilitaci po CMP Norouzi-Gheidariho et al. (2012)⁹ je RT-HK přidána navíc ke konvenční terapii více přínosná, pokud je však délka intervence nebo intenzity terapií srovnána, nebyl mezi těmito terapiemi nalezen významný rozdíl v obnově motoriky, aktivitách denního života (ADL) nebo motorické kontrole. K stejným výsledkům došel Laver z Cochrane databáze systematických revue (Laver KE. et al, 2017¹³). Ve studii Masiera S. et al (2007¹⁰) také došlo k výraznějšímu zmírnění motorického deficitu a zlepšení funkčních schopností u pacientů, kteří absolvovali RT-HK navíc ke konvenční terapii. Potvrzuje se tedy, že celková doba terapie hraje rozhodující úlohu.

V randomizovaných kontrolovaných studiích (RCT) Taveggia G et al. (2016⁷⁷), Colomera C. et al. (2013⁷⁸) a Bartolda M. et al. (2014⁷⁹) je efekt RT-HK srovnatelný s konvenční terapií, pokud je celkový čas terapií stejný. Také multicentrická randomizovaná studie Rodgerse H. et al. (2019⁸⁰) se srovnatelnou délkou terapie RT-UL a konvenční terapie v kontrolní skupině došla ke stejnému závěru, výsledky pacientů s RT-HK se nelišily od kontrolní skupiny. Naproti tomu meta-analýza relevantních RCT pro RT-HK Veerbeeka JM. et al. (2017⁸) zjistila malý, ale signifikantní výsledek ve prospěch RT-HK v porovnání s nerobotickou terapií, a to v lepší motorické kontrole a svalové síle, a naopak negativní efekt na svalové napětí. Nebyl však prokázán větší efekt na základní ADL. Toto koresponduje i s výsledky naší studie (Gueye T et al., 2020⁸¹), kde můžeme vidět vliv RT-HK na lepší motorický výkon horní končetiny, který ale není přenesený do ADL. Domníváme se, že aby se efekt zlepšení motoriky jednotlivých částí horní končetiny projevil větší generalizací do celkového

funkčního pohybu a ADL, je důležité provádět komplexní funkční úkony v přirozeném prostředí. Terapie se zpětnou vazbou se snaží stále více napodobit reálné prostředí a situace, ale aby došlo ke zlepšení v ADL, je nutno je souběžně trénovat. Výhodná se zdá kombinace RT-UL a ergoterapie (Iwamoto Y. et al., 2019¹¹⁴).

V naší studii jsme se nezabývali vlivem spasticity, která ovlivňuje výrazně motorický výkon horní končetiny v post-akutní a chronické fázi po iktu. Naši pacienti ukončili studii méně než 2 měsíce po mozkové příhodě a jen malá část během této doby vyvinula lehkou spasticitu $MAS \leq 2$, která neinterferovala výrazně s funkcí. To jsme si ověřili na našem pracovišti v předchozí studii (Gueye T., Dedkova M., 2017¹¹⁵) a odpovídá to i většině známých studií. Katoozian L. et al. (2018¹¹⁶) sledovali 149 pacientů 1 a 3 měsíce po první mozkové příhodě. Prevalence spasticity v 1-3. měsíci byla 17-25 % a vznik spasticity v 1. měsíci byl zaznamenán u 13,79 % pacientů. Studie Schinwelskiho MJ. et al. (2019¹¹⁷) se zaměřuje na 121 pacientů po iktu s hemiparézou, 45 % pacientů vyvinulo spasticitu ($MAS \geq 1$) do 3 měsíců po příhodě. Stále však nemáme dostatek důkazů o managementu tak časně spasticity, ve většině studií začíná léčba spasticity od 3 měsíců po vzniku CMP. Podle Wissela J. et al. (2009¹¹⁸) by terapie fokální nebo regionální spasticity intramuskulární aplikací botulotoxinu měla začít včas, ve zlaté době, kdy se spasticita začne objevovat a než se měkké tkáně začnou zkracovat. Měla by být vedena specialistou se zkušeností v diagnostice a terapii spasticity a indikována v prvních třech měsících pouze v určitých situacích (Lopez de Munain L. et al., 2016¹¹⁹). Gracies JM. (2005¹²⁰, 2010¹²¹, 2001¹²²) doporučuje (kromě aplikace botulotoxinu) časně aplikovat prodloužený strečink hyperaktivních svalů a dále aktivní repetitivní pohyby paretických svalů k dosažení co největšího počtu opakování. Na našem pracovišti tyto principy používáme okamžitě, jak je spasticita při opakovaném testování detekována a tento způsob terapie byl využit ve všech skupinách pacientů ve studii (IS i KS). Žádný z pacientů nebyl v období studie indikován k lokální terapii botulotoxinem.

Jelikož se výsledky studií různí, je důležité pokračovat ve studiích, které by nám pomohly identifikovat vhodné pacienty po CMP s rehabilitačním potenciálem časně po iktu. Calabro RS. et al. (2016⁸²) nabízejí k predikci potenciálu neuroplasticity a terapie Armeo ke zlepšení motorické funkce horní končetiny hodnocení kortikální excitability bilaterálních primárních motorických oblastí využitím transkraniální magnetické stimulace (TMS). Výsledky této studie jsou slibné, naše pracoviště však TMS nedisponuje.

Hlavním zjištěním ve druhé studii (Homebalance) bylo, že terapie poruch rovnováhy hodnocená BBS je na přístroji Homebalance stejně účinná jako konvenční terapie. Nejistili jsme signifikantní rozdíl mezi IS a KS ve výsledcích screeningového testu kognitivních funkcí MoCA. V testech FIM a m-RIM byly horší výsledky na konci studie v intervenční skupině. V testu mobility m-RIM to bylo zřejmě způsobeno různými vstupními výsledky obou skupin. Předpokládáme, že díky tomu, že IS měla signifikantně lepší vstupní výsledky v m-RIM ($p=0,0052$), neměla takový potenciál ke zlepšení testového skóre. Výraznější zlepšení FIM (test ADL) v kontrolní skupině by mohlo souviset opět s tím, že konvenční terapie bývá méně než VRT cílená na jednu funkci (u Homebalance na práci s těžištěm) a pracuje více se zapojením trupu do celkových posturálních reakcí a ADL. Kontrola stability a zapojení trupu do posturálních reakcí je jedním z prediktorů schopnosti provádět ADL (Hsieh CL. et al., 2002¹²³).

V literatuře týkající se poruch rovnováhy po CMP je opět více důkazů o účinnosti balanční terapie s využitím VRT přidané ke konvenční terapii než pro vyšší účinnost těchto terapií, pokud je konvenční terapie VRT nahrazena (Laver KE. et al. 2017¹³; Chen L. et al., 2016⁸³; de Rooij IJ et al., 2016⁸⁴; Hung JW et al. 2014⁸⁵; Lee SW et al., 2013⁸⁶; Mohammadi R. et al., 2019⁸⁷). Přesto existuje několik studií, u kterých nahrazení konvenční terapie VRT prokazuje na poruchy rovnováhy vyšší účinnost (Lee HY. et al., 2015⁸⁸; Llorens R. et al. 2015⁸⁹; Morone G. et al., 2014⁹⁰). V naší studii, kde jsme měly obě terapie (VRT a konvenční) časově srovnané, se neprojevil mezi terapiemi rozdíl. V žádné studii jsme nezaznamenali horší výsledky s VRT. Víme tedy, že v léčbě poruch rovnováhy po CMP je konvenční terapii možné (ne však nutné) nahradit terapií s VRT.

Důležitým faktorem v designu naší studie byl čas zahájení terapie od mozkové příhody. Na tom, že je časná rehabilitace po cévní mozkové příhodě prospěšná se odborná veřejnost většinou shoduje, pouze se nedoporučuje časná mobilizace v prvních 24 hodinách po příhodě, jelikož nezlepšuje mortalitu ani funkční výsledek a je vyšší riziko komplikací (Bernhardt J. et al., 2015¹²⁴; Bernhardt J. et al. 2019¹²⁵). Optimální čas pro zahájení rehabilitace po cévní mozkové příhodě zůstává nevyřešený, i když se objevuje stále více důkazů, že zahájení rehabilitace během prvních 2 týdnů po cévní mozkové příhodě je prospěšné (Coleman ER. et al. 2017¹²⁶). To, že může existovat jen úzké časové okno příležitosti pro reaktivní

neurobiologické zotavení a opravu naznačují i výsledky pokusů na zvířatech (Murphy TH., Corbett D., 2009⁵; Krakauer et. al., 2012¹²⁷).

V časném období po mozkové příhodě je důležité zaměřit se na trénink úpravy poškozené funkce dříve, než se objeví kompenzační strategie. Bez tréninku postižené končetiny v akutním období můžeme spontánní úpravu přehlédnout a fyziologickou funkci nahradit rozvojem kompenzační strategie, která se fixuje a následně interferuje při spontánní reparaci fyziologické funkce (Biernaskie J. et al., 2004³). Senzomotorická deprivace (jako imobilita, hypestezie) vede ke snížení neuronální excitability a útlumu synaptické plasticity (Rosenkranz K. et al. 2014⁵⁴). To vede ke zmenšení korové representace u deprivované funkce a k symptomu naučeného nepoužívání končetiny.

Důkazy pro využití VRT v časném období po CMP jsou zatím nedostatečné. V naší studii bylo limitem 30 dní po iktu do zahájení intervence, průměrný počet dní od CMP do zahájení studie byl u našich pacientů ve studii $14,79 \pm 6,88$ SD. Podle našich znalostí existuje mnoho studií s virtuální realitou a robotickou terapií u pacientů po CMP v post-akutním a chronickém období. Nás zajímala účinnost těchto terapií ve včasném stádiu, což je v literatuře poměrně vyjímečné. V meta-analýze Veerbeke JM. al. (2017⁸) je vliv RT-HK v prvních týdnech po CMP nejasný. V systematické literární revue cílené na efekt VR na rovnováhu (Chen L. et al. 2016⁸³) je VR účinná u chronických pacientů po CMP, efekt VR na trénink rovnováhy je méně jasný u akutních a subakutních pacientů. Laver KE. et al. (2017¹³) porovnal studie pacientů, kteří zahájili terapii do 6 měsíců po CMP s pacienty, kteří zahájili terapii VRT později. Zjistil významně lepší výsledky ve skupinách s VR v chronické fázi, ale ne v subakutní. Podle autorů by důvodem mohla být výraznější spontánní úzdrava v obou skupinách subakutních pacientů. Naše výsledky ukazují mírné důkazy o větší efektivitě VRT v časných stádiích rehabilitace po iktu pro motorický výkon horní končetiny. Dále naše výsledky ukazují, že pokud nahradíme v časně rehabilitaci poruch rovnováhy pacientů po iktu konvenční terapii VRT, získáme srovnatelné výsledky.

Vzhledem k tomu, že vysoké procento pacientů po CMP je staršího věku, zajímala nás účinnost VRT a RT u pacientů nad 65 let v porovnání s mladšími. Studii dokončilo celkem 100 dospělých pacientů průměrného věku 67,55 let ($\pm 11,22$ SD). 64 účastníků studie bylo starších 65 let. V žádném z provedených testů v IS nebo v KS obou studií jsme nenašli signifikantní rozdíl mezi mladšími a staršími pacienty (v Homebalance studii s limitovanou

významností, vzhledem k malému počtu pacientů pod 65 let). Starší účastníci studie Armeo se zlepšili signifikantně více v FMA-UE v porovnání s kontrolní skupinou, stejně jako mladší účastníci. Existuje literatura, která zkoumá použití VRT ve stáří, ale dle našich zjištění je jen několik dostupných studií, které porovnávají starší ročníky s mladšími. U starších pacientů jsou používány například aplikace podporující fyzickou aktivitu, interaktivní tréninkové videohry, balanční plošiny nebo robotičtí asistenti. VR je úspěšně používána seniory k tréninku rovnováhy⁹¹⁻⁹⁵, svalové síly dolních končetin (Ozaki K. et al., 2017⁹¹) a ke snižování rizika pádu (Kamińska MS et al., 2017⁹²; Bieryla KA., Dold NM., 2013⁹³). Systematická revue zaměřená na aktivní videohry s rehabilitačními účinky u starších pacientů (Zeng N et al., 2017⁹⁴) udává pozitivní efekt na rovnováhu, fyzickou kondici a větší míru motivace, avšak dostupná evidence není dostatečná k tomu, aby prokázala výhodu VRT nad konvenční terapií.

V dotazníku vytvořeném pro tuto studii jsme sledovali přijetí terapie těmito moderními technologiemi staršími pacienty (≥ 65 let). K hodnocení jsme použili ad hoc vytvořený dotazník na základě psychometrické Likertovy škály, která je nejpoužívanějším přístupem k škálování odpovědí v dotazníkovém průzkumu (Norman G., 2010¹²⁸). Při reakci na položky v dotazníku respondenti specifikují svou úroveň souhlasu nebo nesouhlasu na symetrické stupnici pro řadu prohlášení. Rozsah tedy zachycuje intenzitu jejich pocitů pro danou položku. Hodnotu přiřazenou každé položce určuje výzkumný pracovník navrhující průzkum, který se rozhodne na základě požadované úrovně podrobnosti. Užitečnost přiřazení čísel nebo skórovacích systémů k ordinálním datům a následné použití statistik založených na intervencích je opakovaně ověřena. Ukazuje se, že v lineárním bodovacím systému vzniká jen malé množství chyb (Labovitz S., 1967¹²⁹). Vybrali jsme otázky, které se vztahují ke způsobu přijetí moderních technologií i obav z jejich použití. Výsledky ukázaly, že starší pacienti přijímají VRT technologie spíše pozitivně, podobně jako mladší pacienti. Devadesát devíti procentům (respektive 85,7 % u 65+) pacientů se terapie s Armeo nebo Homebalance technologií líbila. Vnímali tento způsob terapie jako příjemnou změnu a doporučili by ji svým vrstevníkům. U pacientů nad 65 let byla lehce větší obava pracovat s VRT před zahájením terapie (47,36 % pacientů nad 65 let se před zahájením terapie těchto nových technologií neobávalo, u mladších 66,6 %). V obou věkových kategoriích u Armeo skupiny byla však jen polovina pacientů (50 %), kteří by dali přednost těmto VRT před konvenční terapií. Ve skupinách Homebalance by dokonce jen 30 % pacientů preferovalo VRT terapii nad

konvenční. Domníváme se, že pacienti často preferují terapii s terapeutem z důvodu osobního kontaktu a také mají rádi pasivnější terapie, kdy se musí více snažit terapeut než pacient. Důležité je i vytvoření terapeutického vztahu mezi terapeutem a pacientem. Ve studii Syed-Abdul S. et al. (2019⁹⁵), která sledovala zkušenost starších pacientů s používáním VRT senioři vnímali VR jako užitečnou a radostnou zkušenost. Laver K. et al. (2012⁹⁶) oceňovali vysokou míru výdrže a věrnosti starších pacientů k této terapii, Zeng N. et al. (2017⁹⁴) zjistili mnohem větší úroveň motivace u této terapie vydržet než u konvenční terapie. Tyto závěry se neliší od výsledků naší studie, kde jsme navíc zjistili, že se pozitivní vnímání těchto technologií neliší od přístupu mladších pacientů.

Limity naší studie jsou zejména omezení na jedno klinické pracoviště, dále poměrně malý počet účastníků, a to zejména pro analýzu věkových podskupin. Ve studii Homebalance byly naše vzorky porovnatelné před zahájením intervence v Bergově škále rovnováhy, kterou jsme si zvolili jako primární výstup, ale byl výrazný rozdíl mezi IS a KS v testech zaměřených na celkovou mobilitu a ADL, což mohlo lehce ovlivnit naše výsledky (FIM, m-RIM). Stále tak trvá potřeba pokračovat v dalších studiích zaměřených na využití nových technologií v časně rehabilitaci po iktu u větších vzorků populace. Vhodné bude se do budoucnosti zaměřit i na intenzitu a délku terapeutické intervence.

7. Závěry a zhodnocení cílů a hypotéz práce

Naší **první hypotézou** bylo, že pacienti ve skupině používající Armeo Spring přístroj k terapii centrální parézy horní končetiny místo konvenční terapie budou mít po sérii terapií výraznější průměrné zlepšení ve Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny než skupina jen s konvenční terapií. Tato hypotéza byla potvrzena.

Sekundární výstupy (v testech MoCA, FIM, RIM) neprokázaly rozdíl mezi IS a KS, potvrdil se předpoklad srovnatelného průměrného zlepšení. Výraznější průměrné zlepšení ve Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny se bohužel nepřeneslo do výraznějšího průměrného zlepšení ve FIM, tedy do ADL.

Naší **druhou hypotézou** bylo, že pacienti ve skupině používající Homebalance Systém k terapii rovnováhy budou mít po sérii terapií výraznější průměrné zlepšení v Bergově škále rovnováhy než skupina jen s konvenční terapií. Tato hypotéza se nepotvrdila, IS a KS měli srovnatelné výsledky, tedy terapie na přístroji Homebalance byla stejně účinná jako konvenční terapie.

Potvrdil se předpoklad srovnatelného průměrného zlepšení pro IS a KS v testu kognitivních funkcí MoCA. Nepotvrdil se předpoklad lepších nebo srovnatelných výsledků v IS v testech FIM a m-RIM na konci studie. U obou těchto testů bylo lepší průměrné zlepšení v KS. Domníváme se, že to bylo způsobeno různou vstupní úrovní v těchto testech u IS a KS a také komplexnějším působením konvenční terapie na posturální funkce, které se přeneslo do většího průměrného zlepšení ve FIM.

Naší **třetí hypotézou** bylo, že pacienti nad 65 let ve skupině s VRT (Armeo, Homebalance) budou mít po sérii terapií stejné průměrné zlepšení ve sledovaných testech jako mladší pacienti. Tato hypotéza byla potvrzena.

Naší **čtvrtou hypotézou** bylo, že přijímání nových technologií v terapii u pacientů starších než 65 let bude horší než u mladších pacientů. Tato hypotéza se nepotvrdila. Dle subjektivního hodnocení pacientů, zpracovaného pomocí dotazníku s Likertovou škálou, hypotéza o horším přijetí VRT seniory (proti mladším pacientům) může být zamítnuta.

Celkově tedy můžeme shrnout, že terapie využívající virtuální realitu s vizuální zpětnou vazbou mají v post-akutní rehabilitaci pacientů po iktu zahájené do 30 dnů od příhody srovnatelně dobré výsledky jako konvenční terapie. Přístroj Armeo Spring má pozitivní vliv na motorický výkon horní končetiny. Pacienti starší než 65 let nemají při této terapii horší výsledky a jejich přijetí VRT technologií je stejně pozitivní, jako u mladších pacientů. VRT technologie mohou být slibnou alternativou ke konvenční terapii u starších pacientů po cévní mozkové příhodě.

8. Souhrn

Smyslem disertační práce je zhodnotit účinnost dvou terapií s využitím virtuální reality (VRT) s vizuální zpětnou vazbou, Armeo Spring® exoskeletonu pro horní končetinu (Armeo) a Homebalance® interaktivního systému (Homebalance) v časně rehabilitaci po cévní mozkové příhodě (CMP) se zaměřením na seniory.

Účastníci randomizované studie do 30 dnů po CMP s parézou horní končetiny (studie Armeo) nebo s poruchou rovnováhy (studie Homebalance) byly zařazeni buď do intervenční skupiny IS (Armeo IS n=25; průměrný věk 66.5 let a Homebalance IS n=25; průměrný věk 69.6 let) provádějící VRT místo konvenční fyzioterapie nebo do kontrolní skupiny KS (Armeo KS, n=25, průměrný věk 68.1 let a Homebalance KS, n=25, průměrný věk 65.9 let), která měla jen konvenční fyzioterapii. Před a po třítydenní terapii s 12 terapeutickými hodinami bylo provedeno hodnocení Montrealským kognitivním testem (MoCA), testem Funkční míra nezávislosti (FIM), Fugl-Meyerovým hodnocením motorického výkonu horní končetiny (FMA-UE), Modifikovaným Rivermeadským indexem mobility (m-RIM) a Bergovou škálou rovnováhy (BBS). Porovnali jsme výsledky účastníků ve věku <65 a ≥65 let. Přijetí obou VRT technologií bylo sledováno sebehodnotícím dotazníkem.

Ve studii Armeo se zlepšila signifikantně funkce paretické horní končetiny v obou skupinách (IS i KS), zlepšení ve FMA-UE bylo signifikantně větší v Armeo IS v porovnání s Armeo KS ($p=0.02$) a pacienti ≥ 65 let předvedli v porovnání s mladšími stejný rozsah zlepšení ve funkci paretické končetiny. Ve studii Homebalance se obě skupiny (IS i KS) signifikantně zlepšily v BBS a starší účastníci neměli horší výsledky než mladší. Přijímání nových technologií staršími pacienty bylo celkově dobré, i přes horší očekávání a větší nároky na soustředění.

Terapie využívající virtuální realitu s vizuální zpětnou vazbou mají v post-akutní rehabilitaci pacientů po iktu zahájené do 30 dnů od příhody srovnatelně dobré výsledky jako konvenční terapie. Přístroj Armeo Spring má pozitivní vliv na motorický výkon horní končetiny. Pacienti starší než 65 let nemají při této terapii horší výsledky a jejich přijetí VRT technologií je stejně pozitivní, jako u mladších pacientů. VRT technologie mohou být slibnou alternativou ke konvenční terapii u starších pacientů po cévní mozkové příhodě.

Summary:

The purpose of this dissertation is to evaluate the effectiveness of two virtual reality therapies (VRT) with visual biofeedback, Armeo Spring® upper limb exoskeleton (Armeo) and Homebalance® interactive system (Homebalance), in early post-stroke rehabilitation with focus on the elderly.

Using a randomized controlled study design, participants within 30 days after stroke with arm paresis (Armeo study) or with balance problem (Homebalance study) were assigned either to the respective intervention group (Armeo IG n=25; mean age 66.5 years, and Homebalance IG n=25; mean age 69.6 years) performing VRT instead of conventional physiotherapy or to the control group (Armeo CG, n=25, mean age 68.1 years, and Homebalance CG, n=25, mean age 65.9 years) having conventional physiotherapy only. Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Functional Independence Measure (FIM), Fugl Mayer Assessment–Upper Extremity Scale (FMA-UE), Modified Rivermead Mobility Index (m-RIM) and Berg Balance Scale (BBS) were performed before and after the 3-week therapy with 12 therapeutic sessions. Results of participants <65 and ≥65 years old were compared. Acceptance of both VRTs was evaluated by self-rated questionnaire.

In the Armeo study, paretic upper arm function improved significantly in both IG and CG groups, the improvement in FMA-UE was significantly higher in Armeo IG as compared to CG ($p=0.02$) and patients ≥ 65 years old presented equal magnitude of improvement in paretic arm function compared to younger patients. In the Homebalance study both IG and CG improved significantly in BBS, older participants didn't have worst results than younger ones. The acceptance of the new virtual reality therapies by older people was generally good despite lower expectations and higher demands on concentration.

Therapies using virtual reality with visual biofeedback have similarly good results as the conventional therapy in post-stroke patients when starting not more than 30 days after stroke onset. The Armeo Spring device has a good influence on upper extremity motor performance. Patients ≥ 65 years old do not have worse outcomes, and they accept these therapies well, as the younger ones. VRT's may be a promising alternative to conventional physiotherapy in older stroke patients.

9. Seznam použité literatury

1. Winters C, van Wegen EE, Daffertshofer A, Generalizability of the Proportional Recovery Model for the Upper Extremity After an Ischemic Stroke, *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Aug;29(7):614-22. doi: 10.1177/1545968314562115. Epub 2014 Dec 11
2. Zarahn E, Alon L, Ryan SL, et al. Prediction of motor recovery using initial impairment and fMRI 48 h poststroke. *Cereb Cortex*. 2011;21(12):2712-21
3. Biernaskie J, Chernenko G, Corbett D, Efficacy of Rehabilitative Experience Declines with Time after Focal Ischemic Brain Injury, *Journal of Neuroscience*, 2004, 24 (5) 1245-1254
4. Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. *Stroke*, 2004, 35:2529–2539
5. Murphy TH, Corbett D, Plasticity during stroke recovery: from synapse to behavior. *Nat Rev Neurosci* 2009, 10:861–872
6. Kitago T, Krakauer JW, Motor learning principles for neurorehabilitation, *Handbook of Clinical Neurology*, Chapter 8, Elsevier, Volume 110, 2013, Pages 93-103, ISSN 0072-9752, ISBN 9780444529015
7. Bertani R, Melegari C, De Cola MC, Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis, *Neurol Sci*. 2017 Sep;38(9):1561-1569
8. Veerbeek JM, Langbroek-Amersfoort AC, van Wegen EE, Effects of Robot-Assisted Therapy for the Upper Limb After Stroke, *Neurorehabil Neural Repair*. 2017 Feb;31(2):107-121 – A systematic Review and meta-analysis
9. Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Fung J, Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: systematic review and meta-analysis of the literature, *J Rehabil Res Dev*. 2012;49(4):479-96.
10. Masiero S, Celia A, Rosati G. et al. Robotic-Assisted Rehabilitation of the Upper Limb After Acute Stroke, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2007, Volume 88, Issue 2, 142 – 149
11. Armeo Spring Hocoma, dostupné z <https://www.hocoma.com/solutions/arneo-spring/>, [cit.2021-02-25]
12. Gijbels D, Lamers, I, Kerkhofs L, et al. The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot study. *J NeuroEngineering Rehabil* 2011: 8, 5.

13. Laver KE., Lange B., George S., et al., Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 11. Art. No.: CD008349.
14. Homebalance® interactive system, dostupné z <https://www.homebalance.cz/en.html>, [cit.2021-02-25]
15. Srivastava A, Taly AB, Gupta A, et al. Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique. *J Neurol Sci* 2009; 287(1-2):89-93.
16. Chong J, Sacco R. Risk factors for stroke, assessing risk, and the mass and high-risk approaches for stroke prevention. In: Gorelick PB, editor. *Continuum: Stroke Prevention*. Hagerstown, Maryland: Lippincott Williams and Wilkins; 2005. pp. 18–34
17. Ovbiagele B, Nguyen-Huynh MN. Stroke epidemiology: advancing our understanding of disease mechanism and therapy. *Neurotherapeutics*. 2011;8(3):319–329.
18. Thrift AG, Thayabaranathan T, Howard G et al., Global stroke statistics, *Int J Stroke*. 2017 Jan;12(1):13-32. doi: 10.1177/1747493016676285. Epub 2016 Oct 28
19. Zdravotnická ročenka ČR 2018, ÚZIS ČR 2019, www.uzis.cz, ISSN 1210-9991
20. Bruthans J., Analýza epidemiologických dat týkajících se morbidity a mortality spojené s CMP pomáhá hodnotit vliv prevence a léčby a určit postupy vedoucí ke zlepšení prognózy CMP v populaci, *CMP jour.*, 2, 2019, č.1, s.5
21. Lin MP., Time matters greatly in acute stroke care. *Neurol Neurochir Pol.*2020;54(2):104-105.
22. Nowak K, Derbisz J, Jagieła J, et al. Time from stroke onset to groin puncture affects rate of recanalisation after mechanical thrombectomy: a real-life single centre experience. *Neurol Neurochir Pol.* 2020;54(2):156-160.
23. Rudd M, Buck D, Ford GA, et al., A systematic review of stroke recognition instruments in hospital and prehospital settings. *Emerg Med J.* 2016 Nov;33(11):818-822. doi: 10.1136/emered-2015-205197. Epub 2015 Nov 16. PMID: 26574548.
24. Zhelev Z, Walker G, Henschke N, et al., Prehospital stroke scales as screening tools for early identification of stroke and transient ischemic attack. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019 Apr 9;4(4):CD011427. doi: 10.1002/14651858.CD011427.pub2.
25. Václavík D, Bar M, Klečka L, et al., Prehospital stroke scale (FAST PLUS Test) predicts patients with intracranial large vessel occlusion. *Brain Behav.* 2018 Sep;8(9):e01087. doi: 10.1002/brb3.1087. Epub 2018 Aug 7
26. Dufek M., Cerebrovaskulární onemocnění ve stáří, *Neurologie pro praxi* 2003/1, str.14-20

27. Manning NW, Campbell BC, Oxley TJ, et al. Acute ischemic stroke: time, penumbra, and reperfusion. *Stroke* 2014; 45: 640–644.
28. Saver JL. Time is brain - quantified. *Stroke* 2006; 37: 263–266.
29. Ruscher K, Isaev N, Trendelenburg G et al., Induction of hypoxia inducible factor 1 by oxygen glucose deprivation is attenuated by hypoxic preconditioning in rat cultured neurons. *Neurosci Lett*. 1998 Sep 25;254(2):117-20.
30. Gauberti M, De Lizarrondo SM, Vivien D., The "inflammatory penumbra" in ischemic stroke: From clinical data to experimental evidence. *Eur Stroke J*. 2016 Mar;1(1):20-27.
31. Rey F, Balsari A, Giallongo T et al., Erythropoietin as a Neuroprotective Molecule: An Overview of Its Therapeutic Potential in Neurodegenerative Diseases. *ASN Neuro*. 2019 Jan-Dec;11:1759091419871420.
32. Maresova D, Kozler P, Miletínová E, Zima T, Pokorný J. Locomotion in young rats with induced brain cellular edema – effects of recombinant human erythropoietin. *Neuro Endocrinol Lett*. 2018 Oct;39(4):310-314. PMID: 30531705.
33. Tsai TH, Lu CH, Wallace CG, Chang WN, Chen SF, Huang CR, Tsai NW, Lan MY, Sung PH, Liu CF, Yip HK. Erythropoietin improves long-term neurological outcome in acute ischemic stroke patients: a randomized, prospective, placebo-controlled clinical trial. *Crit Care*. 2015 Feb 25;19(1):49. doi: 10.1186/s13054-015-0761-8.
34. Mumenthaler M., Mattle H., *Neurologie*, Grada Publishing, 2001, ISBN 80-7169-545-9
35. *Věstník MZ ČR* 2010/2, <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-2-2010/>
36. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association [Article]. *Stroke*. 2018;49(3):e46-e110.
37. Škoda O, Herzig R, Mikulík R, et al. Klinický standard pro diagnostiku a léčbu pacientů s ischemickou cévní mozkovou příhodou a s tranzitorní ischemickou atakou – verze 2016 [Clinical Guideline for the Diagnostics and Treatment of Patients with Ischemic Stroke and Transitory Ischemic Attack – Version 2016]. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2016;79(3):351-363.
38. Hamann GF, Müller R, Alber B, et al. Treatment in acute stroke - Stroke unit is mandatory [Review], *Neurology Psychiatry and Brain Research*. 2016;22(2):105-109.
39. Miller EL, Murray L, Richards L, et al., American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing and the Stroke Council. Comprehensive overview of nursing and

- interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient: a scientific statement from the American Heart Association. *Stroke*. 2010 Oct;41(10):2402-48.
40. Winstein CJ., Stein J., Arena R. et al, Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery, *Stroke* Volume 47, Issue 6, June 2016, Pages e98-e169
41. Kolář, P. et al., *Rehabilitace v klinické praxi* (1. vydání). Praha 2009: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1
42. Gulyaeva NV, *Molecular Mechanisms of Neuroplasticity: An Expanding Universe*, *Biochemistry (Mosc)*. 2017 Mar; 82(3):237-242
43. Ardiel E.L., Rankin C.H., *An elegant mind: Learning and Memory* 2010, 17: 191-201
44. Kolb B, Gibb R, *Searching for the principles of brain plasticity and behavior*, *Cortex*, Volume 58, September 2014, Pages 251-260
45. Kaas JH, *Neural Plasticity*, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, 26v, 2001, pp. 10542-10546
46. Richards S, Mychasiuk R, Kolb B et al., *Tactile stimulation during development alters behaviour and neuroanatomical organization of normal rats*, *Behaviour Brain Research* 231 (2012), pp. 86-91
47. Kolb B, Gibb R, *Tactile stimulation facilitates functional recovery and dendritic change after neonatal medial frontal or posterior parietal lesions in rats*, *Behavioural Brain Research* 214 (2010), pp.115-120
48. Li S, *Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke*. *Front Neurol*. 2017; 8:120. Published 2017 Apr 3. doi:10.3389/fneur.2017.00120
49. Shmuelof L, Krakauer JW, Mazzoni P, *How is a motor skill learned? Change and invariance at the levels of task success and trajectory control*. *J Neurophysiol*. 2012 Jul; 108(2):578-94
50. Herszage J, Censor N, *Modulation of Learning and Memory: A Shared Framework for Interference and Generalization*, *Neuroscience* 392 (2018) 270–280
51. Krakauer JW, Mazzoni P, Ghazizadeh A. et al., *Generalization of motor learning depends on the history of prior action*, *PLoS Biol*. 2006 Oct;4(10):e316
52. Winters C, van Wegen EE, Daffertshofer A, *Generalizability of the Proportional Recovery Model for the Upper Extremity After an Ischemic Stroke*, *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Aug;29(7):614-22. doi: 10.1177/1545968314562115. Epub 2014 Dec 11.
53. Zarahn E, Alon L, Ryan SL, et al. *Prediction of motor recovery using initial impairment and fMRI 48 h poststroke*. *Cereb Cortex*. 2011;21(12):2712-21.

54. Rosenkranz K, Seibel J, Kacar A, Rothwell J. Sensorimotor deprivation induces interdependent changes in excitability and plasticity of the human hand motor cortex. *J Neurosci.* 2014;34(21):7375-7382.
55. Wang H, Camicia M, Terdiman J, Mannava MK, Sidney S, Sandel ME. Daily treatment time and functional gains of stroke patients during inpatient rehabilitation. *PM R.* 2013 Feb;5(2):122-8.
56. Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, Moja L, Gatti R. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015, Issue 10. Art. No.: CD004433
57. Ptáček R, Novotný M, *Biofeedback v teorii a praxi*, Grada 2017, ISBN 978-80-271-9862-7
58. Giggins OM, McCarthy Persson U, Caufield B, *Biofeedback in rehabilitation*, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 10:60
59. Goessl VC, Curtiss JE, Hofmann SG, The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis, *Psychol Med.* 2017 Nov;47(15):2578-2586
60. Palomba D, Ghisi M, Scozzari S, *Biofeedback-assisted cardiovascular control in hypertensives exposed to emotional stress: a pilot study*, *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2011 Sep;36(3):185-92
61. Hassett AL, Radvanski DC, Vaschillo EG, *A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia.* *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2007 Mar;32(1):1-10
62. Kapitza KP, Passie T, Bernateck M, *First non-contingent respiratory biofeedback placebo versus contingent biofeedback in patients with chronic low back pain: a randomized, controlled, double-blind trial*, *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2010 Sep;35(3):207-17
63. Lehrer PM, Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Front Psychol.* 2014;5:756. Published 2014 Jul 21. doi:10.3389/fpsyg.2014.00756
64. Akkaya N, Ardic F, Ozgen M, *Efficacy of electromyographic biofeedback and electrical stimulation following arthroscopic partial meniscectomy: a randomized controlled trial*, *Clin Rehabil.* 2012 Mar;26(3):224-36
65. Woodford H, Price C, *EMG biofeedback for the recovery of motor function after stroke*, *Cochrane Database Syst Rev.* 2007 Apr 18;(2):CD004585
66. Sládková P, Oborná P, Bodlák I et al., *Aplikace akcelerometru v rehabilitaci pacientů po poškození mozku*, *Rehabil. fyz. Lék.*, 20, 2013, No. 3, pp. 142-145.

67. Janatová M, Tichá M, Melecký R et al., Pilotní studie využití tenzometrické plošiny v domácí terapii poruch rovnováhy. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2016, roč. 79, č. 5, s. 591-594. ISSN 1210-7859.
68. Janatová M, Tichá M, Gerlichová M et al., Terapie poruch rovnováhy u pacientky po cévní mozkové příhodě s využitím vizuální zpětné vazby a stabilometrické plošiny v domácím prostředí. *Rehabilitácia*. 2015, roč. 52, č. 3, s. 140-146. DOI: ISSN 0375-0922.
69. Afzal MR, Oh MK, Choi HY, Yoon J. A novel balance training system using multimodal biofeedback. *Biomed Eng Online*. 2016;15:42. Published 2016 Apr 22. doi:10.1186/s12938-016-0160-7
70. Schenck C, Kesar TM. Effects of unilateral real-time biofeedback on propulsive forces during gait. *J Neuroeng Rehabil*. 2017;14(1):52. Published 2017 Jun 6. doi:10.1186/s12984-017-0252-z
71. Stanney K, Salvendy G, Deisinger J et al., Aftereffects and sense of presence in virtual environments: formulation of a research and development agenda. *Int J Hum Comput Interact*. 1998;10(2):135-87.
72. Keshner E, Virtual reality and physical rehabilitation: A new toy or a new research and rehabilitation tool?, *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2005; 1. 8. 10.1186/1743-0003-1-8.
73. Wagner TH, Lo AC, Peduzzi P et al., An economic analysis of robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *Stroke*. 2011 Sep;42(9):2630-2
74. Amadeo®, Pablo®, Diego®, Myro®, Tymo®, dostupné na <https://tyromotion.com/en/product-overview/>, [cit.2021-01-15]
75. Thera trainer mobi, Thera Trainer balo, dostupné na <https://thera-trainer.com/>, [cit.2021-01-15]
76. Rehawalk®, dostupné na <https://www.stargen-eu.cz/rehabilitace/nacvik-chuze/>, [cit.2021-01-15]
77. Taveggia G, Borboni A, Salvi L at al., Efficacy of robot-assisted rehabilitation for the functional recovery of the upper limb in post-stroke patients: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016 Dec;52(6):767-773. Epub 2016 Jul 13.
78. Colomer C, Baldovi A, Torrome S et al, Efficacy of Armeo® Spring during the chronic phase of stroke. Study in mild to moderate cases of hemiparesis, *Neurologia*. 2013 Jun;28(5):261-7.

79. Bartolo M, De Nunzio AM, Sebastiano F et al, Arm weight support training improves functional motor outcome and movement smoothness after stroke, *Funct Neurol*. 2014 Mar 5:1-7
80. Rodgers H, Bosomworth H, Krebs IH et al, Robot assisted training for the upper limb after stroke (RATULS): a multicentre randomised controlled trial, *Lancet* 2019; 394: 51–62
81. Gueye T, Dedkova M, Rogalewicz V et al., Early post-stroke rehabilitation for upper limb motor function using virtual reality and exoskeleton: equally efficient in older patients. *Neurol Neurochir Pol*. 2020 Dec 14.
82. Calabrò RS, Russo M, Naro A et al, Who May Benefit From Armeo Power Treatment? A Neurophysiological Approach to Predict Neurorehabilitation Outcomes, *PM R*. 2016, Oct;8(10):971-978
83. Chen L, Lo WL, Mao YR, et al. Effect of Virtual Reality on Postural and Balance Control in Patients with Stroke: A Systematic Literature Review. *Biomed Res Int*. 2016; 2016:7309272.
84. de Rooij IJ, van de Port IG, Meijer JG, Effect of Virtual Reality Training on Balance and Gait Ability in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis, *Phys Ther*. 2016 Dec;96(12):1905-1918. Epub 2016 May 12.
85. Hung JW, Chou CX, Hsieh YW et al, Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2014;95(9):1629-37
86. Lee SW, Shin DC, Song CH., The effects of visual feedback training on sitting balance ability and visual perception of patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science* 2013;25(5):635-9
87. Mohammadi R, Semnani AV, Mirmohammadkhani M et al., Effects of Virtual Reality Compared to Conventional Therapy on Balance Poststroke: A Systematic Review and Meta-Analysis, *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2019 Jul;28(7):1787-1798
88. Lee HY, Kim YL, Lee SM, Effects of virtual reality based training and task oriented training on balance performance in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* 2015;27(6):1883-8.
89. Llorens R, Gil-Gomez JA, Alcaniz M et al, Improvement in balance using a virtual-reality based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke. *Clinical Rehabilitation* 2015;29(3):261-8.

90. Morone G, Tramontano M, Iosa M et al, The efficacy of balance training with videogame-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed Research International* 2014
91. Ozaki K, Kondo I, Hirano S et al, Training with a balance exercise assist robot is more effective than conventional training for frail older adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2017 Nov;17(11):1982-1990.
92. Kamińska MS, Miller A, Rotter I et al, The effectiveness of virtual reality training in reducing the risk of falls among elderly people. *Clin Interv Aging*. 2018;13:2329–2338.
93. Bieryla KA, Dold NM, Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clin Interv Aging*. 2013;8:775–781.
94. Zeng N, Pope Z, Lee JE et al, A systematic review of active video games on rehabilitative outcomes among older patients [published correction appears in *J Sport Health Sci*. 2017 Jun;6(2):251]. *J Sport Health Sci*. 2017;6(1):33–43.
95. Syed-Abdul S, Malwade S, Nursetyo A.A. et al, Virtual reality among the elderly: a usefulness and acceptance study from Taiwan. *BMC Geriatr* 19, 223 (2019).
96. Laver K, George S, Ratcliffe J et al, Use of an interactive video gaming program compared with conventional physiotherapy for hospitalised older adults: a feasibility trial. *Disabil Rehabil*. 2012;34(21):1802–1808.
97. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1975;7(1):13-31.
98. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2002 Sep;16(3):232-40.
99. Thompson-Butel AG, Lin G, Shiner CT, et al., Comparison of three tools to measure improvements in upper-limb function with poststroke therapy. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 May;29(4):341-8.
100. MoCA test. Available from <https://www.mocatest.org/> Accessed February 25, 2020.
101. Dong Y, Lee W, Basri N, et al. The Montreal Cognitive Assessment is superior to the Mini-Mental State Examination in detecting patients at higher risk of dementia. *International Psychogeriatrics* 2012, 24(11), 1749-1755.
102. Ottenbacher KJ, Hsu Y, Granger CV, et al. The reliability of the Functional Independence Measure: a quantitative review. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77:1226-32.

103. Choo SX, Stratford P, Richardson J, et al. Comparison of the sensitivity to change of the Functional Independence Measure with the Assessment of Motor and Process Skills within different rehabilitation populations, *Disability and Rehabilitation* 2018; 40:26, 3177-3184
104. Collen FM, Wade DT, Robb GF, et al. The rivermead mobility index: A further development of the rivermead motor assessment. *Int.Disabil. Stud.* 1991; 13:50-54.
105. Park GT, Kim M. Correlation between mobility assessed by the Modified Rivermead Mobility Index and physical function in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(8):2389–2392.
106. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, et al. Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Can. J. Pub. Health*, July/August supplement 2: S7-11, 1992.
107. Jeon YJ, Kim GM. Comparison of the Berg Balance Scale and Fullerton Advanced Balance Scale to predict falls in community-dwelling adults. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):232–234.
108. Chen P, Hreha K, Fortis P, et al, Functional assessment of spatial neglect: a review of the Catherine Bergego scale and an introduction of the Kessler foundation neglect assessment process. *Top Stroke Rehabil.* 2012 Sep-Oct;19(5):423-35
109. Pollock A., Baer G., Campbell P. et al., Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014 Apr 22;2014(4):CD001920.
110. Runde D, Calculated Decisions: NIH stroke scale/score (NIHSS). *Emerg Med Pract.* 2020 Jul 15;22(7):CD6-CD7. PMID: 33112580.
111. Angerova Y, Marsalek P, Chmelova I, et al., Cost and cost-effectiveness of early inpatient rehabilitation after stroke varies with initial disability, *International Journal of Rehabilitation Research*: September 24, 2020, 43(4):376-382
112. Parton A, Malhotra P, Husain M, Hemispatial neglect, *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2004;**75**:13-21.
113. Di Monaco M, Schintu S, Dotta M, et al., Severity of unilateral spatial neglect is an independent predictor of functional outcome after acute inpatient rehabilitation in individuals with right hemispheric stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2011, 92(8), 1250–1256.
114. Iwamoto Y, Imura T, Suzukawa T et al., Combination of Exoskeletal Upper Limb Robot and Occupational Therapy Improve Activities of Daily Living Function in Acute Stroke Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019 Jul;28(7):2018-2025

115. Gueye T., Dedkova M., Outcome of the Armeo Therapy with the Patients Developing Spastic Paresis of the Upper Limb, IV. Kladruby Symposium on Interdisciplinary Neurorehabilitation, book of abstracts, 2017, ISBN: 978-80-270-2951-8
116. Katoozian L., Tahan N., Zoghi M. et al., The Onset and Frequency of Spasticity After First Ever Stroke. *J Natl Med Assoc.* 2018 Dec;110(6):547-552.
117. Schinwelski MJ, Sitek EJ, Wąż P, et al., Prevalence and predictors of post-stroke spasticity and its impact on daily living and quality of life. *Neurol Neurochir Pol.* 2019;53(6):449-457.
118. Wissel J, Ward AB, Erztgaard P et al. European consensus table on the use of botulinum toxin type a in adult spasticity. *J Rehabil Med* 2009; 41: 13–25
119. Lopez de Munain L., Juan-Garcia FJ., Duarte E. et al., Early pharmacologic treatment with botulinum toxin A in post-stroke spasticity: consensus evidence-based recommendations, *Rev Neurol.* 2016 Oct 16;63(8):363-369
120. Gracies JM, Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve.* 2005 May;31(5):535-51.
121. Gracies JM, Bayle N, Vinti M, et al., Five-step clinical assessment in spastic paresis. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010 Sep;46(3):411-21. PMID: 20927007.
122. Gracies, JM, Pathophysiology of Impairment in Patients with Spasticity and Use of Stretch as a Treatment of Spastic Hypertonia. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America.* 2001, 12(4): 747-68
123. Hsieh CL, Sheu CF, Hsueh IP et al., Trunk control as an early predictor of comprehensive activities of daily living function in stroke patients. *Stroke.* 2002 Nov;33(11):2626-30.
124. Bernhardt J., Langhorne P., Lindley RI. et al., Efficacy and safety of very early mobilisation within 24 h of stroke onset (AVERT): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2015b; 386:46–55
125. Bernhardt J., Collier JM., Bate PJ. et al., Very early versus delayed mobilization after stroke systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2019; 50:E178–E179
126. Coleman ER., Moudgal R., Lang K. et al., Early rehabilitation after stroke: a narrative review. *Curr Atheroscler Rep.* 2017; 19:59.
127. Krakauer JW., Carmichael ST., Corbett D. et al., Getting neurorehabilitation right: what can be learned from animal models? *Neurorehabil Neural Repair.* 2012; 26:923–931

128. Norman G., Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. *Adv in Health Sci Educ* 15, 625–632 (2010)

129. Labovitz S., Some Observations on Measurement and Statistics, *Social Forces*, Volume 46, Issue 2, December 1967, Pages 151–160

Příloha č.2 FIM

Hodnocení Funkční míry nezávislosti (FIM)

V tomto testu je maximální počet bodů 7, minimální 1 bod:

7 - Nezávislost (bezpečně vykonané všechny úkoly)

6 - Modifikovaná nezávislost (vykonané činnosti s kompenzační pomůckou, pomocí druhé osoby, s výrazně pomalejším tempem nebo provedení není bezpečné) asistenční zařízení nebo pomoc, aktivita zabere více času, než je rozumný časový rámec nebo aktivita představuje bezpečnostní (rizikové) zřetele, za které pacient přijímá zodpovědnost.

5 - Supervize (asistence bez fyzického kontaktu, pomocník připraví potřebné věci nebo aplikuje ortézy kompenzační pomůcky).

4 - Minimální asistence (pacient nevyžaduje více pomoci, než dotýkání (minimální fyzický kontakt – a vykoná aktivitu na 75 % nebo více úsilí)

3 - Mírná asistence (pacient vyžaduje v pomoci větší fyzický kontakt aktivitu na 50 % až 74% úsilí)

2 - Maximální závislost (pacient vykoná aktivitu na 25 % až 49% úsilí)

1 - Úplná závislost (pacient vykoná aktivitu méně než 25 % úsilí, vyžaduje asistenci od dvou pomocníků, nebo danou činnost nevykoná)

Fyzické položky: 7-91 bodů celkem

Příjem jídla:

Osobní hygiena:

Koupání:

Oblékání – horní pol. těla:

Oblékání – dolní pol. těla:

Použití WC:

Kontrola sfinkterů

Kontrola močení:

Kontrola vyprazdňování:

Přesuny

Postel, židle, vozík:

Toaleta:

Vana, sprchový kout:

Lokomoce

Chůze/jízda na vozíku:

Schody:

Psychosociální položky: 5-35 bodů celkem

Komunikace

Rozumění:

Expres:

Sociální schopnosti

Sociální interakce:

Řešení problémů:

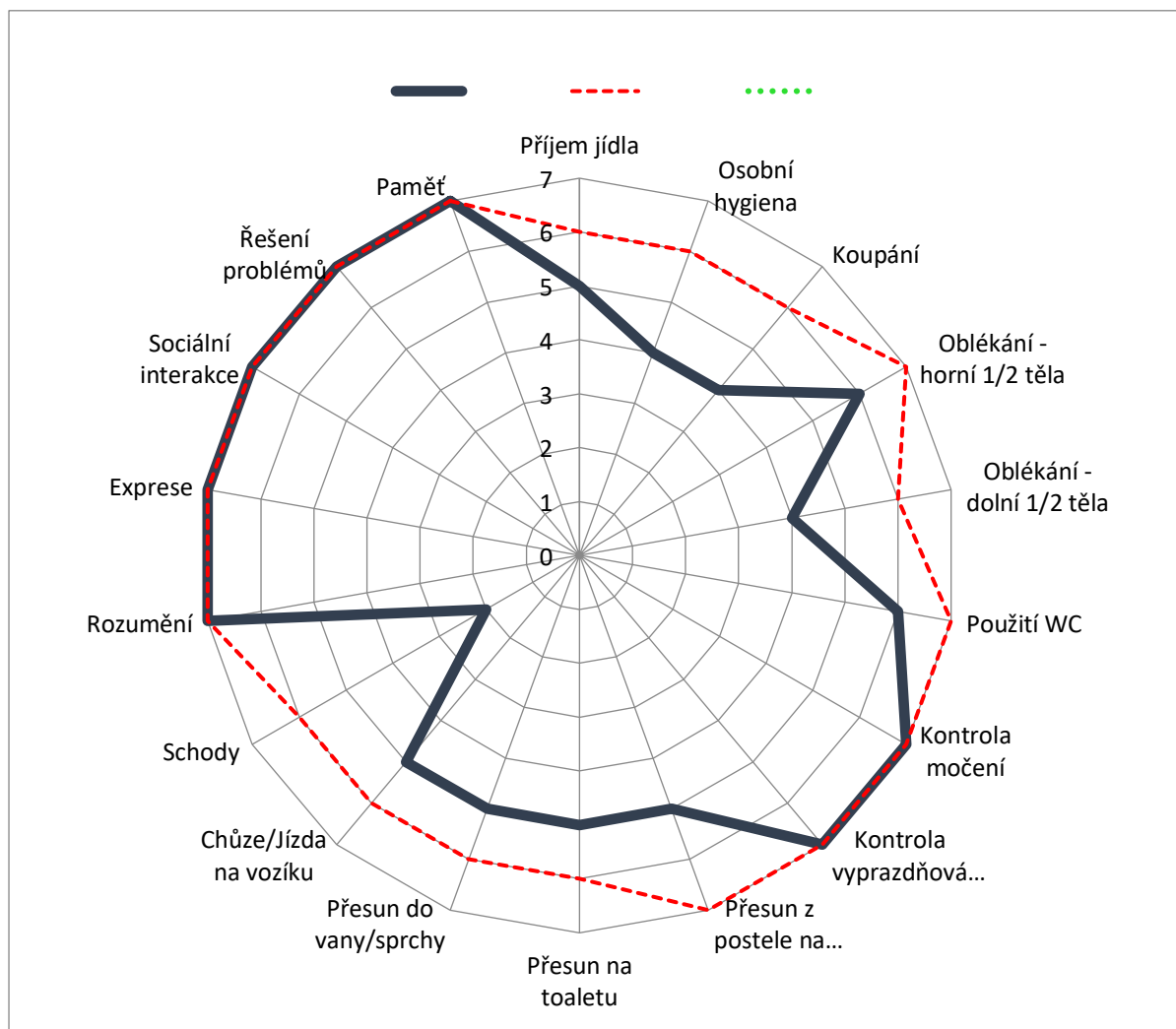
Paměť:

Celkové skóre: 12-126 bodů celkem

FIM – ukázka grafického znázornění výsledků FIM u konkrétního pacienta

- modrá linie: výsledky při vstupu do terapie

- červená linie: výstupní výsledky



MANUÁL K APLIKACI
FUGL-MEYER HODNOCENÍ
FYZICKÉHO VÝKONU HKK

OBSAH	
1. POSTUP	3
2. OBECNÁ PRAVIDLA	3
3. HORNÍ KONČETINA	4
I. Reflexní aktivita	4
II. Synergie flexorů	4
III. Synergie extensorů	5
IV. Synergie kombinace pohybů	5
4a. Ruka na bederní páteř	5
4b. Flexe ramene do 90°, loket v 0°	6
4c. Pronace/supinace předloktí, loket v 90°, rameno v 0°	6
V. Pohyb mimo synergii	7
5a. Abdukce ramene do 90°, loket v 0° a předloktí v pronaci	7
5b. Flexe ramene z 90° - 180°, loket v 0° a předloktí ve středním postavení ..	7
5c. Pronace/supinace předloktí, loket v 0° a flexe ramene v 30° - 90° ..	7
VI. Normální reflexy (sed)	8
VIII. Zápěstí	8
7a. Stabilita, loket v 90° a rameno v 0°	8
7b. Flexe/extenze, loket v 90° a rameno v 0°	9
7c. Stabilita, loket v 0° a rameno ve 30° flexi	9
7d. Flexe/extenze, loket v 0° a rameno v 30° flexi	9
7e. Cirkumdukce	10
VIII. Ruka	10
8a. Flexe prstů	10
8b. Extenze prstů	10
8c. Úchop (stisk) I	11
8d. Úchop II	11
8e. Úchop III	12
8f. Úchop IV	12
8g. Úchop V	13
IX. Koordinace/rychlost – Sed: Prst k nosu	13

▪ **Dosažený výsledek - Dysmetrie** (Maximální možné skóre = 2):

- (0) – Výrazná nebo nesystematická dysmetrie
- (1) – Mírná nebo systematická dysmetrie
- (2) – Bez dysmetrie

▪ **Dosažený výsledek - Rychlostí** (Maximální možné skóre = 2):

- (0) – Činnost trvá o více než 6 sekund než na nepostížené horní končetině
- (1) – (2-5.9) sekund delší než na nepostížené horní končetině
- (2) – Rozdíl je menší než 2 sekundy

POZNÁMKA: Pomocí těchto testů se pokoušíme diferencovat mezi postižením bazálních ganglií, talamu nebo mozečku, ve kterých mohou být třes nebo dysmetrie přímým následkem lézí těchto oblastí. Ve většině případů postihují mozkoměchovou arteria cerebri media nebo arteria basilaris. V těchto případech zaznamenáváme obrnu, která ovlivňuje rychlost pohybu, ale není příčinou třesu nebo dysmetrie. V případech úplné obrny, sledujeme jakékoliv známky třesu nebo dysmetrie, které se mohou projevit v oblíčeji, hlase, pažích a nohou. Pokud zde nejsou žádné ukazatele třesu nebo dysmetrie, je dosažený výsledek těchto položek 2 a výsledek rychlosti 0. Jestliže je aktivní ROM postižené končetiny podstatně menší, než ten na nepostížené končetině, vyšetřovaný by měl být ohodnocen „0“ za rychlost.

1. POSTUP

Popis: Tento test je hodnocením míry motorického poškození horních končetin (HKK).

Pomůcky: židle, stůlek, kladívko na vyšetřování reflexů, tužka, malý kousek papíru, malá plechovka, tenisový míček, stopky

Administrativa: Hodnocení se provádí v klidné místnosti, a když je pacient pozorný (koncentrovaný). Kompletní hodnocení obvykle zabere 45 minut (20–25 minut pouze pro HKK, pozn. studentky).

2. OBECNÁ PRAVIDLA

Hodnocení se provádí v klidné místnosti, a když je pacient maximálně koncentrovaný.

Hodnocení volního pohybu: Toto hodnocení obsahuje synergii flexorů, synergii extenzorů, synergii kombinace pohybů, pohyb mimo synergii, hodnocení pohybů zápěstí, ruky a koordinace/rychlosti. Pro všechny testy volního pohybu platí následující pokyny:

1. Podávejte jasné a stručné instrukce. Jsou dovoleny jak pantomimické, tak verbální instrukce.
2. Pohyb je nutné provést nejprve u nepostížené končetiny.
3. Opakujte každý pohyb 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší výkon. Pokud je dosaženo plného skóre při 1. nebo 2. pokusu, není třeba opakovat pohyb potřetí. Pouze test koordinace/rychlosti provádíme jen jednou.
4. Nepomáhejte vyšetřovanému při provádění pohybu. Verbální podpora je však povolena.
5. Testujte funkce zápěstí a ruky nezávisle na paži. **Během testování pohybů zápěstí, může být poskytnuta podpora pod loktem ke snížení nároků na rameno. Vyšetřovaný by však měl aktivovat flexory lokte během testování v 90° v lokti a aktivovat extensory lokte během testování 0 stupňů v lokti. Naopak, během testování pohybů ruky může být poskytnuta podpora paže v lokti a pouze proximálně k zápěstí kvůli pozici paže.**

SULLIVAN, K. J., J. K. TILSON, S. Y. CEN, D. K. ROSE, J. HERSHBERG, A. CORREA, J. GALLICHO, M. MCLEOD, C. MOORE, S. S. WU a P. W. DUNCAN. Fugl-Meyer Assessment of Sensorimotor Function After Stroke: Standardized Training Procedure for Clinical Practice and Clinical Trials. *Stroke* [online]. 2011-01-24, roč. 42, č. 2, s. 427-432 [cit. 2013-02-24]. ISSN 0039-2499. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.592766. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/STROKEAHA.110.592766>

3. HORNÍ KONČETINA

I. Reflexní aktivita

- Vyšetřovaný sedí.
- Pokuste se vyvolat reflexy bicepsu a tricepsu.
- Testujte reflexy nejprve na nepostížené straně.
- Testujte postiženou stranu.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 4):
(0) – Nebyl vyvolán žádný reflex
(2) – Reflexní aktivita byla vyvolána

II. Synergie flexorů

- Vyšetřovaný sedí.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Na postižené straně zkontrolujte dostupnost vyšetřovaného PROM, testujte každý kloub.
- Dejte pokyn pacientovi, aby provedl úplnou supinaci jeho/jejím předloktím, flektoval/a loket a zvedl/a ruku na ucho na postižené straně. Rameno by mělo být minimálně v 90° abdukci.
- Východí pozice by měla být z plné synergie extensorů. Pokud pacient nemůže aktivně dosáhnout východí pozice, může být končetina pasivně umístěna v extenzi směrem k protějšímu kolenu, v ramenní addukci/vnitřní rotaci, loketní extenzi a předloketní pronaci.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb v každém kloubu.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 12):
(0) – Nemůže být proveden vůbec
(1) – Provedeno částečně
(2) – Provedeno bezchybně

Hodnocené poločky: Elevace (lopatky), retrakce ramene (lopatky), abdukce ramene (nejméně 90°) a vnější rotace, flexe lokte a supinace předloktí.

8g. Úchop V:



- Vyšetřovaný sedí a paže má položeny na stolkou.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Instruuje pacienta k provedení kulového úchopu sevřením tenisového míčku. Testující pomáhá s funkcemi ruky požadovanými pro splnění úkolu. Míček nesmí být stabilizován terapeutem nebo druhou rukou pacienta. K minimalizování přílišného pohybu, může být míček umístěn na předmětu, který zabrání kutálení. Za přípuště se považuje otočené středně velké víčko lahve, nebo malá „miska“ tvarovaná tak, že pasuje pod míček k zabránění kutálení. Jakmile je tenisový míček uchopen, testujte tento úchop proti odporu vyzváním pacienta k držení míčku, zatímco vy se mu jej pokoušíte vytáhnout z ruky s mírným trhnutím.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
(0) – Úloha nemůže být provedena
(1) – Tenisový míček může zůstat na místě s kulovým úchopem, ale ne přes mírné trnutí
(2) – Tenisový míček je držěn pevně i navzdory trnutí

IX. Koordinace/rychlost – Sed: Prst k nosu (5 opakování v rychlém sledu)

- Vyšetřovaný je v pozici vsedě s otevřenými očima.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Vyšetřovaný je instruován takto: „dejte prst z vašeho kolene k nosu, jak rychle je to jen možné“.
- Použijte stopky k měření toho, jak dlouho zabere vyšetřovanému provést 5 opakování.
- Zopakujte stejný pohyb s postiženou paží. Zapište si čas pro obě, nepostíženou i postiženou horní končetinu. Všimněte si známek třesu nebo dysmetrie v průběhu pohybu.
- **Dosažený výsledek – Třes** (Maximální možné skóre = 2):
(0) – Zřetelný třes
(1) – Mírný třes
(2) – Bez třesu

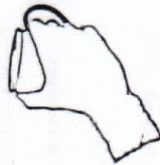
8e. Úchop III:

- Vyšetřovaný sedí a paže má položeny na stolkou.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostižené straně.
- Instruuje pacienta k úchopu pera (upřednostněte pero s uzávěrem) opozicí palce a bříška ukazováku kolem pera. Testující může podepřít pacientovu paži, ale nesmí pomáhat s funkcemi ruky požadovanými pro splnění úkolu. Pero by nemělo být stabilizováno terapeutem nebo druhou rukou pacienta. K minimalizování přílišného pohybu, však můžeme použít pero se „svorkou“, která zabrání otáčení o více než 180°.
- Jakmile je pero uchopeno, instruuje pacienta k opozici bříška palce proti bříšku ukazováku s vloženým perem. Testujte tento úchop proti odporu tím, že vyzvete pacienta k držení pera, zatímco vy se mu její pokoušíte vytáhnout z ruky s mírným trhnutím.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- *Dosažený výsledek* (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Úloha nemůže být provedena
 - (1) – Pero vložené mezi bříško palce a bříško ukazováku může zůstat na místě, ale ne přes mírné trhnutí
 - (2) – Tužka je držena pevně i navzdory trhnutí



8f. Úchop IV:

- Vyšetřovaný sedí a paže má položeny na stolkou.
 - Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostižené straně.
 - Instruuje pacienta k úchopu malé plechovky (umístěné vertikálně na stolkou bez stabilizace) otevřením ruky a opozicí volárních ploch palce a prstů. Paže může být podepřena, ale testující nesmí pomáhat s testovanými funkcemi ruky.
 - Jakmile je plechovka sevřena, testujte tento úchop proti odporu vyzváním pacienta k držení plechovky, zatímco vy se mu ji pokoušíte vytáhnout z ruky s mírným trhnutím.
 - Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
 - *Dosažený výsledek* (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Úloha nemůže být provedena
 - (1) – Plechovka vložená mezi palec a ukazovák může zůstat na místě, ale ne přes mírné trhnutí
 - (2) – Plechovka je držena pevně i navzdory trhnutí
- POZNÁMKA:** ruka musí být otevřena a sevřena až v poloze na plechovce; není přípustné, aby pacient uchopil plechovku tím, že přejede z vrchu plechovky dolů (nasunutím ruky na plechovku shora).



III. Synergie extensorů

- Vyšetřovaný sedí.
 - Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostižené straně.
 - Na postižené straně zkontrolujte dostupnost vyšetřovaného PROM, testujte každý kloub.
 - Dejte pokyny pacientovi k addukci a vnitřní rotaci ramene, extenzi jeho paže směrem k nepostiženému kolenu s předloktím v pronaci.
 - Vychozí pozice by měla být taková, že končetina je pasivně umístěna na pacientovu stranu ve flektovaném lokti a supinaci. Vyšetřující musí zajistit, aby nedošlo k rotaci a flexi trupu pacienta dopředu, čímž by využil gravitaci k vykonání pohybu. Šlachy musculus pectoralis major a musculus triceps brachii mohou být palpovány ke zhodnocení aktivního pohybu.
 - Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb v každém kloubu.
 - *Dosažený výsledek* (Maximální možné skóre = 6):
 - (0) – Nemůže být proveden vůbec
 - (1) – Provedeno částečně
 - (2) – Provedeno bezchybně
- Hodnocené poločky:** Addukce/vnitřní rotace ramene, extenze lokte a pronace předloktí.

IV. Synergie kombinace pohybů

- Pacient je vyzván k provedení tří samostatných pohybů:
- #### 4a. Ruka na bederní páteř:
- Vyšetřovaný sedí s rukama na klině.
 - Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostižené straně.
 - Vyšetřovaný je instruován, aby aktivně položil postiženou ruku na bederní páteř, tím, že jej požádáme: „Dejte ruku za záda“.
 - Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
 - *Dosažený výsledek* (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Neprovede žádnou specifickou akci (nebo se pacient pohybuje, ale nedosáhne spina iliaca anterior superior - SIAS)
 - (1) – Ruce musí překonat přední horní hřeben kosti kyčelní (provedeno částečně)
 - (2) – Provedeno bezchybně (pacient překoná SIAS a může vést paži za záda směrem k sakru; pro dosažení skóre 2 není vyžadována plná loketní extenze)

4b. Flexe ramene do 90°, loket v 0°:

- Vyšetřovaný sedí s rukama na kličce.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Na postižené straně zkontrolujte dostupnost vyšetřovaného PROM pro flexi ramene do 90° a plnou extenzi lokte.
- Vyšetřovaný je instruován, aby provedl flexi ramene do 90° při současně extenzi lokte. Během pohybu ramenních flexorů (během flexe) musí být loket v plné extenzi; předloktí může být v pronaci nebo ve střední poloze mezi pronací a supinací.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Paže je ihned v abdukci, nebo se loket flectuje na začátku pohybu
 - (1) – Abdukce nebo flexe lokte se objeví v pozdější fázi pohybu
 - (2) – Provedeno bezchybně (pacient může flectovat rameno při extenzi lokte)

4c. Pronace/supinace předloktí, loket v 90°, rameno v 0°:

- Vyšetřovaný sedí s paží na straně, loket je flectován a předloktí je v supinaci.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Na postižené straně zkontrolujte dostupnost vyšetřovaného PROM pro konečný rozsah pronace a supinace.
- Vyšetřovaný je instruován, aby aktivně provedl flexi lokte do 90° a pronaci/supinaci předloktím v plném ROM.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Správná pozice ramene je udržena v addukci na straně těla a flexe lokte nelze dosáhnout, a/nebo pronaci či supinaci nelze provést vůbec
 - (1) – Aktivní pronace nebo supinace může být provedena dokonce v rámci omezeného rozsahu pohybu a rameno a loket jsou současně ve správné poloze
 - (2) – Úplná pronace a supinace se správnou pozicí lokte a ramene

- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Extenzi nelze provést
 - (1) – Pacient může uvolnit aktivní flexční sevření
 - (2) – Plná aktivní extenze (v porovnání s nepostíženou stranou)

8c. Úchop (stisk) I:

- Vyšetřovaný sedí a paže má položeny na stolu.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Instruuje pacienta k extenzi metakarpofalangeálních kloubů II. – V. prstu a k flexi proximálních a distálních interfalangeálních kloubů. Testujte tento stisk proti odporu. Můžete říct pacientovi: „představte si, že držíte rukojet kufříku“.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Nemůže být dosaženo požadované pozice
 - (1) – Stisk je slabý
 - (2) – Stisk může být udržen i proti relativně velkému odporu

8d. Úchop II:

- Vyšetřovaný sedí a paže má položeny na stolu.
- Pacient musí vykonat pohyb nejprve na nepostížené straně.
- Instruuje pacienta k abdukci palce, aby uchopil kousek papíru (testující může vsunout papír do ruky). Poté vyzvěte pacienta, aby předvedl čistou addukci palce s kouskem papíru vsunutým mezi palec a ukazovák (viz obrázek). Testujte tento úchop proti odporu tím, že vyzvete pacienta k držení papíru, zatímco vy se mu jej pokoušíte vytáhnout z ruky s mírným trhnutím.
- Testujte 3x na postižené straně a zaznamenejte nejlepší pohyb.
- **Dosažený výsledek** (Maximální možné skóre = 2):
 - (0) – Úloha nemůže být provedena
 - (1) – Kousek papíru vsunutý mezi palec a ukazovák může zůstat na místě, ale ne přes mírné trhnutí
 - (2) – Papír je držěn pevně i navzdory trhnutí



Příloha č. 4 BBS

Bergova funkční škála rovnováhy

(Upraveno Berg K, Wood-dauphinee S.L. a Williams XL. Measuring balance in the elderly; validation of an instrument
Can. J. Public Health 83: supp 2: S7-S11,1992)

Stupně: Hodnoťte nejnižší kategorii (4=nejlepší, =nejhorší)

1. Postavování ze sedu (sed-stoj) _____

Instrukce: Prosím, postavte se. Pokuste se nepoužívat při postavování ruce.

- (4) schopen postavit se, nepoužívá ruce a stabilizuje samostatně
- (3) schopen postavit se samostatně, používá ruce
- (2) schopen postavit se přičemž používá oporu HK a to po několika pokusech
- (1) potřebuje minimální asistenci k postavení nebo k stabilizaci
- (0) potřebuje střední nebo maximální dopomoc k postavení

2. Stoj bez opory _____

Instrukce: Stoj 2 minuty bez opory.

- (4) schopen stát samostatně 2 minuty
- (3) schopen stát 2 minuty s dohledem
- (2) schopen stát 30 sekund bez opory
- (1) potřebuje několik pokusů stát 30 sekund bez opory
- (0) neschopen stát 30 sekund bez asistence

Jestliže je pacient schopen stát 2 minuty samostatně, bodujte plnou známkou v bodě 3 a pokračujte bodem 4

3. Sed bez opory, nohy na podložce _____

Instrukce: Sed'te s uvolněnými rameny, ruce volně podél těla po dobu 2 minut.

- (4) schopen sedět bezpečně a samostatně po dobu 2 minut
- (3) schopen sedět 2 minuty s dohledem
- (2) schopen sedět 30 sekund
- (1) schopen sedět 10 sekund
- (0) neschopen sedět bez opory 10 sekund

4. Stoj – sed (posazování ze stoje) _____

Instrukce: Posad'te se, prosím.

- (4) sedá si bezpečně s minimálním použitím HK
- (3) kontroluje posazování HK
- (2) používá jako oporu zadní stranu končetin
- (1) sedá si samostatně, ale je nestabilní
- (0) potřebuje asistenci k stabilnímu sedání

5. Přesuny _____

Instrukce: Přesuňte se z židle na postel a zpátky. Jedním směrem se posazuje na sedadlo (postel) bez opěrek, druhým na židli s opěrkami.

- (4) schopen přesunu bezpečně s minimálním použitím HK
- (3) schopen přesunu bezpečně s použitím HK
- (2) schopen přesunu se slovní dopomocí anebo dohledem
- (1) potřebuje asistenci 1 osoby
- (0) potřebuje asistenci 2 osob nebo dohled druhé osoby

6. Stoj bez opory, zavřené oči _____

Instrukce: Zavřete oči a stůjte tak po dobu 10 sekund.

- (4) schopen stát 10 sekund samostatně
- (3) schopen stát 10 sekund se supervizí (dohledem druhé osoby)
- (2) schopen stát 3 sekundy
- (1) neschopen udržet zavřené oči 3 sekundy, ale stojí samostatně
- (0) potřebuje pomoc, aby neupadl

7. Stoj bez opory, stoj spojný _____

Instrukce: Stoj spojný, udržte se vzpřímeně ve stoji.

- (4) schopen stát s nohama u sebe samostatně, výdrž 1 minuta
- (3) schopen stát s nohama u sebe samostatně, výdrž 1 minuta s dohledem
- (2) schopen stát s nohama u sebe samostatně, výdrž 30 sekund
- (1) neschopen udržet danou polohu, ale schopen stát 15 sekund ve stoji spojném
- (0) potřebuje pomoc k udržení polohy a neschopen stát 15 sekund

Následující položky jsou prováděné ve stoji bez opory.

8. Posun HK v předpažení (P. Duncanův Funkční Test) _____

Instrukce: Předpažte do úhlu 90 stupňů v rameni. Vyšetřující přiloží pravitko ke konečkům prstů a označí bod, kam pacient dosáhne. Pak se pacient natáhne dopředu, bez pohybu dolních končetin. Vyšetřující zaznamená rozdíl mezi oběma vzdálenostmi.

- (4) schopen natáhnout se dopředu, vzdálenost 25 cm
- (3) schopen natáhnout se dopředu, vzdálenost větší než 13 cm
- (2) schopen natáhnout se dopředu, vzdálenost větší než 5 cm
- (1) natáhne se dopředu, ale potřebuje dohled druhé osoby
- (0) potřebuje pomoc, aby neupadl

9. Zvednout předmět ze země _____

Instrukce: Zvedněte pantofle ze země.

- (4) schopen zvednout předmět bezpečně a samostatně
- (3) schopen zvednout předmět, ale potřebuje dohled
- (2) neschopen zvednout předmět, ale je schopen se k němu přiblížit na vzdálenost 5 cm, je schopen udržet v této poloze rovnováhu.
- (1) neschopen zvednout předmět a potřebuje dohled při svém pokusu
- (0) neschopen ani pokusu, potřebuje pomoc, aby neupadl

10. Rotace hlavy. Ohlédnout se přes pravé/levé rameno _____

Instrukce: Otočte hlavou doprava a ohlédněte se přes pravé rameno. Zopakujte instrukci vlevo.

- (4) rotace do obou stran, schopen ohlédnout se přes obě ramena, adekvátně přenáší váhu
- (3) rotace možná jenom do jedné strany, na obou stranách neadekvátní přenášení váhy
- (2) rotace do stran, udrží rovnováhu, neohlédne se přes rameno
- (1) potřebuje dohled při otáčení
- (0) potřebuje pomoc při otáčení, aby neupadl

11. Rotace 360° _____

Instrukce: Otočte se kolem své osy. Přestávka. Otočte se kolem své osy opačným směrem.

- (4) schopen otočit se kolem své osy bezpečně v limitu 4 sekund každým směrem
- (3) schopen otočit se kolem své osy bezpečně jenom jedním směrem v limitu 4 sekund
- (2) schopen otočit se kolem své osy bezpečně, ale pomalu
- (1) potřebuje asistenci druhé osoby, nebo verbální náповědu
- (0) potřebuje asistenci druhé osoby při otáčení se kolem své osy Dynamické přenášení váhy, stoj bez opory.

12. Počet naměřených kontaktů _____

Instrukce: Střídavě pokládejte nohy na nízkou židli. Pokračujte až se každá noha dotkne židle 4 krát.

- (4) schopen stát samostatně a bezpečně a provést 8 kontaktů v limitu 20 sekund
- (3) schopen stát samostatně a bezpečně a provést 8 kontaktů v limitu menším než 20 sekund
- (2) schopen provést 4 kontakty nohy se židlí bez pomůcky nebo supervize
- (1) schopen provést méně než 3 kontakty, potřebuje minimální asistenci
- (0) potřebuje asistenci, aby neupadl, neschopen

13. Stoj bez opory, tandem _____

Instrukce: (Předved'te instrukci). Umístěte plosky nohou jednu před druhou. Jestliže cítíte, že nemůžete udržet tuto pozici, pokuste se více nakročit.

- (4) schopen provést tandem samostatně a vydržet 30 sekund
- (3) schopen udržet pozici tandem samostatně s větším nakročením a vydržet 30 sekund
- (2) schopen udržet pozici semi-tandem a vydržet 30 sekund
- (1) potřebuje pomoc při nakročení ale vydrží 15 sekund
- (0) ztrácí rovnováhu při nakročení a stojí, neschopen udržet rovnováhu v této pozici

14. Stoj na jedné noze _____

Instrukce: Stůjte na jedné noze bez opory tak dlouho, jak můžete.

- (4) schopen udržet se na 1 noze samostatně, výdrž větší než 10 sekund
- (3) schopen udržet se na 1 noze samostatně, výdrž 5-10 sekund
- (2) schopen udržet se na 1 noze samostatně, výdrž 3-5 sekund
- (1) pokus o zvednutí nohy, neschopen udržet nohu po dobu 3 sekund, stoj je samostatný
- (0) neschopen provést úkol, potřebuje asistenci druhé osoby, aby neupadl

Celkové skóre: _____/56_____

- > 45 Bezpečná ambulance, bez použití kompenzační pomůcky, menší riziko pádu
- > 35 Bezpečná ambulance, s použitím kompenzační pomůcky

Příloha č. 5 RIM

MODIFIKOVANÝ RIVERMEADSKÝ INDEX MOBILITY

(modifikace pro potřeby NK bez změny obsahu otázek)

© Rivermead Rehabilitation Centre
Abingdon Road, Oxford, OX1 4XD
(lze volně kopírovat s udáním zdroje)

Skóre 0 = Ne 1= Ano

DATUM / / / / /

1. Otočení z lehu na zádech na bok bez pomoci:
2. Posazení (s nohama z postele) z lehu na zádech bez pomoci:
3. Sed (s nohama z postele) po dobu 10 sekund bez držení:
4. Postavení ze sedu na židli (s použitím rukou či pomůcky, je-li to nutné) za méně než 15 sekund a následný stoj 15 sekund:
5. Stoj bez pomůcky po dobu 10 sekund:
6. Přesun z postele na židli a zpět bez dopomoci:
7. Chůze 10 m s pomůckou nebo dopomocí 1/2 terapeutů (je-li to nutné) bez dohledu:
8. Samostatná chůze 10 m v interiéru (bez ortézy, pomůcky a dohledu):
9. Samostatná chůze 5 m, sebrání předmětu z podlahy a vrácení se zpět:
10. Samostatný přesun do vany/sprchy a zpět včetně umytí:
11. Chůze po schodech (4 nahoru a dolů) s pomůckou (je-li nutná) bez držení zábradlí:
12. Samostatná chůze po celém schodišti:
13. Běh/rychlá chůze na 10 m za 4 sekundy bez instability:
14. Samostatná chůze venku po chodníku:
15. Samostatná chůze po nerovném terénu (tráva, kamení, hlína, sníh, led):

CELKEM | | | |

11. Seznam použitých zkratk

CMP, cévní mozková příhoda; VRT, terapie s virtuální realitou; IS, intervenční skupina; KS, kontrolní skupina; MoCA, Montrealský kognitivní test; FIM, Funkční míra nezávislosti; FMA-UE, Fugl-Meyer hodnocení motorického výkonu horní končetiny; m-RIM, Modifikovaný Rivermeadský index mobility; BBS, Bergova škála rovnováhy; RT, roboticky asistovaná terapie; RT-HK, roboticky asistovaná terapie horní končetiny; VR, virtuální realita; RCT, randomizovaná kontrolovaná studie; NIHSS, National Institute of Health Stroke Scale; ADL, aktivity denního života; TMS, transkraniální magnetické stimulační