

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav klinické rehabilitace

Bc. Anna Hablawetzová

**Senzomotorika v kontextu posturální stability u pacientů
po cévní mozkové příhodě**

Diplomová práce

Vedoucí práce: PhDr. Barbora Kolářová Ph.D.

Olomouc 2023

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Téma práce: Posturální stabilita, cévní mozková příhoda

Název práce: Senzomotorika v kontextu posturální stability u pacientů po cévní mozkové příhodě

Název práce v AJ: Sensorimotor Control in the Context of Postural Stability of Stroke Survivors

Datum zadání: 2022-01-31

Datum odevzdání: 2023-07-26

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Hablawetzová Anna, Bc.

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

Oponent práce: Wolfová Kateřina, Mgr.

Abstrakt v ČJ: Úvod: Poruchy posturální stability mají zásadní vliv na život pacientů po cévní mozkové příhodě. Objasnění příčiny těchto poruch může napomoci jejich terapii. **Cíl:** Cílem práce je popsat souvislost mezi senzomotorickým impairmentem a poruchami stability u pacientů po CMP.

Metodika: Studie se zúčastilo 18 pacientů v časném subakutním stádiu, u každého bylo provedeno jednorázové vyšetření stability a senzomotoriky. Senzomotorika byla vyšetřována pomocí Fugl-Meyer Assessment. Ke zhodnocení stability byly použity 3 posturografické testy: Sensory Organization Test, Motor Control Test a Limits of Stability. Výsledky obou vyšetření byly porovnány v korelační analýze. **Výsledky:** Senzomotorika koreluje s většinou posturografických hodnot. Statisticky významné korelace mezi senzomotorikou a výsledky posturografických testů byly přítomny zejména pro motorickou doménu Fugl-Meyer Assessment a její dílčí položky, nejčastěji položku „F.“ Nejvíce korelací bylo s testem Motor Control Test a jeho hodnotu Weight Symmetry. **Závěr:** Výsledky práce prokazují, že senzomotorický impairment má na posturální stabilitu vliv pouze ve vybraných aspektech.

Abstrakt v AJ: Background: Balance disorders have damaging effect on stroke survivors' life. Knowledge of causes of these disorders may help treating them. **Aim:** The goal of this study is to describe the relation of sensorimotor impairment with balance disorders in stroke patients. **Methods:** 18 stroke survivors in subacute stage attended this study, each underwent a one-time session of sensorimotor control and postural stability assessment. For this purpose, Fugl-Meyer Assessment

and three posturography tests – the Sensory Organization Test, Motor Control Test and Limits of Stability – were used. Results were compared in correlation analysis. **Outcomes:** The sensorimotor control correlates with majority of posturographic values. Statistically significant correlations were present especially for the motor domain of the Fugl-Meyer Assessment and its' items, mainly the item „F.“ Largest number of correlation regarded the Motor Control Test, especially its' Weight Symmetry value. **Conclusion:** Study results prove the impact of sensorimotor impairment on postural stability in particular aspects.

Klíčová slova v ČJ: dynamická posturografie, poruchy stability, cévní mozková příhoda, senzomotorický impairment, Fugl-Meyer Assessment

Klíčová slova v AJ: dynamic posturography, balance/stability disorders, stroke/cerebrovascular accident, sensorimotor impairment, Fugl-Meyer Assessment

Rozsah: 69 stran/2 přílohy

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 26. července 2023

Anna Hablawetzová

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce PhDr. Barboře Kolářové Ph.D. za její rady a odborný dohled při tvorbě práce.

OBSAH

ÚVOD	8
1 SOUHRN TEORETICKÝCH POZNATKŮ	9
1.1 CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA.....	9
1.2 SENZOMOTORIKA PO CMP	11
1.3 POSTURÁLNÍ STABILITA	14
1.4 PORUCHY STABILITY PO CMP.....	17
1.5 TESTOVÁNÍ POSTURÁLNÍ STABILITY	19
1.6 MOŽNOSTI FYZIOTERAPEUTICKÉ INTERVENCE.....	22
2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	25
3 METODIKA	29
3.1 ZKOUMANÝ SOUBOR	29
3.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ A MĚŘICÍ METODY	30
3.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	31
4 VÝSLEDKY	33
4.1 VÝSLEDKY KLINICKÉHO VYŠETŘENÍ.....	33
4.2 VÝSLEDKY POSTUROGRAFICKÝCH TESTŮ	34
4.3 KORELACE.....	36
5 DISKUZE.....	41
5.1 VÝSLEDKY POSTUROGRAFICKÝCH TESTŮ	42
5.2 KORELACE.....	45
5.3 LIMITY STUDIE.....	48
ZÁVĚR	50
ZDROJE.....	51
SEZNAM PŘÍLOH.....	64

SEZNAM TABULEK.....	65
SEZNAM ZKRATEK.....	66
Příloha 1 Informovaný souhlas se zařazením do výzkumu.....	67
Příloha 2 Skórovací systém MAS a MTS	69

ÚVOD

I přes klesající incidenci cévní mozkové příhody (dále jen CMP) a klesající počet případů s nezávažnějšími následky se toto onemocnění stále řadí mezi nejčastější příčiny dlouhodobé disability. Jedním z hlavních důvodů omezené sebeobsluhy a mobility jsou balanční poruchy. Limit v sebeobsluze má dopad na psychiku pacienta, riziko pádu přímo ohrožuje zdraví pacienta. Strach z pádu často vede k „preventivnímu“ omezování pohybu, ke společenské izolaci, depresi a zdravotním důsledkům z hypomobility. Utváří se tak začarovaný kruh.

Posturální stabilita je komplexní motorická dovednost a dle Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví (dále jen ICF) klasifikována jako aktivita. Zprostředkována je souhrou tří základních systémů – senzorického, řídicího a výkonného. Zásah do kteréhokoliv z nich může zapříčinit vznik balančních poruch. U CMP neřídka dochází k postižení na všech třech rovinách. Projevem balančních poruch po CMP je typicky asymetrie držení těla i kontroly pohybu, horší adaptace na nové podmínky, delší latence reakce, celkově snížená balanční kapacita. Teoretická část práce se zabývá definicí a klasifikací cévních mozkových příhod, projevy tohoto onemocnění. V dalších kapitolách je popsána posturální stabilita a její řízení. Zbylé kapitoly shrnují poznatky o balančních poruchách u pacientů po CMP, možnostmi vyšetření a terapie.

K posouzení posturální stability slouží řada standardizovaných metod. Metody použité v této studii hodnotí posturální stabilitu na dvou různých úrovních dle ICF. Pro účel zhodnocení posturální stability jako komplexní aktivity byla použita dynamická počítačová posturografie, která poskytuje detailní a objektivní náhled do posturální aktivity v nejrůznějších podmínkách. Druhou metodou bylo vyšetření na úrovni senzomotorického impairmentu pomocí vědecky osvědčeného vyšetření Fugl-Meyer Assessment doplněného o orientační vyšetření svalové síly. Cílem praktické části studie je zhodnotit, jak se poruchy na úrovni senzomotorického impairmentu promítají do posturální stability.

Pro vyhledávání literatury byly využity internetové platformy PubMed, ResearchGate, EBSCO, Google Scholar a proLékaře.cz. Vyhledávány byly primárně články publikované od roku 2012 včetně. Pro vyhledávání v databázích byla použita klíčová slova: dynamická posturografie, poruchy stability, cévní mozková příhoda, senzomotorický impairment, Fugl-Meyer Assessment, resp. jejich anglické překlady: dynamic posturography, balance/stability disorders, stroke/cerebrovascular accident, sensorimotor impairment, Fugl-Meyer Assessment.

1 SOUHRN TEORETICKÝCH POZNATKŮ

1.1 CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA

Cévní mozková příhoda (dále jen CMP) je definována jako „rychle se rozvíjející klinické známky ložiskového mozkového postižení trvající déle než 24 hodin nebo vedoucí ke smrti, pokud klinické, laboratorní a základní zobrazovací vyšetření nesvědčí pro jinou příčinu neurologického deficitu“ (Světová zdravotnická organizace in ÚZIS ČR, 2012, s. 2). Přívlastek „cévní“ vymezuje, že příčinou ložiskového postižení je patologie mozkových cév, ať už se jde o krvácení nebo infarkt.

Jedná se o časté onemocnění se závažnými a dlouhodobými důsledky. Celosvětově představuje CMP druhou nejčastější příčinu smrti (World Health Organization, 2020) a jednu z hlavních příčin disability (US Census Bureau in Go et al., 2014, s. 173). V ČR je pro CMP ročně hospitalizováno zhruba 30 tisíc pacientů, dominantně je postižena věková skupina 60+ a častěji nemoc postihuje muže (data pro rok 2010; ÚZIS ČR, 2012, s. 2-6, 14). Incidence i letalita tohoto onemocnění dlouhodobě klesá (Bruthans, 2019, s. 7). Tento vývoj je přisuzován lepšímu životnímu stylu a pokrokům v preventivní i intervenční léčbě (Bruthans, 2019, s. 7). Přesto, četnost onemocnění je stále vysoká a pacientova roční šance na přežití je asi 59 % (Brønnum-Hansen, Davidsen, Thorvaldsen, 2001, s. 2133). Plné soběstačnosti rok po iktu dosahuje jen asi polovina přeživších (Sennfält et al., 2019, s. 58). Klinický obraz příhody se odvíjí od postižené lokality, typu a rozsahu postižení, věku a komorbiditách pacienta (Shin et al., 2022, s. 11) a včasnosti terapie (Sharma et al., 2010, s. 6).

Ischemické příhody tvoří asi 85 % všech iktů. Vznikají buďto na podkladě systémové hypoxie (srdeční zástava, dysrytmie, hypotenze), extrakraniální stenózy tepen, trombotické okluze (ateroskleróza), embolizace (fibrilace síní, chlopenní vady, sepse), vaskulitidy, poruchy srážlivosti a viskozity krve nebo traumatické disekce tepen. Postiženy mohou vzácně být také mozkové žíly, a to na podkladě trombózy nebo zánětu (Seidl, 2015, s. 188-197).

Ischemie v předním povodí se projevují hemisferální symptomatikou (Ambler, 2006, s. 142). Zdaleka nejčastější je uzávěr **arteria cerebri media** (Kolář et al., 2009, s. 387). Syndrom a. cerebri media je charakterizován kontralaterální hemiparézou a hemihypestezií s větším postižením horní končetiny, při zasažení dominantní hemisféry se přidávají fatické poruchy, při lézi v nedominantní hemisféře je pacient postižen apraxií, neglekt syndromem a poruchou orientace v prostoru (Seidl, 2015, s. 193-194). Infarkt v povodí **arteria cerebri anterior** se také projeví hemiparézou, tentokrát s větším vyjádřením na dolní končetině. Syndrom doprovází psychické příznaky (Seidl, 2015, s. 193).

Úplný uzávěr v **karotickém povodí** končí smrtí nebo těžkou invaliditou. Klinické příznaky jsou podobné syndromu a. cerebri media. Pozvolný uzávěr vnitřní karotidy může být dlouho bezpříznakový (Seidl, 2015, s. 192). Uzávěr **a. ophthalmica** je charakteristický ztrátou zraku (Seidl, 2015, s. 192). **Lakunární infarkt** je označení pro uzávěr drobných cév zásobujících bazální ganglia, thalamus a capsula interna (Seidl, 2015, s. 197). Zpočátku jsou tyto infarkty provázeny lehkou přechodnou symptomatikou, mají ale sklon k recidivám, symptomatika postupně narůstá, objevují se pyramidové a extrapyramidové projevy, poruchy chůze, psychické změny, dysartrie a dysfagie (Ambler, 2006, s. 143)

Zadní cirkulace zásobuje mozkový kmen, mozeček, thalamus, sluchové a rovnovážné ústrojí, okcipitální lalok a bazi temporálního laloku (Kolář et al., 2009, s. 388). Ischemie **arteria cerebri posterior** způsobí hemianopsii, zrakovou agnozii, alexii a thalamický syndrom (Seidl, 2015, s. 195). Při nedokrvení **drobných cév mozkového kmene** vznikají alternující hemiparézy s homolaterální poruchou hlavového nervu a kontralaterální hemiparézou (Kolář et al., 2009, s. 388). Ischemie **mozečkových tepen** vede k rozvoji Wallenbergova syndromu, charakteristického neocerebellárními příznaky, postižením trigeminu, Hornerovým syndromem, disociovanou poruchou čítí, vestibulárními příznaky, chrapotem, škytavkou, poruchami polykání (Kolář et al., 2009, s. 388). Kompletní uzávěr **arteria basilaris** je závažný stav s poruchou vědomí, kvadruplegií a kmenovými příznaky. Při inkompletním uzávěru vznikají dříve zmíněné alternující kmenové syndromy. Ischemie **a. vertebralis** může při dostatečném kolaterálním oběhu přes druhostrannou tepnu být klinicky němá. V opačném případě jsou příznaky obdobné jako při postižení a. basilaris (Ambler, 2006, s. 145).

Hemoragické příhody jsou méně časté, tvoří zbylých 15 % příhod (Seidl, 2015, s. 188), mají ale obecně horší prognózu. Zatímco po ischemické příhodě se dožívá minimálně 1 roku 76 % pacientů, u hemoragických příhod je to pouze 34 % (Waziry et al., 2020, s. 826). Příčinou hemoragie je nejčastěji hypertenze, dále to mohou být vrozené či získané cévní abnormality, užití drog, poruchy krevní srážlivosti, úrazy hlavy, krvácení do již přítomných lézí nebo krvácení spontánní (Kalvach, 2010, s. 146).

Krvácení přímo do mozkové tkáně je nejčastěji lokalizováno do oblasti thalamu, bazálních ganglií, capsula interna, mozkového kmene a mozečku (Kolář et al., 2009, s. 388-389). Menší krvácení se projeví ložiskovými příznaky dle lokality, větší krvácení je provázeno těžkým neurologickým deficitem, alterací celkového stavu, bolestmi hlavy, zvracením, poruchou vědomí a je velmi často smrtelné (Ambler, 2006, s. 147).

Hemoragie v subarachnoidálním prostoru jsou provázeny meningeálními příznaky, mohou být přítomny poruchy vědomí a ložiskové příznaky různého stupně (Kolář et al., 2009, s. 389).

Klinický obraz se vyvíjí i několik let po iktu (Cassidy a Cramer, 2017, s. 2). Časná obnova funkcí je možná **ústupem funkčního postižení** v prvních hodinách, maximálně dnech po iktu (Votava, 2001, s. 184). Zde hraje důležitou roli časná obnova perfuze a neuroprotektce mozkové tkáně (Cassidy a Cramer, 2017, s. 3). Dalšího funkčního zotavení je možné dosáhnout díky **neuroplasticitě**. Následkem léze dochází ke změnám excitability v zachovalých buňkách, tvorbě nových synapsí, náboru „rezervních“, dosud nefunkčních spojů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 94-96). Bohužel ne vždy je funkce obnovena v ideální podobě, některé neuroplastické změny mohou mít na funkční obnovu dokonce negativní dopad. Neuroplastické změny se dějí z části spontánně, nezanedbatelnou úlohu ale mají také nejrůznější podpůrné terapeutické postupy, mezi něž patří i rehabilitace (Cassidy a Cramer, 2017, s. 2,3, 7). Ta je v různém stádiu po CMP zaměřena na: podporu spontánní obnovy mozkových funkcí, prevenci vzniku sekundárních změn, nácvik denních činností a aktivního pohybu s využitím pomůcek, při přetrvávajícím postižení nácvik kompenzačních mechanismů, rehabilitaci řeči a kognitivních poruch, vytvoření podmínek pro plné životní, popřípadě pracovní začlenění a motivaci pacienta k aktivnímu přístupu k životu (Votava, 2001, s. 185).

Funkční výsledky se různí. Závisí na věku pacienta, typu a rozsahu postižení, komorbiditách (Shin et al., 2022, s. 10), funkčním stavu před iktem (Malsch et al., 2018, s. 5), zachované úrovni kognice (Lee et al., 2021, s. 135), jako významný faktor se ale ukazuje také předchozí úroveň vzdělání (Malsch et al., 2018, s. 5) a psychika (Tse et al., 2019, abstrakt).

1.2 SENZOMOTORIKA PO CMP

Nejvýraznějším projevem CMP je ztráta hybnosti charakteru hemiparézy. Poruchy motoriky postihují zhruba 60 % iktových pacientů v akutní fázi (Clery et al., 2020, s. 8). V akutním stádiu převládá paréza pseudochabého typu (běžně cca do 3. dne po iktu, někdy ale i výrazně déle). Je provázena snížením až vymizením volního pohybu, snížením až vyhasnutím šlachookostickových reflexů a hypotonií (Švestková et al., 2017, s. 178-182).

V průběhu následujících měsíců se rozvíjí obraz **spastické obrny** s přetrvávajícím omezením volní hybnosti a nástupem zvýšené hybnosti mimovolní (Štětkářová, 2013, s. 269-270). Volní hybnost v tomto stádiu má podobu **masových synergií**. Ztráta vláken kortikospinální dráhy bere pacientovi možnost selektivně aktivovat omezený počet svalů. Její funkce je zřejmě nahrazována zvýšenou aktivitou mimopyramidových drah (dráhy s přepojením v mozkovém kmeni) řídicích hrubší pohyb.

Výsledkem je stereotypní svalová aktivita v jednom vzoru s nemožností pohybu mimo synergii a nemožností izolované hybnosti v jednotlivých kloubech (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 106-107).

Zvýšená mimovolní aktivita se manifestuje nadměrnou činností míšních reflexů, abnormálním klidovým držením končetin (spastická dystonie), abnormální doprovodnou aktivitou při snaze o volní pohyb (spastická kokontrakce – aktivace antagonistů vykonávaného pohybu, asociované reakce – svalová aktivita v jiných segmentech). Příčinou je porucha regulace míšních a kmenových reflexů, na vině mohou být v některých případech také neúčelné neuroplastické změny (Štětkářová, 2013, s. 268-270).

Dalšími doprovodnými projevy syndromu spastické parézy jsou **zvýšená únavnost, neobratnost a svalové zkrácení** (Štětkářová, Ehler a Jech, 2012, s. 26).

Obnova motorických funkcí po CMP probíhá v určitém pořadí. Tuto posloupnost popsali autoři Brunstrom (1970) a Twitchell (1951) (vizte tabulku; in Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 108).

Tabulka 1 Stádia motorické obnovy dle Brunstrom a Twitchell

Twitchell
1) Pseudochabá paréza a areflexie
2) Obnova reflexů, rozvoj spasticity
3) Volní pohyb ve stereotypních synergiích (flekční na horní končetině, extenční na dolní), spasticita maximálně rozvinuta
4) Volní pohyb s rozpojením synergií, spasticita polevuje
5) Normální volní pohyb normální rychlostí a koordinací, mírně hyperaktivní šlachookosticové reflexy
Brunstrom
1) Chabá paréza
2) Rozvoj minimálního pohybu v synergiích – masových vzorech zahrnujících současný pohyb v několika segmentech
3) Volní pohyb v synergiích
4) Pohyb částečně mimo synergie
5) Pohyb téměř plně mimo synergie
6) Normální pohyb normální rychlostí

(Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 106-108)

Po CMP je poměrně časté **postižení somatosenzorického systému**. Propriocepce je zasažena asi u jedné až dvou třetin pacientů, četnost poruch taktilního cití je o něco nižší, pohybuje se od 7 % do 53 % (Connell, Lincoln a Radford, 2008, s. 760). Výpadek propriocepce má přímý vliv na motorickou kontrolu a ovlivňuje také průběh obnovy motorických funkcí (Macháčková, Konečný a Vyskotová, 2021, s. 163). Cití po CMP nemusí být poškozeno jenom následkem léze senzoriálních drah. Poruchy se objevují také v souvislosti s přítomností spasticity (Mahmoudzadeh et al., 2021, s. 3), delší imobilitou a svalovým zkrácením (Gioux a Petit, 1993 in Graciez, 2005, s. 540) nebo bolestí (Georgy, 2011, s. 204).

Hojně využívaným a výzkumem prověřeným nástrojem pro vyšetření senzomotoriky končetin u pacientů po CMP je **Fugl-Meyerovo hodnocení (dále jen FMA)**. FMA je kvantitativní testovací škála určená k hodnocení postupu obnovy senzomotoriky končetin pacientů s hemiparézou (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 232). Škálu představili v roce 1975 autoři Fugl-Meyer, Jääskö, Leyman, Olsson a Steglind. Rozdělena je do čtyř sekcí, každá z nich obsahuje několik položek, hodnocených vždy 0-2 body a hodnotí vždy specifickou část senzomotoriky: motorická funkce, senzoriální funkce, rozsah pohybu, kloubní bolestivost. Vyšetření je poměrně jednoduché, nevyžaduje žádné speciální vybavení, dá se aplikovat na nemocničním lůžku a zabere asi 30 min. Důležitou podmínkou vyšetření je spolupráce pacienta. (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 232-239).

Konstrukce škály byla inspirována konceptem popsáním Brunstrom a Twitchell (vizte výše), v podstatě dodala tomuto konceptu kvantitativní hodnocení. Mimo to se ve vyšetření odráží také Bobathovská myšlenka stabilního trupového zajištění pro selektivní pohyb končetiny (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 234).

Validita škály byla ověřena např. autory Shelton, Volpe a Reding, 2001 (s. 233) nebo Hsieh et al., 2009 (s. 1389). Škála vyniká vysokou objektivitou a spolehlivostí (Sullivan et al. 2011, s. 429; See et al., 2013, s. 736). Motorická část je vysoce senzitivní (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 235). Mezi limity vyšetření naopak patří stropový efekt u pacientů s dobrou motorickou obnovou, dále bývá kritizována pro nerovnoměrné hodnocení položek (horní končetina má ve vyšetření větší váhu než dolní, obecně jsou nadhodnoceny reflexy, a naopak málo detailně je vyšetřováno akrum ruky) (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 235-238). Senzoriální část škály není příliš detailní, chybí vyšetření cití dalších modalit a použití této části je nespolehlivé u řady pacientů (s afázií, neglektem). Naopak měření rozsahu pohybu se zdá být pro účel škály nadbytečné. Proto bývá v praxi často aplikována pouze motorická doména škály. Škála rovněž postrádá zhodnocení trupové motoriky (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 235-238).

1.3 POSTURÁLNÍ STABILITA

Lidské tělo je pod neustálým vlivem sil, které mají tendenci jej destabilizovat. Tyto síly jsou generovány jak zevními podněty, tak naší vlastní aktivitou. Abychom mohli bezpečně vykonávat každodenní činnosti, je třeba se účinku těchto sil „bránit“ svalovou činností a změnami nastavení jednotlivých segmentů těla (Janura a Janurová, 2011, s. 90). **Posturální stabilita** je tedy definována jako schopnost udržet vzpřímené držení těla a pohotově reagovat na změny působení vnitřních a zevních sil tak, aby bylo zamezeno nezamýšlenému nebo neřízenému pádu (Vařeka, 2002a, s. 116).

Rovnováha je stav, kdy se působící síly a jejich účinky vzájemně ruší. V klidovém postoji je hlavní působící silou síla tíhová. Rovnováhy je v této situaci dosaženo umístěním těžiště nad opěrnou bázi. Opěrná báze je plocha ohraničená krajními body kontaktu těla s podložkou (Janura a Janurová, 2011, s. 87-88). Přestože se jedná o „klidový“ stoj, naše tělo je i v takové situaci poměrně aktivní (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 170). Tato aktivita má za úkol vyrovnávat drobný pohyb těžiště, ke kterému dochází důsledkem dechových pohybů, nekonstantní kontrakční svalové síly (Vařeka, 2002a, s. 5) a činnosti srdce (Önell, 2000, s. 9).

Rovnováha není vymezena jen jedinou pozicí, možností umístění těžiště nad opěrnou bázi je velké množství a tyto možnosti jsou pro každého jedince vymezeny tzv. **limity stability**, tj. krajními pozicemi, kdy je jedinec ještě schopen udržet rovnováhu beze změny báze opory (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 166).

Posturální stabilita jedince je vymezena jednak **biomechanicky** – výškou těžiště, velikostí opěrné báze a rozsahem pohybu v kloubech – závisí ale také na **aktivitě jedince**, tedy zejména na stavu senzorických systémů, kvalitě řízení a schopnosti generovat potřebné množství svalové síly (Horak, 2006, s. 8, Janura a Janurová, 2011, s. 90-91).

Pohybové strategie, které se uplatňují při vyrovnávání výchylek těžiště, se dělí na strategie s fixní bází opory a strategie se změnou opěrné báze. Strategie s neměnnou bází opory se dále podle převládajícího pohybu v určitém segmentu rozdělují na kotníkovou a kyčelní. Strategie se změnou opěrné báze spočívají ve zvětšení opěrné báze pomocí horní nebo dolní končetiny, úkrokem, úchopem nebo oporou o horní končetinu (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 171). Výběr strategie závisí na mnoha faktorech zevních i vnitřních.

Kotníková strategie je dominantně používána pro vyrovnání menších výchylek v předozadním směru. Její využití vyžaduje dostatečnou sílu, rozsah pohybu (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 173) a neporušené čítí v oblasti kotníku (Horak, 2006, s. 8).

Kyčelní strategie se uplatňuje v náročnějších balančních situacích, jako je zmenšená báze opory, měkký povrch podložky nebo rychlejší, případně silnější zevní narušení rovnováhy (Horak a Kuo, 2000, s. 268). Kyčelní strategie je také více využívána v situacích, kdy okolí produkuje rušivé/konfliktní/hůře čitelné senzorycké podněty (Chander et al., 2021, s. 6-7). Dominantní pohyb v kyčli se děje také při vyrovnávání výchylek ve frontální rovině. Kotníková a kyčelní strategie se mohou libovolně kombinovat (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 171-174).

Kroková strategie se, podobně jako strategie kyčelní, uplatňuje při vyrovnávání větších posturálních výchylek a pokud nic nebrání jejímu využití, je mnohdy preferována před jakoukoliv jinou strategií (McIlroy a Maki, 1993, s. 36). Pokud ani změna opěrné báze nestačí k obnovení rovnováhy, systém přechází do programu řízeného pádu (Vařeka, 2002b, s. 123).

Řízení posturální stability je složitý a dynamický proces. Podílí se na něm řada funkčně provázaných systémů, jako jsou senzorycké systémy, senzorycké strategie, schopnost vnitřní reprezentace, anticipační a reaktivní mechanismy, svalové synergie, muskuloskeletální struktury (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 165). Posturální stabilita má schopnost se přizpůsobit měnícím se podmínkám a zdokonalovat se na základě zkušeností a je považována za komplexní motorickou dovednost (Horak, Henry a Shumway-Cook, 1997, s. 526).

Posturální stabilita je kontrolována ve dvou režimech. Při nečekané ztrátě rovnováhy se uplatňují zejména **reaktivní (zpětnovazebné) mechanismy**. **Anticipační (dopředovazebné) mechanismy** jsou využívány v situacích, kdy je možné výchylky způsobené zevními podněty očekávat, dále při cílených přesunech těžiště a při vyrovnávání výchylek způsobených vlastním volným pohybem (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 166, 171).

Zdrojem informací pro posturální řízení jsou především zrakový, vestibulární a somatosenzorycký systém (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 180). Každý ze systémů popisuje realitu svým jedinečným způsobem, každá informace má v posturálním řízení trochu odlišnou funkci (Mackinnon, 2018, s. 2).

Zrakový systém podává informaci o poloze a pohybu hlavy vzhledem k objektům ve zorném poli. Zásadní význam má pro celkovou orientaci v prostoru a při předvídání změn v působení zevních sil (Mackinnon, 2018, s. 9).

Vestibulární systém registruje polohu a pohyb hlavy vzhledem k působící tíhové síle a setrvačným silám. Vnímání polohy hlavy a pohybu v přímém směru je dominantní úlohou otolitových orgánů, zatímco ampuly polokruhových chodeb jsou specializované pro rychlé rotační pohyby (Ango a Dos Reis, 2019, s. 1).

Somatosenzorický systém zahrnuje propioceptivní a kožní cití. Tento systém detekuje postavení a pohyb segmentů vůči sobě a také zaznamenává polohu těla vůči podložce (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 181).

Činnost senzoričských systémů upravují vyšší centra v závislosti na využitelnosti daného smyslu v aktuální situaci. Například zrak nedokáže odlišit pohyb hlavy od pohybu okolí, proto bude podávat nespolehlivou informaci v situaci, kdy se pohybuje okolí. Vestibulární systém nerozezná náklon hlavy od náklonu celého těla, v případě předklonu hlavy/trupu bude tato informace nespolehlivá. Somatosenzorický systém nedokáže sám o sobě spolehlivě odhadnout orientaci gravitačního vektoru při stoji na nakloněné nebo labilní ploše. V těchto situacích přikládá mozek větší váhu tomu vždy smyslu, který bude s větší pravděpodobností v dané situaci spolehlivý. Tomuto procesu se říká **sensory reweighting** (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 180-187). Probíhá zcela automaticky, je ale závislý na zkušenosti (Allison, Kiemel a Jeka, 2018, s. 92).

Důležitý „uzel“ v řídicím procesu představuje **mozkový kmen**. V oblasti retikulární formace a vestibulárních jader se sbíhá množství informací ze smyslových orgánů, vyšších řídicích center i mozečku. Kmenová centra jsou sama o sobě schopna jednoduchých balančních reakcí, zajišťují propojení volní motoriky s posturální a řídí svalový tonus (Mackinnon, 2018, s. 13-18). Regulace svalového tonu je nezbytná pro zajištění stabilního příjmu informací ze svalových receptorů a pro udržování svalu v pohotovosti pro pohyb (Profeta a Turvey, 2018, s. 112). Kmenové reflexy se podílejí na zajištění stabilní pozice hlavy v prostoru a zajištění zrakové fixace při pohybu hlavy (vestibulokolický a vestibulookulární reflex; Mackinnon, 2018, s. 8). Tím je udržován stabilní příjem informací z vestibulárního a zrakového systému (Barmack, 2003, s. 520).

Komplexní balanční strategie je závislá na činnosti **korových center a podkorových okruhů** (Cherif, Zenzeri a Loram, 2022, s. 2, 20). Jejich činnost vysoce automatizovaná, proto si jí běžně nejsme vědomi (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, 191). Je však možné do ní vědomě zasahovat (Cherif, Zenzeri a Loram, 2022, s. 20) a podléhá učení (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 165).

Korová centra se na bilanci podílejí několika způsoby. Zaprvé, formou **dlouholatenního reflexu** (Cherif, Zenzeri a Loram, 2022, s. 20). Tento reflex vytváří poměrně sofistikovanou pohybovou odpověď (Pruszynski, 2014, s. 43) s latencí 90-120 ms (Safavynia a Ting, 2013), jeho účinek je ale omezený (Cherif, Zenzeri a Loram, 2022, s. 20). Proto, zadruhé, do řídicího procesu vstupuje **volní aktivita**, která omezenou efektivitu reflexních reakcí kompenzuje (Cherif, Zenzeri a Loram, 2022, s. 20). Zatřetí, centra předem **nastavují citlivost** senzoričských a motorických systémů v závislosti na aktuálním kontextu. Předem tak určují, jaké systémy budou použity v případě ohrožení rovnováhy, a jak intenzivní bude reakce (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 189).

Tento mechanismus poskytuje nervovému systému výhodu v podobě zkrácení reakčního času v případě narušení rovnováhy (Horak, Diener a Nashner, 1989. s. 850). Začtvrté, funkcí center je vytvářet **doprovodnou posturální aktivitu při volném pohybu**. Tato aktivita je spouštěna s předstihem před zahájením volního pohybu. Tím je eliminován dopad volního pohybu na rovnováhu (Mackinnon, 2018, s. 1-2).

Pro zjednodušení řízení je činnost svalů organizována do určitých fixních vzorců, tzv. **synergií**. Obsahem synergie je vždy kombinace několika svalů, v rámci synergie má každý sval přidělen relativní podíl aktivity. Jeden sval může být součástí více synergií (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 167-178). Sled aktivace synergistických svalů v rámci balančních strategie se odehrává v distoproximálním směru (Horak a Nashner, 1986, s. 1373). Sídlem synergií jsou zřejmě mozkový kmen a spinální neuronální síť (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 167).

Posturální odezva musí být přiměřená síle, která výchylku způsobila. Regulace intenzity pohybové odpovědi je rolí **mozečku** (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 180, 257). Mozeček je také důležitou strukturou v učení a dopředovazebném řízení (Horak a Diener, 1994 in Morton a Bastian, 2004, s. 254).

1.4 PORUCHY STABILITY PO CMP

Porucha kteréhokoliv ze systémů zúčastněných na posturální kontrole může vést k poruše stability (Horak, 2006, s. 8). Poruchy stability po CMP představují jeden z nejčastějších symptomů (Zheng et al., 2019, s. 8). Trpí jimi asi 61 % pacientů v akutní fázi, v chronické fázi (> 6 měs.) přetrvávají asi u 22 % pacientů (Vincent-Onabajo, Musa a Joseph, 2018, s. 4).

Balanční reakce po CMP jsou obecně opožděné, oslabené (Garland, Gray a Knorr, 2009, s. 9), asymetrické (Vanasseldonk et al., 2006, s. 448), dominantně je využívána kyčelní strategie (Tasseel-Ponche, Yelnik a Bonan, 2015, s. 330), pacienti se hůře adaptují na nové podmínky (Bonan et al., 2004, s. 271-272), více spoléhají na zpětnovazebný systém a méně se uplatňuje vazba dopředná (Hocherman et al., 1988, s. 401). Omezena je schopnost aktivního přenosu váhy, zejména pak ve směru paretické dolní končetiny (Turnbull, Charteris a Wall, 1996, s. 356). Posturální výchylky v jednotlivých směrech jsou vyšší, nejvyšší jsou ve frontální rovině (de Haart et al., 2004, abstrakt).

Důsledkem je vyšší četnost pádů, riziko zranění (Simpson et al., 2011, s. 3-4), limity v sebeobsluze (Wee a Hopman, 2005, s. 611) i společenské participaci (Forster a Young, 1995, s. 84), inaktivita a sklon k depresi (Mancini a Horak, 2010, s. 2).

Asymetrie v držení trupu, rozložení váhy i svalové aktivity může vznikat hned z několika příčin. Tou první je prostá **asymetrie svalového tonu**. Vzniká u kmenových lézí narušením vestibulo-spinálních mechanismů (Pérennou et al., 2014 s. 30). U rostrálních lézí kmene dochází k odklonu směrem od strany léze, u kaudálních lézí je odklon ipsilaterální (Brandt a Dieterich, 1994, abstrakt).

Druhou variantou je asymetrické držení jako účelná **kompenzační strategie**, kdy nepostiženou dolní končetinou je kompenzována oslabená funkce paretické končetiny. Neparetická dolní končetina pak plní hlavní funkci nejen v nesení váhy, ale také se mnohem větší měrou účastní balančních reakcí (Vanasseldonk et al., 2006, s. 448).

U pacientů s poruchou percepce může být asymetrie držení těla výsledkem **zkresleného vnímání** těla a prostoru. Existují teorie, že sensorické informace se v naší mysli zrcadlí v podobě vnitřních modelů (Merfeld, Zupan a Peterka, 1999 in Barra et al., 2010, s. 3553). Takovýto model v mozku zřejmě existuje pro vyobrazení našeho těla (Head a Holmes, 1911 in Longo, Azañón a Haggard, 2010, s. 658) i pro odhad směru působení gravitace (Pérennou et al., 2008, s. 2412). Postižení oblastí, které tyto obrazy vytvářejí, vede ke zkreslenému vnímání a pacient se následně snaží srovnat tělo dle tohoto zkresleného vnitřního modelu. Nejčastěji se jedná o pravostranné léze, v oblasti parietálního kortexu nebo thalamu. Odklon je směřován kontralaterálně od postižené poloviny mozku (Pérennou et al., 2008, s. 2407-2410). U některých pacientů s hemisferální lézí je toto pohybové chování vystupňováno až do tzv. pusher syndromu. Tito pacienti kladou odpor při pokusu o zevní korekci asymetrie postury (Pérennou et al., 2002, s. 570).

Vedle asymetrie se u pacientů objevují také problémy s **vyhodnocováním vhodného sensorického zdroje** (sensory reweighting; Bonan et al., 2004, s. 271-272). Tyto poruchy se projevují jako nestabilita závislá na kontextu (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 263). Pacienti po CMP vykazují horší stabilitu v situacích, kdy jsou znevýhodněny nebo rušeny některé sensorické vstupy. Je také patrná výrazná závislost na zrakových vjemych (Bonan et al., 2004, s. 271-272).

Různě velký dopad na bilanci má **sensorická ztráta**. Jasná souvislost se stabilitou je pozorována při poruchách vestibulárních (Seidl, 2015, s. 357-358). Somatosenzorický deficit je u každého pacienta vyjádřen jinou měrou a každý pacient má různě velkou schopnost tuto poruchu kompenzovat. Některé studie ukazují souvislost mezi poruchou somatosenzoriky a poruchou stability (Lee et al., 2022, s. 207; Keenan, Perry a Jordan, 1984, abstrakt; Niam et al., 1999, abstrakt), v jiné studii nebyla balance těmito poruchami dotčena (Roerdink, et al., 2009, s. 271). Souvislost hemianopsie s posturálními poruchami nebyla pozorována (Rousseaux, et al., 2013, s. 1293).

Další charakteristikou CMP jsou **změny v rozvržení svalových synergií**. U pacientů se objevují změny v distoproximálním timingu, kdy na paretické končetině dochází ke zpoždění v aktivaci distálních svalů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 256).

Distální a proximální svaly paretické dolní končetiny jsou následně aktivovány téměř simultánně (Tasseel-Ponche, Yelnik a Bonan, 2015, s. 331). Na nepostižené dolní končetině naopak dochází k časné aktivaci proximálních svalů. Zřejmě jde o kompenzaci opožděné reakce paretické končetiny (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 256). Na paretické dolní končetině také často dochází ke kokontrakci svalů kolem kolene nebo kotníku (Badke a Duncan, 1983 in Garland, Gray a Knorr, 2009, s. 8). Zpevnění kloubu není příliš efektivní balanční strategií (Horak, Nutt a Nashner, 1992 in Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 255).

Stabilita pacientů je ovlivněna také přítomností **spasticity**. Nejvýrazněji se její dopad projevuje při zavřených očích. Důvodem může být zhoršená propriocepce ze spastických svalů (Khiabani et al., 2017, s. 4-5).

1.5 TESTOVÁNÍ POSTURÁLNÍ STABILITY

Dvě základní skupiny testovacích metod tvoří klinické testy a přístrojová měření. **Klinické testy** stability obecně vynikají svou nenáročností na provedení, čas a vybavení. Umožňují široké uplatnění a jsou proto v běžné praxi nezastupitelné (Kolářová et al., 2014, s. 9). Jejich výsledky jsou ale často ovlivněny subjektivním hodnocením, tyto testy nemusí detekovat drobné změny v klinickém obraze (Mancini a Horak, 2010, s. 4) a některé z nich vykazují stropový efekt (Blum a Korner-Bitensky, 2008, s. 565). V klinickém testování existují dva přístupy: funkční a systémový (Mancini a Horak, 2010, s. 2-5).

Funkční přístup slouží k detekci a jednoduché kvantifikaci poruch stability. Má význam při stanovování rizika pádů, lze jej využít také pro zhodnocení efektivity terapie. Provedení funkčního testu spočívá v sérii pohybových úkolů, hodnoceno je bodovou stupnicí nebo je měřen čas (Mancini a Horak, 2010, s. 2-3, 16). Mezi validizované testy z této kategorie se řadí např. Berg Balance Scale (BBS; Berg et al., 1992) nebo Timed Up and Go Test (TUG; Mathias, Nayak a Isaacs, 1986). Největším limitem funkčních testů je, že nerozlišují mezi jednotlivými typy balančních poruch (Mancini a Horak, 2010, s. 4).

Systémový přístup cílí na odhalení příčiny poruch stability. Hodnotí stabilitu z různých úhlů pohledu, např. vnímání vertikality, senzoričká integrace, anticipační posturální reakce, reakce na zevní perturbaci, motorika a sensorika končetin a další (Mancini a Horak, 2010, s. 2-4). Do této kategorie spadají testy jako je Balance Evaluation Systems Test (BESTest; Horak, Wrisley a Frank, 2009) vč. jeho zkrácené verze mini-BESTest (Franchigioni, et al., 2010)

nebo Physiological Balance Profile (Lord a Clark, 1996). Tyto testy umožňují definovat typ balanční poruchy, díky tomu je možné lépe zacílit terapii a dosáhnout tak jejího maximálního efektu (Horak, 1997, s. 78).

Přístrojové metody mají obrovskou výhodu v objektivitě měření. Umožňují hodnotit posturální stabilitu v kontextu funkčního i systémového přístupu. Testovací podmínky jsou vysoce standardizované, míra stability je vyjádřena přesnými kvantitativními parametry. Přístrojové testy poskytují detailní náhled do posturálních poruch, jsou schopné detekovat i velmi malé změny v klinickém obraze. K hlavním nevýhodám patří nákladnost a prostorová náročnost přístrojového vybavení a časová náročnost vyšetření (Kolářová et al., 2014, s. 9).

Dynamická počítačová posturografie je přístrojová metoda, která se řadí k tzv. kinetickým metodám, hodnotí pohyb z hlediska působících sil. Snímány jsou reakční síly podložky (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 11-13). Reakční síla vzniká v místě kontaktu lidského těla a podložky, působí na lidské tělo a dle zákona akce a reakce je stejně velká, opačně orientovaná než síla, která ji vyvolala (Janura a Janurová, 2011, s. 52). Principem snímání reakčních sil je deformace měřicí podložky, která je převáděna na elektrický signál. Počítač je schopen z těchto signálů vypočítat velikost reakční síly, jejích složek, ale také polohu těžiště (respektive jeho kolmého průmětu – tzv. centre of gravity, dále jen COG) a centrum zatížení plosky nohy (tzv. centre of pressure, dále jen COP; Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 11-16). Přístroj pak sleduje časový průběh těchto parametrů v různých situacích a srovnává data s normativními hodnotami (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 12).

K provokaci balanční reakce se využívají různé typy perturbací („rušení stability“), jako je rotační nebo translační pohyb plošiny nebo volní přenos váhy, je možné také manipulovat se zevními podmínkami (vyřazení zraku, aplikace rušivého podnětu – pohyb zorného pole...) či vnitřními podmínkami (např. souběžné plnění kognitivního úkolu). Díky tomu lze vyšetření cílit na dílčí subsystémy posturální kontroly. Dynamická posturografie tak poskytuje detailnější informaci o typu poruchy (systémový přístup). Primárně se však nejedná o diagnostický nástroj, nelze pomocí něj diagnostikovat specifické onemocnění, poskytuje spíše informaci o funkčním stavu pacienta (Bloem, Visser a Allum, 2003, s. 295-330).

Následující posturografické testy jsou součástí předprogramované sady testů přístroje Neurocom. Patří k nejužívanějším a byly použity také v metodice této studie.

Sensory Organization Test hodnotí, jak jednotlivé senzoričké systémy spolupracují na řízení stability. Principem testování je manipulace se senzoričkými systémy – vyřazení nebo rušení funkce, jednoho nebo více systémů (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 17). Ke znevýhodnění zrakového systému slouží pohyby kabiny přístroje, kdy pohyb kabiny reaguje na přesuny pacientova COP.

Podobným způsobem je manipulován somatosenzorický systém, kdy úměrně k pohybu COP dochází k náklonům podložky v předozadním směru (Sosnoff et al., 2011, s. 86). Vyšetřovaný není o povaze jednotlivých testů předem informován. Testuje se celkem 6 situací, každá ve 3 opakováních (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 17):

1. situace probíhá vstoje s otevřenými očima, podložka i kabina jsou v klidu, sensorické vstupy bez alterace.
2. situace je stoj se zavřenými očima a fixní podložkou i kabinou, hodnotí schopnost kompenzace zrakové kontroly.
3. situací je stoj s otevřenými očima, fixní plošinou, ale pohybující se kabinou (náklon v předozadním směru), je rušen příjem zrakových informací.
- Ve 4. případě stojí pacient s očima otevřenými, kabina je statická, podložka se naklání v předozadním směru. Vyšetřována je kompenzace alterovaných somatosenzorických vstupů.
5. situace probíhá se zavřenými očima a pohybující se podložkou. Hodnocena je kompenzace zrakových a somatosenzorických vjemů.
- V 6. situaci má pacient oči otevřené, pohybuje se jak kabina, tak plošina. Testuje se schopnost kompenzace zraku a propriocepce.

Výstupem celého testu je skóre stability („Equilibrium“) pacienta v jednotlivých zátěžových situacích i celkově. Vyjádřeno je v procentech, vyšší číslo značí lepší stabilitu. Dále se hodnotí výchozí postavení COG ve stupních („COG Alignment“) a dominantní stabilizační strategie („Strategy“) – kyčelní nebo kotníková. Hodnoty blízké se číslu 100 znamenají převahu kotníkové strategie, hodnoty blízké se 0 ukazují na převládající kyčelní strategii (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 17).

Motor Control Test hodnotí kvalitu automatických reakcí při translačních pohybech plošiny v předozadním směru. Každý směr (vpřed a vzad) je testován při třech rychlostech (malá, střední, velká) a každé měření se opakuje 3x. Rozsah translace je úměrný výšce vyšetřovaného. Vyšetřovaný je předem instruován o tom, že se bude pohybovat podložka, a že chodidla musí zůstat ve výchozí pozici.

Výstupní parametry jsou následující. „Weight Symmetry“ hodnotí rozložení zátěže končetin v průběhu testu (v procentech). Hodnota 100 značí, že jsou obě končetiny zatíženy rovnoměrně. Hodnoty menší než 100 vypovídají o větším zatížení levé končetiny, hodnoty nad 100 o větším zatížení pravé. Podobně je vyjádřen poměr síly, produkovaný každou dolní končetinou – „Strength Symmetry“. Třetí parametr, „Latency“, měří čas mezi zahájením pohybu plošiny a reakcí pacienta (v milisekundách). Čtvrtou měřenou hodnotou je „Amplitude Scaling“. Vyjadřuje velikost silové odpovědi pacienta zvlášť pro každou dolní končetinu (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 16-17).

Limits of Stability je test, který hodnotí schopnost aktivního přesunu těžiště. Pacientovým úkolem je co nejrychleji přesunout své těžiště předem definovaným směrem, aniž by se změnila báze opory. Pohyb COG počítač vykresluje na monitoru umístěném před pacientem (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 22).

Hodnotí se reakční čas („Reaction Time“), tj. doba (v sekundách), která uběhne než stačí pacient zareagovat na zvukový signál značící začátek testu. Dále se měří průměrná rychlost ($^{\circ}/s$) s jakou pacient přesouvá své těžiště („Movement Velocity“), bod, do kterého pacient přesune své těžiště při prvním pokusu o dosažení krajní pozice („Endpoint Excursion“) a maximální možná vzdálenost, které je pacient schopný v daném směru dosáhnout („Maximum Excursion“). Obě vzdálenosti jsou vyjádřeny v % z teoretického maxima. Posledním parametrem je „Direction Control“, vyjadřuje koordinaci pohybu. Hodnotí se opět v %, 100 % značí pohyb po přímé linii k cíli, hodnota pod 100 % vyjadřuje odchylku od přímého směru (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 22).

1.6 MOŽNOSTI FYZIOTERAPEUTICKÉ INTERVENCE

Fyzioterapie se jeví jako účinný nástroj v terapii balančních poruch po iktu (van Duijnhoven et al., 2016, s. 2609; Hugues et al., 2019, s. 17). Přístupy k terapii jsou nicméně velmi rozmanité a doposud nebylo možné definovat optimální strategii (van Duijnhoven et al., 2016, s. 2608). Kolektiv autorů Veerbeek et al. v metaanalýze z roku 2014, s. 1 zkoumal efekt fyzioterapie u osob po iktu obecně. Závěrem studie bylo doporučení intenzivního, funkčně orientovaného tréninku s velkým počtem opakování každého úkolu.

Podstatou funkčně orientovaného tréninku je zaměření rehabilitace na provedení konkrétní aktivity, která je pro pacienta problematická. To zahrnuje snahu o ovlivnění příčin poruchy, nácvik jednotlivých sekvencí aktivity a nácvik kompletního provedení aktivity v nejrůznějších podmínkách (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 156).

K odhalení problematické komponenty aktivity může napomoci dříve zmíněný systémový přístup. Na úrovni impairmentu je možné zlepšit balanční schopnosti například zlepšením kontroly trupu (van Criekinge et al., 2019, s. 6), vhodnou technikou je například Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (Nguyen, Chou a Hsieh, 2022, s. 17). Pacienti mohou těžit také z terapie zaměřené na podporu vnímání těla (Chia, Kuys a Low Choy, 2019, s. 11, Apriliyasari, Van Truong a Tsai, 2022, abstrakt).

Druhým cílem terapie je nácvik optimálních sensorických, motorických a kognitivních strategií k udržení balance. Provádí se nácvik kontrolovaného pohybu těžiště vůči opěrné bázi. Zpočátku je cíleno na nácvik statické balance v neměnných nebo snadno předvídatelných podmínkách, později se zařazují dynamická cvičení, cílem je oslovit jak anticipační, tak reaktivní strategie. Při výcviku reaktivní balance se aplikují zevní mechanické podněty z různých směrů, různého rozsahu a rychlosti, v rámci nácviku anticipačních strategií se využívají například dosahové aktivity, zvedání nebo házení předmětů (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 295-300). Opomenut nesmí zůstat nácvik strategií se změnou opěrné báze, protože právě tyto mají největší význam v prevenci pádů (Maki a McIlroy, 1997, s. 490).

Trénink kognitivních strategií cílí na vhodné zaměření pozornosti a spočívá v souběžném plnění více úkolů, zpravidla jednoho pohybového a jednoho kognitivního (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 295, 302).

Optimální využití sensorických zdrojů je možné podpořit tréninkem stability v různých podmínkách, kdy je dočasně omezen nebo zkreslen příjem informací z jednoho či více sensorických zdrojů. Typicky se jedná o cvičení se zavřenýma očima nebo na měkkém povrchu (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 300-301).

Někdy nelze ovlivnit postiženou strukturu nebo funkci přímo. I přesto je možné zlepšit balanční kapacitu pacienta. Tito pacienti budou profitovat z nácviku vhodných kompenzačních strategií (van Duijnhoven et al., 2016, s. 2606), jako je zvýšení svalové síly neparetické končetiny, optimalizace krokové strategie nebo zvýšení stabilizace hlavy a těla v prostoru (Geurts et al., 2005, s. 276-277). U pacientů s těžkým motorickým postižením se proto nedoporučuje korigovat asymetrické rozložení váhy (Genthon et al., 2008, s. 1793).

Nově získaná dovednost musí být dostatečně flexibilní, aby byla přenositelná do reálného prostředí. Proto v další fázi rehabilitace zařazujeme také trénink balančních dovedností v proměnlivém a méně předvídatelném prostředí a nácvik nejrůznějších komplexních aktivit (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 304).

Terapie musí být za každou cenu bezpečná, nemělo by docházet k pádům (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, s. 272). Zároveň ale úkol musí být pro pacienta dostatečně velkou výzvou, aby měl možnost se zlepšovat. Je proto vhodné zvážit, jak velká redukce stupňů volnosti je nutná. Terapie, která bude po celou dobu doprovázena zevní oporou nemusí být efektivní (van Duijnhoven et al., 2016, 2607-2608).

Užitečným pomocníkem v terapii balančních poruch mohou být zařízení využívající virtuální realitu (de Rooij, van de Port a Meijer, 2016). Virtuální realita je technologie umožňující interakci člověka se simulovaným prostředím.

Simulace se snaží co nejvíce přiblížit reálnému prostředí a reálným úkolům, opět se zde uplatňuje funkčně orientovaný přístup (Corbetta, Imeri a Gatti, 2015, s. 117). Tato technologie poskytuje multisenzorickou zpětnou vazbu, která umožňuje pacientovi lépe vnímat své tělo (Lord et al., 2006 in Corbetta, Imeri a Gatti, 2015, s. 123). Její efekt spočívá také v motivaci pacienta (Corbetta, Imeri a Gatti, 2015, s. 123). Rehabilitace pomocí virtuální reality je účinnou formou terapie, má dokonce lepší výsledky než rehabilitace klasická (Corbetta, Imeri a Gatti, 2015, s. 121, de Rooij, van de Port a Meijer, 2016, s. 1913).

Vhodným doplňkem klasické rehabilitace může být také třeba hydrokinezioterapie (Nascimento et al., 2020, s. 109), robotická rehabilitace (Zhu et al., 2023, abstrakt), tai-chi (Winser et al., 2018, abstrakt) nebo trénink představy pohybu (Zhao et al., 2023, s. 417).

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Práce se zabývá problematikou nestability u pacientů s hemiparézou na podkladě cévní mozkové příhody. Cílem práce je popsat souvislosti mezi poruchami senzomotoriky paretické dolní končetiny, tj. poruchami na úrovni impairmentu, a poruchami posturální stability, tj. poruchami na úrovni disability. Senzomotorika byla vyšetřována Fugl-Meyer Assessment pro dolní končetinu (dále jen FMA-LE) a orientačně byla zhodnocena svalová síla. Pro vyšetření stability byly použity testy Sensory Organization Test (dále jen SOT), Limits of Stability (dále jen LOS) a Motor Control Test (dále jen MCT) v rámci dynamické počítačové posturografie.

Výzkumné otázky:

- 1) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a posturální stabilitou hodnocenou na podkladě posturografického vyšetření?

Dílní otázky a hypotézy k otázce 1:

- a) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a souhrnnými skóre posturografických testů?

H₁: Celkové skóre FMA-LE nebo výsledky jeho dílčích kategorií nekorelují se souhrnnými skóre posturografických testů.

H_{1A}: Souhrnná skóre posturografických testů závisí na dosaženém skóre ve FMA-LE a jeho dílčích kategoriích.

- b) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a maximální exkurzí pohybu (hodnota Maximum Excursion, dále jen MXE) v testu LOS?

H₂: Hodnota MXE je nezávislá na skóre FMA-LE.

H_{2A}: Hodnota MXE koreluje se skóre FMA-LE.

- c) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a exkurzí pohybu při prvním pokusu o dosažení cíle (hodnota Endpoint Excursion, dále jen EPE) v testu LOS?

H₃: Hodnota EPE je nezávislá na skóre FMA-LE.

H_{3A}: Hodnota EPE koreluje se skóre FMA-LE.

- d) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a kontrolou směru (hodnota Directional Control, dále jen DCL) v testu LOS?
H₄: *Hodnota DCL je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{4A}: *Hodnota DCL koreluje se skóre FMA-LE.*
- e) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a latencí reakce (hodnota Latency, dále jen LT) v testu MCT?
H₅: *Hodnota LT je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{5A}: *Hodnota LT koreluje se skóre FMA-LE.*
- f) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a rozložením zátěže dolních končetin (hodnota Weight Symmetry, dále jen WS) v testu MCT?
H₆: *Hodnota WS je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{6A}: *Hodnota WS koreluje se skóre FMA-LE.*
- g) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a poměrem síly vyvinuté každou dolní končetinou (hodnota Strength Symmetry, dále jen SS) v testu MCT?
H₇: *Hodnota SS je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{7A}: *Hodnota SS koreluje se skóre FMA-LE.*
- h) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a exkurzí pohybu pacientova těžiště (hodnota Equilibrium Score, dále jen ES) v testu SOT?
H₈: *Hodnota ES je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{8A}: *Hodnota ES koreluje se skóre FMA-LE.*
- i) Existuje souvislost mezi senzomotorickým deficitem dle FMA-LE a zvolenou pohybovou strategií (hodnota Strategy, dále jen SG) v testu SOT?
H₉: *Hodnota SG je nezávislá na skóre FMA-LE.*
H_{9A}: *Hodnota SG koreluje se skóre FMA-LE.*

- 2) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly hodnocenou orientačním svalovým testem (dále jen oST) a posturální stabilitou hodnocenou na podkladě posturografického vyšetření?

Dílčí otázky a hypotézy k otázce 2:

- a) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a maximální exkurzí pohybu (hodnota MXE) v testu LOS?

H₁₀: Hodnota MXE je nezávislá na skóre oST.

H_{10A}: Hodnota MXE koreluje se skóre oST.

- b) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a exkurzí pohybu při prvním pokusu o dosažení cíle (hodnota EPE) v testu LOS?

H₁₁: Hodnota EPE je nezávislá na skóre oST.

H_{11A}: Hodnota EPE koreluje se skóre oST.

- c) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a kontrolou směru (hodnota DCL) v testu LOS?

H₁₂: Hodnota DCL je nezávislá na skóre oST.

H_{12A}: Hodnota DCL koreluje se skóre oST.

- d) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a latencí reakce (hodnota LT) v testu MCT?

H₁₃: Hodnota LT je nezávislá na skóre oST.

H_{13A}: Hodnota LT koreluje se skóre oST.

- e) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a rozložením zátěže dolních končetin (hodnota WS) v testu MCT?

H₁₄: Hodnota WS je nezávislá na skóre oST.

H_{14A}: Hodnota WS koreluje se skóre oST.

- f) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a poměrem síly vyvinuté každou dolní končetinou (hodnota SS) v testu MCT?

H₁₅: Hodnota SS je nezávislá na skóre oST.

H_{15A}: Hodnota SS koreluje se skóre oST.

g) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a exkurzí pohybu pacientova těžiště (hodnota ES) v testu SOT?

H₁₆: Hodnota ES je nezávislá na skóre oST.

H_{16A}: Hodnota ES koreluje se skóre oST.

h) Existuje souvislost mezi sníženou produkcí svalové síly dle oST a zvolenou pohybovou strategií (hodnota SG) v testu SOT?

H₁₇: Hodnota SG je nezávislá na skóre oST.

H_{17A}: Hodnota SG koreluje se skóre oST.

3 METODIKA

Výzkum probíhal v kineziologické laboratoři rehabilitačního oddělení Fakultní nemocnice Olomouc (dále jen FNOL) na základě svolení pracoviště a schválení výzkumu Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (dále jen FZV UP). Všichni účastníci studie byli náležitě poučeni o průběhu a cílech měření a svůj souhlas se zařazením do výzkumu písemně stvrdili (vzor informovaného souhlasu vizte v příloze 1).

3.1 ZKOUMANÝ SOUBOR

Účastníky studie byli pacienti lůžkové rehabilitace ve FNOL. Kritériem pro zahrnutí do studie byla přítomnost jednostranné hemiparézy po prodělání cévní mozkové příhody v posledních 3 měsících, stabilizovaný zdravotní stav pacienta, schopnost samostatného stoje po dobu alespoň 2 min, schopnost komunikace (bez závažných sluchových či řečových poruch), nepřítomnost závažných zrakových poruch (které nelze korigovat brýlemi), nepřítomnost závažného kognitivního deficitu, tj. dosažení aspoň 10 a více bodů (Nasreddine, 2023) v Montrealském kognitivním testu (dále jen MoCA; Nasreddine et al., 2005). Použit byl validizovaný český překlad dotazníku (Bezdiček, Štěpánková a Kopeček, 2016). Věk byl vymezen 18ti a 90ti roky. Do studie nebyli zahrnuti pacienti, kteří trpěli nestabilitou z jakéhokoliv důvodu již dříve.

Studie se zúčastnilo celkem 21 probandů, 3 byli v průběhu studie vyloučeni (2 pacienti pro výraznou bolestivost jedné dolní končetiny způsobenou jinou příčinou, než je CMP a znemožňující pacientovi plné zatížení končetiny, 1 pro nesplnění vstupních kritérií – CMP dříve než před 3 měsíci). Výsledný soubor čítal 18 účastníků, z toho 6 žen a 12 mužů ve věkovém rozmezí 45-80 let, průměrný věk byl 65,6 let. Všichni pacienti ze souboru prodělali ischemickou CMP. U 14 probandů byla léze lokalizovaná v oblasti předního povodí, u 4 se nacházela v zadním povodí. Častější byla paréza pravé poloviny těla (13x pravostranná paréza vs. 5x levostranná). 14 pacientů prodělalo první iktus, 4 pacienti byli po opakované atace. 8 probandů ze souboru bylo před iktem zaměstnaných, 11 se věnovalo alespoň příležitostně nějaké pohybové aktivitě a 8 dosáhlo středoškolského vzdělání s maturitou nebo vyššího. Průměrné BMI v souboru bylo 28,1.

3.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ A MĚŘICÍ METODY

Měření probíhalo formou jednorázového vyšetření. Každé vyšetření trvalo cca 80 minut. V úvodu byl pacient seznámen s cíli studie a průběhem měření, svými právy a povinnostmi vyplývajícími z účasti na studii. Poté byla pacientovi odebrána základní anamnestická data se zaměřením na údaje, které by mohly mít vliv na pacientovu posturální stabilitu nebo na průběh měření: pohlaví, věk, váha, výška, typ, lokalita a lateralita mozkové příhody, vzdělání, zaměstnání, sportovní aktivity, případné komorbidity. Následovalo vyplnění MoCA testu.

Dalším bodem bylo vyšetření senzomotoriky paretické dolní končetiny dle Fugl-Meyera (dále jen FMA-LE; Fugl-Meyer et al., 1975) – vyšetřeny byly kategorie E. (motorická funkce), F. (rychlost a koordinace pohybu), H. (taktilní a propioceptivní cití), I. (rozsah pohybu) a J. (bolestivost pohybu). Každá kategorie obsahuje několik položek hodnocených 0-2 body, celkem je možné dosáhnout 86 bodů, vyšší číslo znamená lepší výsledek.

Dále byla vyšetřena spasticita dle modifikované Ashworthovy (dále jen MAS; Bohannon a Smith, 1987) a modifikované Tardieuovy škály (dále jen MTS; Boyd a Graham, 1999). Hodnocenými svalovými skupinami byly extenzory hlezna, m. gastrocnaemius, flexorová a extenzorová skupina kolene. Výchozí pozicí pro všechny testy spasticity byl leh na zádech. Svaly kolem kolene byly vyšetřovány při 45° flexi v kyčli. Při vyšetření m. gastrocnaemius byly ostatní segmenty v anatomickém postavení, při vyšetření dorziflexorů hlezna bylo koleno vypodloženo do mírné flexe, aby bylo zabráněno případné spastické aktivitě m. gastrocnaemius. Polohy pro vyšetření byly částečně převzaty od autorů Boyd a Graham (1999, s. 25). Každá škála má šestistupňový skórovací systém, kdy vyšší číslo značí větší závažnost postižení. Skórovací systém MAS a MTS vizte v příloze 1.

Poté byla zhodnocena svalová síla obou dolních končetin pro pohyby: flexe, abdukce, zevní a vnitřní rotace v kyčli, flexe a extenze v koleni, flexe, extenze, inverze a everze v hleznu. Z praktických důvodů (zdlouhavost vyšetření a možná únava pacienta) bylo celé vyšetření svalové síly provedeno v poloze vleže na zádech. Netestovaná dolní končetina byla vypodložena do mírné flexe pro zachování neutrálního postavení pánve. Výchozí pozicí pro vyšetření flexe a abdukce v kyčli bylo anatomické postavení dolní končetiny. Rotace v kyčli byly vyšetřovány v 90° flexi dolní končetiny v kyčli o koleni. Měření flexe v koleni vycházelo z anatomického postavení, pohyb byl veden tahem po podložce do maximální flexe v koleni se souběžnou flexí v kyčli. Extenze v koleni byla vyšetřována při vypodložení dolní končetiny do 45stupňové flexe v kyčli.

Vyšetření pohybů hlezna vycházelo z anatomického postavení. Hodnoceno bylo 0-5 body obdobně jako v Jandově Svalovém testu (Janda, 1996, s. 15).

Posledním bodem byla posturografie. Měřeno bylo na přístroji NeuroCom®, využit byl modul Smart Equitest System a předprogramované testy Motor Control Test, Limits of Stability a Sensory Organization Test. Modul Smart Equitest System disponuje pohyblivou měřicí plošinou a pohyblivou kabinou a je určen pro měření stability ve vzpřímeném stoji za různých podmínek. Zmíněné testy byly vybrány se záměrem vyšetřit reaktivní a proaktivní složku stabilizačních strategií a kvalitu senzoryckých strategií v klidovém stoji. Pacienti byli vyšetřováni v bezpečnostní vestě, pod neustálým dohledem terapeuta. Pacienti stáli při vyšetření ve vzpřímeném stoji, s horními končetinami volně svěšenými podél těla a pohledem směřujícím vpřed. Vyšetřovalo se naboso s chodidly umístěnými předepsaným způsobem. Pacienti byli instruováni o nutnosti stálé polohy chodidel a stoje bez opory (Kolářová, Jiráčková a Stacho, 2014, s. 15-16).

3.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Pro statistické zpracování byly použity pouze vybrané hodnoty z jednotlivých posturografických testů. Z Motor Control Test byly vybrány hodnoty Weight Symmetry, Latency a Strength Symmetry. Hodnoty WS a SS byly upraveny tak, aby vyjadřovaly zatížení a aktivitu nikoliv pravé a levé končetiny, ale paretické a neparetické. U pacientů s pravostrannou hemiparézou byla hodnota ponechána tak, jak je. U pacientu s levostrannou hemiparézou byl proveden přepočít: naměřená hodnota byla odečtena od čísla 200. Hodnota LT byla rovněž upravena, aby vyjadřovala aktivitu paretické a neparetické končetiny. Program zaznačil u některých pacientů latenci reakce jako nulovou, jednalo se o případy, kdy pacient nebyl schopen vyvinout dostatečnou reaktivní sílu. Tyto hodnoty nebyly při statistickém testování brány v potaz (byly smazány).

Z testu Limits of Stability byla použita hodnota Endpoint Excursion, Maximum Excursion a Directional Control (dále jen DCL). Tyto hodnoty byly upraveny tak, aby popisovaly pohyb ve směru paretické vs. neparetické končetiny namísto pohybu doprava a doleva.

Ze Sensory Organization Test byly vybrány hodnoty Equilibrium Score a Strategy. Hodnotu ES přístroj naměří pouze pokud pacient udrží rovnováhu po celou dobu měření. Hodnotu Strategy přístroj změří i v případě, že v daném pokusu došlo k „pádu“ pacienta. Ve statistickém zpracování byly brány v potaz pouze hodnoty SG naměřené bez pádu pacienta.

Z Fugl-Meyerova hodnocení bylo použito celkové skóre, celkové skóre za motorickou doménu (E.+F.) a dále dílčí skóre dle jednotlivých kategorií (E., E II., E III., E IV., E V., F., H., I., J.). Svalová síla byla ve statistice zpracovávána zvlášť pro každý segment (kyčel, koleno, hlezno, chodidlo).

Statistická analýza dat byla provedena v programu Statistica. Ke zhodnocení závislosti byl použit neparametrický Spearmanův korelační koeficient. Síla korelace byla označena jako nízká, pokud absolutní hodnota Spearmanova koeficientu dosahovala méně než 0,5. Pro středně silnou korelaci musely hodnoty ležet v intervalu $<0,5;0,7$). Pro silnou korelaci musela hodnota dosahovat 0,7 a více (Arya et al., 2014, s. 2).

4 VÝSLEDKY

4.1 VÝSLEDKY KLINICKÉHO VYŠETŘENÍ

Tabulka 2 Výsledky FMA-LE – kategorie E. a F.

Kategorie	E II.	E III.	E IV.	E V.	E. celk.	F.	E.+F.
Průměr/plný počet	12,8/14	3,6/4	3,4/4	1,9/2	25,3/28	4,9/6	30,2/34
Relativní skóre	91,4 %	90 %	85 %	95 %	90,4 %	81,7 %	88,8 %

Pozn.: Doména E I. není v tabulce uvedena. V této doméně skórovali všichni pacienti plným počtem 4 bodů a tato doména nebyla dále samostatně statisticky testovaná v korelační analýze.

Tabulka 3 Výsledky FMA-LE – kategorie H., I., J. a celkové skóre

Kategorie	H.	I.	J.	Celkové skóre
Průměr/plný počet	10,2/12	17,9/20	19,9/20	78,2/86
Relativní skóre	85 %	89,5 %	99,5 %	90,9 %

Tabulka 4 Výsledky hodnocení spasticity dle MAS, četnost hodnocení jednotlivými stupni

Stupeň	1	1+	2
Absolutní četnost	18	4	1
Relativní četnost	25 %	5,6 %	1,4 %

Pozn.: Stupně 3 a 4 nebyly zachyceny.

Tabulka 5 Výsledky hodnocení spasticity dle MAS, četnost postižení jednotl. svalových skupin

Svalová skupina	Extenzory kolene	Flexory kolene	M. gastrocnae.	Dorziflex. hlezna
Absolutní četnost	6	4	11	2
Relativní četnost	33,3 %	22,2 %	61,1 %	11,1 %

Tabulka 6 Výsledky hodnocení spasticity dle MTS, četnost hodnocení jednotlivými stupni

Stupeň	1	2	3
Absolutní četnost	13	11	1
Relativní četnost	18,1 %	15,3 %	1,4 %

Pozn.: Stupně 4 a 5 nebyly zachyceny.

Tabulka 7 Výsledky hodnocení spasticity dle MTS, četnost postižení jednotlivých svalových skupin

Svalová skupina	Extenzory kolene	Flexory kolene	M. gastrocnae.	Dorziflex. hlezna
Absolutní četnost	7	5	11	2
Relativní četnost	38,9 %	27,8 %	61,1 %	11,1 %

Tabulka 8 Výsledky orientačního hodnocení svalové síly

Segment	Kyčel	Koleno	Hlezno	Chodidlo
Průměr/plný počet	14,7/20	8,4/10	8,6/10	7,9/10
Relativní skóre (kde 100 % = plný počet)	73,5 %	84 %	86 %	79 %
Relativní skóre (kde 100 % = skóre zdravé DK)	89,6 %	88,4 %	90,5 %	87,8 %

Pozn.: Chodidlo označuje testovaný pohyb do inverze a everze. DK = dolní končetina.

4.2 VÝSLEDKY POSTUROGRAFICKÝCH TESTŮ

4.2.1 LIMITS OF STABILITY

Tabulka 9 Výsledky testu Limits of Stability

Směr pohybu									Kompozitní skóre
	Vpřed	Paretické vpřed	Paretické	Paretické vzad	Vzad	Neparetické vzad	Neparetické	Neparetické vpřed	
MXE [%]	70,2 (± 17,3)	74,3 (± 14,1)	68,8 (± 13,3)	72,2 (± 19,7)	59,0 (± 16,0)	70,6 (± 15,1)	67,8 (± 9,0)	71,4 (± 14,4)	67,0 (± 11,7)
EPE [%]	50,4 (± 15,8)	63,7 (± 14,3)	56,8 (± 18,3)	48,0 (± 16,8)	37,9 (± 14,4)	53,1 (± 16,6)	55,1 (± 13,2)	58,8 (± 17,9)	51,5 (± 11,1)
DCL [%]	78,6 (± 21,8)	77,4 (± 10,7)	78,2 (± 15,8)	53,1 (± 23,3)	60,3 (± 24,7)	55,3 (± 27,0)	82,1 (± 6,7)	70,3 (± 21,4)	71,9 (± 10,5)

Pozn.: Hodnoty v tabulce jsou aritmetické průměry, v závorce je uvedena směrodatná odchylka, směr pohybu znamená směr, kterým měl pacient za úkol přesunout své těžiště. Vyšší hodnota EPE, MXE nebo DCL znamená lepší výsledek.

4.2.2 MOTOR CONTROL TEST

Tabulka 10 Výsledky testu Motor Control Test, hodnoty Weight Symmetry a Strength Symmetry

Směr pohybu plošiny	Vzad			Vpřed		
Rychlost pohybu plošiny	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
Weight Symmetry	104,1 (± 10,5)	105,8 (± 10,3)	107,2 (± 10,5)	107,0 (± 12,0)	106,5 (± 12,6)	108,0 (± 12,9)
Strength Symmetry	86,2 (± 21,9)	84,3 (± 18,8)	85,8 (± 17,8)	79,3 (± 33,9)	79,6 (± 25,5)	84,1 (± 23,1)

Pozn.: Hodnoty vyjadřují relativní zatížení nebo silové působení paretické nebo neparetické končetiny: hodnoty > 100 znamenají větší zatížení nebo silové působení paretické končetiny, hodnoty < 100 větší zatížení nebo silové působení neparetické. Uvedené hodnoty jsou aritmetickým průměrem, v závorce je uvedena směrodatná odchylka.

Tabulka 11 Výsledky testu Motor Control Test, hodnota Latency

Směr pohybu plošiny		Vzad			Vpřed		
Rychlost pohybu plošiny		Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
LT [ms]	Paretická končetina	154,4 (± 19,2)	152,8 (± 11,0)	142,2 (± 9,7)	160,0 (± 23,3)	138,3 (± 17,1)	132,9 (± 12,3)
	Neparetická končetina	146,7 (± 22,6)	143,9 (± 10,1)	138,3 (± 8,3)	160,7 (± 22,2)	135,0 (± 17,4)	126,9 (± 6,8)

Pozn.: Jsou uvedeny aritmetické průměry, v závorce je směrodatná odchylka. Nižší hodnota znamená lepší výsledek.

4.2.3 SENSORY ORGANIZATION TEST

Tabulka 12 Výsledky testu Sensory Organization Test

Testová situace	1	2	3	4	5	6	Kompozitní skóre
ES [%]	93,2 (± 3,4)	89,5 (± 5,4)	88,3 (± 5,1)	78,8 (± 12,4)	64,9 (± 12,3)	64,3 (± 14,0)	69,2
SG	98,2 (± 1,3)	97,4 (± 3,3)	97,0 (± 2,9)	73,1 (± 14,1)	57,9 (± 16,6)	55,8 (± 18,4)	98,2

Pozn.: Jsou uvedené aritmetické průměry, v závorce je směrodatná odchylka. Vyšší ES znamená lepší skóre. Hodnoty Strategy blízké 100 indikují kotníkovou strategii, naopak hodnoty blízké 0 znamenají kyčelní strategii.

4.3 KORELACE

Ve výsledcích uvádím pouze korelace, které byly statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a zároveň dosahovaly absolutní hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu (v tabulkách jako Spearman R) aspoň 0,5.

4.3.1 FMA-LE VS. KOMPOZITNÍ SKÓRE POSTUROGRAFIE

Při porovnání FMA-LE se souhrnnými posturografickými výsledky byla na základě korelační analýzy nalezena 1 statisticky významná korelace (celkem z 30 testů). Byla to korelace mezi motorickou doménou FMA-LE, tj. součet kategorie E.+F. a kompozitním skóre Latency v Motor Control Testu. Hodnota Spearmanova koeficientu byla -0,565 a byla statisticky významná na hladině $p = 0,022$. Korelace byla negativní, tzn. čím lepší bylo skóre motorické domény FMA-LE, tím nižších latencí (lepších výsledků) pacienti dosahovali v rámci Motor Control Testu. Síla korelace byla střední.

4.3.2 FMA-LE VS. PODROBNÉ VÝSLEDKY POSTUROGRAFIE

Tabulka 13 Statisticky významné korelace mezi souhrnnými skóre FMA-LE a testem LOS

Hodnota	Skóre FMA-LE	Směr pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
DCL	E.+F.	Vpřed	0,602	0,008	Střední
	Celkové skóre	Vpřed	0,636	0,005	Střední

Pozn. Celkem bylo provedeno 48 testů, 2 výsledky (4,2 %) byly statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a vykazovaly alespoň středně silnou korelaci. Směr pohybu znamená směr volního přesunu těžiště pacienta.

Tabulka 14 Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem LOS

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Směr pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
MXE	E III.	Vpřed	0,524	0,026	Střední
	E III.	Neparetické	0,589	0,010	Střední
	E III.	Neparetické vpřed	0,618	0,006	Střední
	F.	Neparetické	0,511	0,030	Střední

(Pokračování tabulky z předchozí strany)

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Směr pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
EPE	E III.	Paretické vzad	0,544	0,024	Střední
DCL	F.	Vzad	0,571	0,017	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 120 testů, 6 výsledků (5 %) bylo statisticky významných na hladině $p < 0,05$ a vykazovalo alespoň středně silnou korelaci. Směr pohybu znamená směr volního přesunu těžiště pacienta.

Tabulka 15 Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické dolní končetiny a testem LOS

Hodnota	Testovaný segment	Směr pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
MXE	Kyčel	Vzad	0,694	0,001	Střední
	Koleno	Vzad	0,618	0,006	Střední
	Kotník	Vzad	0,581	0,012	Střední
	Chodidlo	Vpřed	0,658	0,003	Střední
	Chodidlo	Vzad	0,608	0,007	Střední
DCL	Kyčel	Neparetické vzad	0,505	0,032	Střední
	Kyčel	Neparetické vpřed	0,686	0,002	Střední
	Koleno	Neparetické vpřed	0,665	0,003	Střední
	Chodidlo	Neparetické vzad	0,611	0,007	Střední
	Chodidlo	Neparetické vpřed	0,584	0,011	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 96 testů, 10 výsledků (10,4 %) bylo statisticky významných na hladině $p < 0,05$ a vykazovalo alespoň středně silnou korelaci. Směr pohybu znamená směr volního přesunu těžiště pacienta.

Tabulka 16 Statisticky významné korelace mezi souhrnnými skóre FMA-LE a testem MCT

Hodnota	Skóre FMA-LE	Směr pohybu	Rychlost pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
WS	E.+F.	Vpřed	Nízká	-0,599	0,009	Střední
	E.+F.	Vpřed	Střední	-0,576	0,012	Střední
	E.+F.	Vpřed	Vysoká	-0,723	0,001	Vysoká
	Celkové skóre	Vpřed	Nízká	-0,588	0,010	Střední
	Celkové skóre	Vpřed	Střední	-0,543	0,020	Střední
	Celkové skóre	Vpřed	Vysoká	-0,699	0,001	Střední
SS	E.+F.	Vzad	Střední	0,541	0,020	Střední
	Celkové skóre	Vzad	Střední	0,566	0,014	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 48 testů, 8 výsledků (16,7 %) bylo statisticky významných na hladině $p < 0,05$ a vykazovalo alespoň středně silnou korelaci. Směr a rychlost pohybu označují pohyb plošiny.

Tabulka 17 Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem MCT

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Latence pro končetinu	Směr pohybu	Rychlost pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
LT	F.	Paretickou	Vpřed	Nízká	-0,564	0,036	Střední
	F.	Neparetickou	Vpřed	Nízká	-0,579	0,030	Střední
WS	E V.		Vpřed	Střední	-0,512	0,030	Střední
	E V.		Vpřed	Vysoká	-0,546	0,019	Střední
	E IV.		Vpřed	Vysoká	-0,551	0,018	Střední
	F.		Vzad	Nízká	-0,594	0,009	Střední
	F.		Vzad	Střední	-0,565	0,015	Střední
	F.		Vzad	Vysoká	-0,567	0,014	Střední
	F.		Vpřed	Nízká	-0,673	0,002	Střední
	F.		Vpřed	Střední	-0,517	0,028	Střední
	F.		Vpřed	Vysoká	-0,543	0,020	Střední

(Pokračování tabulky z předchozí strany)

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Latence pro končetinu	Směr pohybu	Rychlost pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
SS	E II.		Vzad	Nízká	0,581	0,012	Střední
	E II.		Vzad	Střední	0,613	0,007	Střední
	E II.		Vzad	Vysoká	0,591	0,010	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 120 testů, 14 výsledků (11,7 %) bylo statisticky významných na hladině $p < 0,05$ a vykazovalo alespoň středně silnou korelaci. Směr a rychlost pohybu označují pohyb plošiny.

Tabulka 18 Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické končetiny a testem MCT

Hodnota	Vyšetřovaný segment	Směr pohybu	Rychlost pohybu	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
SS	Hlezno	Vzad	Střední	0,597	0,009	Střední
	Hlezno	Vzad	Vysoká	0,538	0,021	Střední
	Chodidlo	Vzad	Střední	0,538	0,021	Střední
	Chodidlo	Vzad	Vysoká	0,539	0,021	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 96 testů, 4 výsledky (4,2 %) byly statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a vykazovaly alespoň středně silnou korelaci. Směr a rychlost pohybu označují pohyb plošiny.

Tabulka 19 Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem SOT

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Situace	Pokus	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
ES	F.	6	3	-0,589	0,021	Střední
SG	E II.	3	3	-0,516	0,028	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 180 testů, 2 výsledky (1,1 %) bylo statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a vykazovaly alespoň středně silnou korelaci.

Tabulka 20 Statisticky významné korelace mezi čítím na paretické končetině (kategorie H. dle FMA-LE) a testem SOT

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Situace	Pokus	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
ES		5	2	-0,618	0,014	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 36 testů, 1 výsledek (2,8 %) byl statisticky významný na hladině $p < 0,05$ a vykazoval alespoň středně silnou korelaci.

Tabulka 21 Statisticky významné korelace mezi pasivním rozsahem pohybu paretické dolní končetiny (kategorie I. dle FMA-LE) a testem SOT

Hodnota	Kategorie FMA-LE	Situace	Pokus	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
ES	I.	1	1	-0,620	0,006	Střední
	I.	6	2	-0,632	0,027	Střední
SG	I.	3	3	-0,568	0,014	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 36 testů, 3 výsledky (8,3 %) byly statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a vykazovaly alespoň středně silnou korelaci.

Tabulka 22 Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické končetiny a testem SOT

Hodnota	Vyšetřovaný segment	Situace	Pokus	Spearman R	p-hodnota	Síla korelace
ES	Kyčel	1	1	-0,624	0,006	Střední
	Koleno	1	1	-0,512	0,030	Střední
	Koleno	5	1	0,647	0,023	Střední

Pozn.: Celkem bylo provedeno 144 testů, 3 výsledky (2,1 %) byly statisticky významné na hladině $p < 0,05$ a vykazovaly alespoň středně silnou korelaci.

5 DISKUZE

Studie se zabývala vlivem senzomotoriky pacientů po CMP na jejich posturální stabilitu. Posturální stabilita je dle ICF klasifikována jako aktivita, zatímco senzomotorika stojí v této klasifikaci na úrovni funkce. Studie se tedy zabývala vztahem funkce a aktivity neboli impairmentu a disability.

Studie se zúčastnili převážně pacienti s mírným postižením, tomu také odpovídaly výsledky vyšetření senzomotoriky. V celkovém skóre FMA-LE dosáhli pacienti v průměru 90,9 % maxima. Většina pacientů dosahovala svalové síly všech svalů aspoň „3“ a více. U žádného z pacientů nebyla nalezena výraznější spasticita, všichni dosahovali maximálně stupně 2 dle MAS nebo stupně 3 dle MTS.

Posturografické vyšetření dopadlo následovně. Limity stability byly sníženy celkově, bez rozdílu mezi paretickou a neparetickou stranou. V Motor Control Testu produkovala paretická končetina méně síly než neparetická, na paretickou končetinu padalo mírně větší zatížení než na neparetickou a latence reakce neparetické končetiny se (až na jednu situaci) významně nelišila od paretické. V testu SOT využívali pacienti více kyčelní strategii a v tomto testu bylo nejvíce pádů.

Korelací stability se senzomotorikou bylo ve studii nalezeno vcelku málo – dohromady asi 4,5 % ze všech provedených testů. Až na jednu výjimku (silná korelace motorické domény E.+F. s hodnotou WS v testu MCT) byly všechny korelace středně silné. Stabilita tedy je na senzomotorice paretické končetiny závislá, impairment paretické končetiny ale sám o sobě nedokáže deficit posturální kontroly zcela vysvětlit. Důvodů může být několik.

Zprvé, senzomotorický impairment pacientů v této studii byl vcelku mírný a FMA-LE vykazuje určitý stropový efekt u pacientů s dobrou senzomotorikou (Gladstone, Danells a Black, 2002, s. 238).

Zadruhé, v korelacích byly porovnávány dílčí senzomotorické funkce. Poruchy senzomotoriky byly u pacientů poměrně rozmanité. Různé poruchy na úrovni senzomotorického impairmentu ovlivňují bilanci různým způsobem. Je proto možné, že korelace balance s některými senzomotorickými poruchami nebyla prokázána proto, že tyto poruchy nebyly dostatečně zastoupeny. O korelaci senzomotoriky s posturální stabilitou tak budou více vypovídat souhrnná skóre FMA-LE než dílčí kategorie.

Zatřetí, na posturální stabilitě se kromě senzomotoriky podílí celá řada dalších funkcí, jako jsou pozornost, sensorické strategie, exekutivní funkce, učení, stav druhostranné dolní končetiny, čítí (které bylo v této studii hodnoceno jen velmi zevrubně), další sensorické systémy (které vyšetřovány nebyly), vnitřní modely, biomechanika, pacientova sebejistota a další. Senzomotorika tedy není jediným ovlivňujícím faktorem.

Začtvrté, lidský mozek se dokáže na novou situaci, jakou je porucha senzomotoriky, poměrně účinně adaptovat tvorbou nových, náhradních pohybových programů. Je možné, že u některých pacientů byly tyto kompenzační programy vytvořeny již v časném subakutním stádiu.

S FMA-LE korelovaly nejvíce výsledky testu MCT (asi ve 13,1 % provedených testů byla nalezena korelace) se svalovou silou naopak nejvíce souvisely výsledky testu LOS (korelace v 10,4 % testů). Z Fugl-Meyerova vyšetření nejlépe předvídala nestabilitu položka F. Objevila se minimálně jednou v korelaci s každým posturografickým testem (MCT/SOT/LOS), celkem v 13,1 % provedených testů. Z vyšetřovaných svalových skupin měla největší dopad na stabilitu svalová síla chodidla (vyšetření inverze – everze nohy), korelace byla nalezena v 7,1 % případů. Z posturografických hodnot se v korelacích nejčastěji objevila hodnota Weight Symmetry – 17,9 % provedených testů).

5.1 VÝSLEDKY POSTUROGRAFICKÝCH TESTŮ

Z výsledků testu LOS je patrné, že největší omezení limitů stability vyjádřených pomocí EPE a MXE bylo ve směru vzad a nebyl nápadný rozdíl mezi paretickou a neparetickou stranou. Hodnoty EPE, MXE byly stranově porovnány (paretická X neparetická, paretická vpřed X neparetická vpřed, paretická vzad X neparetická vzad) pomocí statistického Mann-Whitney U-testu. Test neodhalil žádný statisticky významný stranový rozdíl. Tento náleží je v rozporu s předchozími studii, v nichž byla hemiparéza při volném přenosu váhy jasně vyjádřena stranovými rozdíly (Goldie et al., 1996, s. 338, Turnbull, Charteris a Wall, 1996, s. 356).

Kolektiv autorů Raiva, Wannasetta a Gulsatitporn, 2005, s. 135 zkoumal limity stability u zdravých jedinců ve věku 60-70 let. Probandi vykazovali průměrně o 13 % (EPE) až 20 % (MXE) lepší výsledky než pacienti po CMP v aktuální studii (bráno jako rozdíl naměřených hodnot v obou studiích). Hodnoty MXE i EPE byly omezeny celkově ve všech směrech, nejvíce se hodnota MXE se lišila v laterolaterálním směru (cca o 30 %), dále pak ve směrech kombinujících pohyb vpřed a do strany (cca o 26 %).

Hodnota EPE se opět nejvíce při pohybu ve frontální rovině (cca o 22 %), dále pak v diagonále „paretická vzad – neparetická vpřed“ (cca o 15 %). Nutno ale podotknout, že probandi ve zmiňované vykazovali až překvapivě dobré výsledky, srovnatelné s mladší populací např. ve studii Kolářová et al., 2021, s. 5.

Klinický význam většího omezení ve směru vzad při porovnání se zbylými směry zůstává s otazníkem. Proporčně podobné výsledky byly nalezeny také u kontrolní skupiny ve studii Kolářová et al., 2021, s. 5 a v disertační práci Vomáčkové, 2020, s. 24-25. Pohyb ve směru vzad je přirozeně více limitován díky biomechanice chodidla (Newton, 2001, s. 251). S tímto faktem už přístroj počítá při výpočtu teoretického 100 % rozsahu limitů stability. Je nicméně možné, že při celkovém snížení stability se stabilita ve směru vzad omezuje více než v ostatních směrech. Výraznějším omezení pohybu ve směru vzad často přispívá také strach z pádu (Newton, 2001, s. 251).

Kontrola směru (DCL) byla horší při pohybu ve směrech, které kombinovaly pohyb v předozadním a laterolaterálním směru, zejména pak ve směru paretické končetiny vzad a neparetické končetiny vzad. Kombinace směrů zřejmě představuje koordinačně náročnější úkol, než pohyb je vpřed, vzad a do stran. Opět nebyly statisticky významné stranové rozdíly mezi paretickou a neparetickou stranou.

Výsledky MCT byly cévní mozkovou příhodou také značně ovlivněny, zde už se projeví i stranové rozdíly. Latence reakcí byly, podobně jako v dřívějších studiích (Ikai et al., 2003, s. 466, Marigold a Eng, 2006, s. 18), delší na paretické straně. V aktuální studii však nebyly rozdíly tolik markantní a dodatečná statistická analýza (Mann-Whitney U-test) odhalila statisticky významný rozdíl pouze v situaci, kdy se plošina pohybovala směrem vzad, střední rychlostí. Paretická končetina v této situaci zaostávala o 8,9 ms oproti neparetické.

Co se distribuce zatížení končetin týče, hodnota Weight Symmetry indikovala větší zatížení paretické končetiny (v průměru dosahovala hodnoty 106,4, což znamená, že na paretickou končetinu připadalo asi 53,2 % váhy). Mann-Whitney U-test označil rozdíl mezi zatížením paretické a neparetické končetiny jako statisticky významný. Ve studii Mansfield et al., 2013, s. 430 bylo zatížení jedné končetiny 47-53 % bráno jako norma. Podle těchto norem měl v aktuální studii jeden z pacientů více zatíženu neparetickou končetinu, 6 pacientů mělo končetiny zatíženo rovnoměrně a 11 pacientů zatěžovalo více paretickou končetinu. Tento výsledek je v rozporu s dřívějšími studiemi. Běžně je u pacientů po CMP vidáno spíše větší zatížení neparetické končetiny (Mansfield et al., 2013, s. 431; Inoue et al., 2023, abstrakt), jakožto kompenzační strategie slabé paretické končetiny. Distribuce váhy je zpravidla měřena v klidovém postoji.

V aktuální studii bylo zatížení měřeno v náročnější situaci – při působení mechanického podnětu. V takové situaci jsou nároky na kompenzační funkci neparetické končetiny vyšší a je možné, že kompenzační strategie v odpovídajícím rozsahu ještě nebyly dokonale vyvinuty. Docílení efektivní kompenzační strategie zřejmě vyžaduje čas na zvýšení svalové síly neparetické končetiny i na procvičování tohoto nového pohybového programu. Je proto možné, že v aktuální studii se těžiště většiny pacientů při pohybu plošiny dostávalo nad paretickou končetinu kombinací setrvačnosti, slabší motorické funkce paretické končetiny a nedostatečné kompenzační funkce neparetické končetiny.

Neparetická končetina měla dominantní úlohu v produkci svalové síly a rozdíly mezi končetinami byly mnohem výraznější, než tomu bylo u rozložení váhy. Hodnota Strength Symmetry v průměru dosahovala 83,2 a stranový rozdíl byl statisticky významný (Mann-Whitney U-test). Asymetrie v aktivitě končetin souhlasí s předchozími studiemi (Ikai et al., 2003, s. 466; Roelofs et al., 2018, s. 956).

Hlavní výstupní hodnotou v testu SOT je Equilibrium Score, které vyjadřuje míru stability v jednotlivých situacích vytvářejících sensorický konflikt. Skóre stability bylo u pacientů v této studii velmi dobré, srovnatelné se zdravými vrstevníky (vizte studie Eriksen a Hougaard, 2023, s. 2195; Trueblood et al. 2018, s. 599). Nutno ale zmínit, že v průměrech v aktuální studii nebyly zohledněny „pádové“ situace, které byly zejména v situaci 5 a 6 čtené (pády tvořily zhruba 24 % všech pokusů všech pacientů). Do průměrů se tedy promítají pouze data těch pacientů, kteří byli schopni v těchto situacích udržet stabilitu po celou dobu měření.

Hodnota Strategy ukazovala v prvních třech situacích téměř výlučně kotníkovou strategii. V „sensoricky náročnějších“ situacích (4-6) se kotníková strategie uplatňovala v kombinaci s kyčelní. Zvýšené využití kyčelní strategie v situacích, kdy jsou vjemy hůře čitelné, je přirozený jev (Chander et al., 2021, s. 6-7). Pacienti ale na kyčelní strategii spoléhali mnohem více než jejich zdraví vrstevníci (v porovnání s Faraldo-García et al., 2016, s. 151), přestože kotníková strategie ve všech situacích převažovala. Zvýšené využití kyčelní strategie souhlasí s dřívějšími studiemi (Rougier a Pérennou, 2019, s. 53; Badke, Duncan a di Fabio, 1987 in Garland Gray a Knorr, 2009, s. 8). Zvýšené využití kyčelní strategie může být dáno omezenou produkcí svalové síly v oblasti hlezna nebo delšími latencemi reakce na paretické končetině, díky čemuž se COG rychle dostává blízko limitům stability. Kotníková strategie v tuto chvíli už teoreticky nemusí být dostačující pro návrat COG zpět do středu opěrné báze a místo čistě kotníkové strategie je použit „pohotovější“ a z hlediska produkce síly v oblasti kotníků méně náročný program: kombinace kotníkové a kyčelní strategie.

5.2 KORELACE

5.2.1 EXISTUJE SOUVISLOST MEZI SENZOMOTORICKÝM DEFICITEM DLE FMA-LE A POSTURÁLNÍ STABILITOU HODNOCENOU NA PODKLADĚ POSTUROGRAFICKÉHO VYŠETŘENÍ?

V první korelační analýze byla testována závislost mezi souhrnnými skóre FMA-LE (celkové skóre a skóre za motorickou doménu E.+F.) a kompozitními skóre posturografie. V této analýze byla nalezena 1 středně silná korelace mezi motorickou doménou FMA-LE a latencemi naměřenými v testu MCT (z celkem 30 testů). První hypotéza byla tímto vyvrácena, alespoň mezi dvěma uvedenými hodnotami existuje závislost.

Druhá analýza testovala korelaci FMA-LE s hodnotami MXE, EPE a DCL testu LOS. V korelacích s FMA-LE se nejvíce objevovala hodnota MXE a DCL, méně hodnota EPE. EPE je vyjádřením pacientovy sebejistoty při dosahování cíle (Neurocom seminář in Lininger et al, 2018, s. 802), do jejího rozměru tedy teoreticky mohou vstupovat faktory jako odhad vzdálenosti nebo strach z pádu. Nejčastěji se korelace týkaly pohybu ve směru neparetické končetiny, vpřed a v kombinaci těchto směrů, senzomotorika paretické končetiny měla tedy větší dopad na pohyb ve směru kontralaterální poloviny těla. Z kategorií FMA-LE se v korelacích objevily pouze kategorie E III. a F. Kategorie E III. zahrnuje vyšetření aktivní flexe kolene a dorziflexe hlezna vsedě (každý úkon zvlášť). U pacientů byla nejčastěji problematická právě dorziflexe hlezna. Kategorie F. vyšetřuje koordinaci pohybu a tato kategorie korelovala s hodnotou DCL a MXE. Hypotézy 2-4 byly vyvráceny. Každá posturografická hodnota se v korelaci s FMA-LE vyskytovala aspoň 1x.

V další korelační analýze byl testován vztah FMA-LE s hodnotami LT, WS a SS testu MCT. V korelacích se nejčastěji objevovala WS a častěji se jednalo o situace, kdy se plošina pohybovala vpřed. Na druhém místě se vyskytovala hodnota SS a jednalo se výhradně o situace, kdy se plošina pohybovala směrem vzad. Latency se vyskytla v korelacích pouze 2x.

Celkové skóre a motorická doména FMA-LE negativně korelovaly se skóre WS během pohybu vpřed při všech třech rychlostech. To znamená, že čím lepší bylo skóre FMA-LE, tím nižší bylo zatížení paretické končetiny. Vzhledem k tomu, že v této studii měli pacienti nepřiměřeně více zatíženu paretickou končetinu, nižší zatížení paretické končetiny lze tedy interpretovat jako posun k normě. Čili, čím lepší bylo skóre FMA-LE nebo motorické domény, tím se rozložení zátěže blížilo fyziologii.

FMA-LE a motorická doména také pozitivně korelovaly s hodnotou SS při pohybu směrem vzad střední rychlostí. Čím lepší skóre bylo dosaženo v rámci Fugl-Meyer hodnocení, tím větší byla aktivita paretické končetiny v MCT.

Z dílčích kategorií FMA-LE se v korelacích nejvíce objevovala kategorie F. Korelovala negativně s hodnotou Latency a Weight Symmetry. To znamená, že rychlé a koordinované provedení úlohy v testu F. (dotyk paty o koleno 5x za sebou co nejrychleji při zavřených očích) předvídalo pohotovější a zřejmě i efektivnější stabilizační reakci, protože s lepším skóre F. se relativní zatížení obou končetin více přibližovalo normě.

Dále se v korelacích vyskytovala kategorie E II. v souvislosti s hodnotou SS, kterou ovlivňovala pozitivně při pohybu plošiny směrem vzad. Položka E II. vyšetřuje volný pohyb dolní končetiny ve flekčním a extenčním vzoru. Kvalitní provedení pohybu předvídalo větší účast paretické končetiny na dynamické balanční reakci. V korelacích se vyskytla také položka E V., která hodnotí přítomnost zvýšených šlachookosticových reflexů. Tato položka negativně korelovala s hodnotou WS při pohybu vpřed. Pacienti, kteří měli reflexy v normě, měli blíže normálnímu rozložení zátěže končetin. Hypotézy 5-7 byly vyvráceny, FMA-LE koreluje se všemi třemi posturografickými hodnotami.

Další analýza zkoumala vztah FMA-LE k hodnotám ES a SG testu SOT. Korelací senzomotoriky s testem SOT bylo nalezeno velmi málo (celkově asi 1,8 %). Žádná z posturografických hodnot nekorelovala se souhrnnými skóre FMA-LE. Důvodem může být fakt, že test SOT je určen primárně k vyšetření sensorických strategií a senzomotorika se tím pádem v jeho výsledcích odráží méně. Obsahem FMA-LE žádné podobné vyšetření sensorického zpracování není, FMA-LE pouze zevrubně hodnotí taktilní a propioceptivní čítí na dolní končetině. Překvapivé je, že v nalezených korelacích senzomotorika korelovala s oběma hodnotami (ES a SG) negativně. Lepší senzomotorika byla spojena s horší stabilitou a zvýšeným využíváním kyčelní strategie a tyto negativní korelace se týkaly jak klidové situace, tak situací se sensorickým konfliktem. Teoretickým vysvětlením je, že ti pacienti, kteří měli menší postižení senzomotorické, mohli mít místo toho více zasaženy oblasti zabývající se sensorickým zpracováním. Bohužel v anamnéze nebylo zacházeno do tak velkých podrobností, proto není možné tuto hypotézu ověřit. Alternativním vysvětlením by mohla být míra sebejistoty pacientů ve stoji a související účast anticipačních strategií. Pacienti s horší senzomotorikou mohli mít menší sebejistotu ve stoji a proto „preventivně“ volili rigidnější posturu, zatímco pacienti s lepší senzomotorikou si mohli dovolit do balanční reakce vložit více dynamiky. Hypotézy 8 a 9 byly vyvráceny, FMA-LE koreluje s oběma posturografickými hodnotami.

Podobné studie porovnávající Fugl-Meyer Assessment a posturální stabilitu u pacientů po CMP už byly provedeny. Autoři Corriveau et al., 2004, s. 1098 testovali závislost mezi FMA-LE a posturografickým vyšetřením v klidovém stoji při otevřených nebo zavřených očích. Stabilita byla vyjádřena pomocí vzájemné vzdálenosti pozic centra tlaku (COP) a těžiště těla (COM). Menší průměrná vzdálenost označovala lepší stabilitu. Pohyb COP byl snímán pomocí silové plošiny, zatímco pohyb COM pomocí diod umístěných na těle probanda. Vyšší skóre motorické domény FMA-LE v této studii bylo spojeno s menší amplitudou výchylek mezi parametry COP a COM. Korelace byla středně silná.

Roelofs et al., 2018, s. 956 studovali stabilitu chronických pacientů v klidovém stoji pomocí silové plošiny, která snímala rychlost pohybů COP. Předmětem zájmu byl vzájemný podíl účasti obou končetin na stabilizačních strategiích. Výsledky porovnávali s klinickým vyšetřením dle domény E. ve FMA-LE. Závěrem studie bylo, že ani plné skóre motorické domény E. nezajišťuje symetrickou účast končetin na stabilizaci. Na druhou stranu, ztráta alespoň 5 bodů ve FMA-LE sekci E. ve 100 % případů předpovídala výraznou asymetrii končetin v kontrole stability. Asymetrie kontroly pohybu nicméně měla minimální dopad na celkovou stabilitu pacienta, zřejmě již v tomto stádiu byly dostatečně vyvinuty kompenzační pohybové strategie.

FMA-LE korelovalo také s výsledky klinických testů stability, jako je Berg Balance Scale (Arya et al., 2014, s. 3; Lee et al., 2022, s. 207; Goliwas et al., 2022, s. 6; Kim et al., 2012, s. 897 a de Oliveira, Cacho a Borges, 2006, s. 732), Postural Assessment Scale for Stroke Patients (Arya et al., 2014, s. 3), BESTest (Sharma et al., 2022, s. 43). Korelace byly ve většině případů středně silné.

5.2.2 EXISTUJE SOUVISLOST MEZI SNÍŽENOU PRODUKČÍ SVALOVÉ SÍLY HODNOCENOU ORIENTAČNÍM SVALOVÝM TESTEM A POSTURÁLNÍ STABILITOU HODNOCENOU NA PODKLADĚ POSTUROGRAFICKÉHO VYŠETŘENÍ?

Další korelační analýza testovala závislost mezi oST a hodnotami MXE, EPE a DCL testu LOS. Svalová síla všech segmentů pozitivně korelovala s hodnotou MXE a DCL. Korelace s DCL se týkaly směrů neparetické končetiny vzad, neparetické končetiny vpřed, korelace s MXE se týkaly zejména pohybu vzad. Korelace s hodnotou EPE nebyla nalezena. Hypotézy 10 a 12 byly vyvráceny. Hypotézu 11 nelze zamítnout.

Následující analýza se zabývala vztahem oST a hodnotami LT, WS a SS testu MCT. S oST korelovala pouze hodnota SS.

Korelace se týkaly výhradně distálních segmentů (hlezno, chodilo), které jsou hlavními vykonavateli stabilizačních reakcí v sagitální rovině, a jednalo se pouze o pohyb plošiny vzad. Svalová síla nekorelovala s hodnotou WS nebo LT. Hypotéza 15 byla zamítnuta, hypotézy 13 a 14 zamítnout nelze.

Svalová síla se vyskytla v také v korelaci s hodnotou ES testu SOT, byť výsledky těchto korelací byly nekonzistentní (2x korelovala negativně, 1x pozitivně). S hodnotou SG svalová síla nekorelovala. Hypotéza 16 byla zamítnuta, hypotézu 17 zamítnout nelze.

Dopad svalové síly na stabilitu u pacientů po CMP byl zkoumán také například ve studii Wagatsuma et al., 2019, s. 174-176. Účastníky studie byli chroničtí pacienti, vyšetření svalové síly bylo provedeno přístrojově a ke zhodnocení stability byly použity podobné 2 testy jako v aktuální studii. Prvním byl Limits of Stability, v něm byly měřeny limity stability ve směru vpřed a vzad, druhý test, Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB), vyšetřoval stabilitu při modifikovaných senzorních podmínkách (otevřené X zavřené oči, stabilní X labilní povrch). Svalová síla neparetické končetiny korelovala s hodnotami testu LOS častěji než svalová síla neparetické. Častěji korelovala s hodnotou EPE a nejčastěji se korelace týkaly pohybu směrem vzad. Nebyla nalezena žádná korelace svalové síly s mCTSIB.

Autoři Marigold et al., 2004, s. 3-4, s. 15 porovnávali výsledky dynamometrie s výsledky testu SOT u chronických pacientů. Nalezené korelace byly povětšinou slabé nebo na spodní hranici středních hodnot. Dříve zmiňovaná studie Corriveau et al., 2004, s. 1098 nenašla žádnou spojitost mezi svalovou silou a stabilitou v klidovém postoji. Ve studii Lee et al., 2022, s. 207 silně korelovala manuálně měřená svalová síla s BBS.

5.3 LIMITY STUDIE

Limitem studie je relativně nehomogenní soubor pacientů, kdy byly nerovnoměrně zastoupeny různé lokality léze a různé typy senzomotorických poruch. V testu SOT není možné naměřit hodnotu Equilibrium Score, pokud dojde v testové situaci k pádu. Výsledky proto reprezentují hlavně pacienty s dobrou posturální stabilitou.

5.4 PŘÍNOS VÝSLEDKŮ PRO KLINICKOU PRAXI

Pacienti v aktuální studii byli cévní mozkovou příhodou postiženi spíše mírně. Přesto u nich byly patrné odchylky v posturografickém vyšetření a tyto odchylky korelovaly se senzomotorikou pacientů, byť v malém počtu korelací. Senzomotorika tedy rozhodně je jednou z klíčových funkcí v kontextu terapie balančních poruch. U pacientů, kteří jsou schopni samostatně stát v náročnějších balančních situacích se na základě výsledků jako důležitá funkce jeví motorika akra dolní končetiny a celkově koordinace pohybu dolní končetiny. Vzhledem k malému počtu korelací posturální stability se senzomotorikou je ale potřeba v terapii zohlednit také další aspekty posturální kontroly, jako je nácvik senzoričkových strategií v nejrozmanitějších podmínkách nebo vnímání vlastních limitů stability. Senzomotorický impairment zůstává u některých pacientů porušen dlouhodobě (Roelofs et al., 2018, s. 957), přesto, tito pacienti jsou schopni se ve svých balančních schopnostech zlepšit (van Duijnhoven et al., 2016, s. 2606). Proto by nemělo být v terapii zapomínáno také na výcvik kompenzačních strategií – zejména posílení neparetické končetiny a nácvik krokové strategie.

K objasnění vlivu konkrétních senzomotorických poruch na posturální stabilitu bude zřejmě výtěžné zaměřit například budoucí studii čistě na jeden typ senzomotorického impairmentu (např. oslabení dorziflexe akra) a porovnat navzájem výsledky posturografie u skupin pacientů s různým rozsahem daného postižení (např. skupina pacientů s nulovým impairmentem, mírným postižením a závažným postižením). Z literatury, která byla pro diplomovou práci zpracována se nezdá, že by práce podobného typu byla vytvořena. Samozřejmě v celkovém klinickém kontextu je pro terapii vždy stěžejní vycházet z komplexního kineziologického rozboru a přihlížet k individualitě pacienta.

ZÁVĚR

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že u pacientů s mírným postižením po CMP je poměrně nízká korelace mezi jejich senzomotorikou a posturální stabilitou. Korelace byly nalezeny zhruba ve 4,5 % případů a naprostá většina korelací byla středně silných. S FMA-LE korelovaly nejvíce výsledky testu MCT (asi ve 13,1 % provedených testů byla nalezena korelace) se svalovou silou naopak nejvíce souvisely výsledky testu LOS (korelace v 10,4 % testů). Z dílčích položek FMA-LE se v korelacích nejčastěji objevovala položka F. (13,1 % testů). Z vyšetřovaných svalových skupin nejčastěji korelovala svalová síla chodidla (inverze – everze nohy; 7,1 % testů). Z posturografických hodnot se v korelacích nejčastěji objevila hodnota Weight Symmetry (17,9 % testů).

Souhrnná skóre posturografie korelovala s FMA-LE ve 3,3 % testů. Souhrnné skóre FMA-LE nebo jeho motorické domény korelovalo s dílčími výsledky testu LOS ve 4,2 % případů, s dílčími výsledky MCT v 16,7 % případů, s dílčími výsledky testu SOT nekorelovalo. Dílčí položky FMA-LE z motorické sekce korelovaly s testem LOS v 5 % případů, s testem MCT v 11,7 % případů, s testem SOT v 1,1 % případů. Položky z jiných kategorií FMA-LE (čítí, bolest, rozsah pohybu) s posturografickými testy prakticky nekorelovaly. Svalová síla korelovala s testem LOS v 10,4 % případů, s testem MCT ve 4,2 % případů a s testem SOT ve 2,1 % případů.

Malé množství nalezených korelací může být dáno heterogenitou senzomotorických poruch v souboru pacientů, stropovým efektem FMA-LE, kompenzační schopností neparetické končetiny anebo faktem, že senzomotorika je jen jedním z několika aspektů posturální kontroly, které jsou po CMP narušeny.

Do klinické praxe je na základě výsledků doporučeno nezaměřovat se v terapii balančních poruch čistě na ovlivnění senzomotoriky paretické končetiny, ale zohlednit také další aspekty posturální kontroly a kompenzační dovednost neparetické končetiny.

ZDROJE

- ALLISON, L. K., KIEMEL, T., JEKA, J. J. 2018. Sensory-Challenge Balance Exercises Improve Multisensory Reweighting in Fall-Prone Older Adults. *Journal of Neurologic Physical Therapy* [online]. 42(2), 84-93 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1557-0576. Dostupné z: doi:10.1097/NPT.0000000000000214.
- AMBLER, Z. 2006. *Základy neurologie*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén. ISBN 80-246-1258-5.
- ANGO, F., DOS REIS, R. 2019. Sensing how to balance. *eLife* [online]. 2019(8), 1-3 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2050-084X. Dostupné z: doi:10.7554/eLife.46973.
- APRILIASARI, R. W., TRUONG, P., VAN, TSAI, P.-S. 2022. Effects of proprioceptive training for people with stroke: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation* [online]. 36(4), 431-448 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/02692155211057656.
- ARYA, K. N., PANDIAN, S., ABHILASHA, C. R., VERMA, A. 2014. Does the Motor Level of the Paretic Extremities Affect Balance in Poststroke Subjects? *Rehabilitation Research and Practice* [online]. 2014, 1-7 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2090-2867. Dostupné z: doi:10.1155/2014/767859.
- BARMACK, N. H. 2003. Central vestibular system: vestibular nuclei and posterior cerebellum. *Brain Research Bulletin* [online]. 60(5-6), 511-541 [cit. 2023-07-13]. ISSN 03619230. Dostupné také z: doi: 10.1016/S0361-9230(03)00055-8.
- BARRA, J., MARQUER, A., JOASSIN, R., REYMOND, C., METGE, L., CHAUVINEAU, V., PÉRENNOU, D. 2010. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain* [online]. 133(12), 3552-3563 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1460-2156. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awq311.
- BERG, K. O., WOOD-DAUPHINEE, S. L., WILLIAMS, J. I., MAKI, B. 1992. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health* [online]. (83 Suppl. 2), 7-11 [cit. 2023-07-13]. PMID: 1468055.
- BEZDÍČEK, O., ŠTĚPÁNKOVÁ, H., KOPEČEK, M. 2016a. *Montrealský kognitivní test (MoCA), paralelní verze 7.3* [online]. [cit. 2022-03-30] Dostupné z: www.mocatest.org.
- BLOEM, B., VISSER, J. E., ALLUM, J. 2003. Posturography. *Handbook of Clinical Neurophysiology* [online]. 2003(1), 295-336 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1567-4231. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/291800373_Posturography.
- BLUM, L., KORNER-BITENSKY, N. 2008. Usefulness of the Berg Balance Scale in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Physical Therapy* [online]. 88(5), 559-566 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20070205.

- BOHANNON, R. W., SMITH, M. B. 1987. Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. *Physical Therapy* [online]. 67(2), 206-207 [cit. 2022-03-30]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/67.2.206.
- BONAN, I. V., COLLE, F. M., GUICHARD, J. P., VICAUT, E., EISENFISZ, M., TRAN BA HUY, P., YELNIK, A. P. 2004. Reliance on visual information after stroke. Part I: balance on dynamic posturography. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 85(2), 268-273 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2003.06.017.
- BOYD, R. N., GRAHAM, H. K. 1999. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *European Journal of Neurology* [online]. 6, 23-35 [cit. 2022-04-24]. ISSN 13515101. Dostupné z: doi:10.1111/j.1468-1331.1999.tb00031.x.
- BRANDT, T., DIETERICH, M. 1994. Vestibular syndromes in the roll plane: Topographic diagnosis from brainstem to cortex. *Annals of Neurology* [online]. 36(3), 337-347 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0364-5134. Dostupné z: doi:10.1002/ana.410360304.
- BRØNNUM-HANSEN, H., DAVIDSEN, M., THORVALDSEN, P. 2001. Long-Term Survival and Causes of Death After Stroke. *Stroke* [online]. 32(9), 2131-2136 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/hs0901.094253.
- BRUTHANS, J. 2019. Epidemiologie a prognóza cévních mozkových příhod v ČR. *CMP Journal* [online]. 2019(1), 5-8 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2571-1253. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cmp-journal/2019-1/epidemiologie-a-prognoza-cevnich-mozkovych-prihod-v-cr-106864>.
- CASSIDY, J. M., CRAMER, S. C. 2017. Spontaneous and Therapeutic-Induced Mechanisms of Functional Recovery After Stroke. *Translational Stroke Research* [online]. 8(1), 33-46 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1868-4483. Dostupné z: doi:10.1007/s12975-016-0467-5.
- CLERY, A., BHALLA, A., RUDD, A. G., WOLFE, CH. D. A., WANG, Y., WILLEY, J. Z. 2020. Trends in prevalence of acute stroke impairments: A population-based cohort study using the South London Stroke Register. *PLOS Medicine* [online]. 17(10), 1-16 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1549-1676. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pmed.1003366.
- CONNELL, L. A., LINCOLN, N. B., RADFORD, K. A. 2008. Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery. *Clinical Rehabilitation* [online]. 22(8), 758-767 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215508090674.
- CORBETTA, D., IMERI, F., GATTI, R. 2015. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy* [online]. 61(3), 117-124 [cit. 2023-07-13]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphys.2015.05.017.
- CORRIVEAU, H., HÉBERT, R., RAÏCHE, M., PRINCE, F. 2004. Evaluation of postural stability in the elderly with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 85(7), 1095-1101 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2003.09.023.

- CRIEKINGE, T., VAN, TRUIJEN, S., SCHRÖDER, J., MAEBE, Z., BLANCKAERT, K., WAAL, CH., VAN DER, VINK, M., SAEYS, W. 2019. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* [online]. 33(6), 992-1002 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215519830159.
- DUIJNHOFEN, H. J. R., VAN, HEEREN, A., PETERS, M. A. M., VEERBEEK, J. M., KWAKKEL, G., GEURTS, A. C. H., WEERDESTYEN, V. 2016. Effects of Exercise Therapy on Balance Capacity in Chronic Stroke. *Stroke* [online]. 47(10), 2603-2610 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.116.013839.
- ERIKSEN, N. D., HOUGAARD, D. D. 2023. Age- and gender-specific normative data on computerized dynamic posturography in a cohort of Danish adults. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [online]. 280(5), 2191-2200 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0937-4477. Dostupné z: doi:10.1007/s00405-022-07706-y.
- FARALDO-GARCÍA, A., SANTOS-PÉREZ, S., CRUJEIRAS, R., SOTO-VARELA, A. 2016. Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. *Auris Nasus Larynx* [online]. 43(2), 149-154 [cit. 2023-07-13]. ISSN 03858146. Dostupné z: doi:10.1016/j.anl.2015.07.001.
- FORSTER, A., YOUNG, J. 1995. Incidence and consequences of falls due to stroke: a systematic inquiry. *BMJ* [online]. 311(6997), 83-86 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.311.6997.83.
- FRANCHIGNONI, F., HORAK, F. B., GODI, M., NARDONE, A., GIORDANO, A. 2010. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 42(4), 323-331 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-0537.
- FUGL-MEYER, A. R., JÄÄSKÖ, L., LEYMAN, I., OLSSON, S., STEGLIND, S. 1975. The Post-Stroke Hemiplegic Patient: A Method for Evaluation of Physical Performance. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine* [online]. 7(1):13-31 [cit. 2022-03-30]. ISSN 1940-2228. PMID 1135616. Dostupné z: https://www.gu.se/sites/default/files/2020-11/fugl-meyer-1975-the_post-stroke-hemiplegic-patient.pdf.
- GARLAND, S. J., GRAY, V. L., KNORR, S. 2009. Muscle Activation Patterns and Postural Control Following Stroke. *Motor Control* [online]. 13(4), 387-411 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1087-1640. Dostupné z: doi:10.1123/mcj.13.4.387.
- GENTHON, N., ROUGIER, P., GISSOT, A.-S., FROGER, J., PÉLISSIER, J., PÉRENNOU, D. 2008. Contribution of Each Lower Limb to Upright Standing in Stroke Patients. *Stroke* [online]. 39(6), 1793-1799 [cit. 2022-01-07]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.107.497701.
- GEORGY, E. E. 2011. Lumbar Repositioning Accuracy as a Measure of Proprioception in Patients with Back Dysfunction and Healthy Controls. *Asian Spine Journal* [online]. 5(4): 201-207 [cit. 2021-12-28]. ISSN 1976-7846. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.4184/asj.2011.5.4.201>.

GEURTS, A. C. H., HAART, M., DE, NES, I. J. V., VAN, DUYSSENS, J. 2005. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait and Posture* [online]. 22(3), 267-281 [cit. 2023-07-13]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2004.10.002.

GLADSTONE, D. J., DANELLS, C. J., BLACK, S. E. 2002. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 16(3), 232-240 [cit. 2022-03-30]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/154596802401105171.

GO, A. S., MOZAFFARIAN, D., ROGER, V. L. et al. 2014. Heart Disease and Stroke Statistics—2014 Update. *Circulation* [online]. 129(3), 28-292 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: doi: 10.1161/01.cir.0000441139.02102.80.

GOLDIE, P. A., MATYAS, T. A., EVANS, O. M., GALEA, M., BACH, T. M. 1996. Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clinical Biomechanics* [online]. 11(6), 333-342 [cit. 2023-07-13]. ISSN 02680033. Dostupné z: doi:10.1016/0268-0033(96)00014-9.

GOLIWAS, M., MAŁECKA, J., LEWANDOWSKI, J., KAMIŃSKA, E., ADAMCZEWSKA, K., KOCUR, P. 2022. Analysis of dependencies between Fugl-Meyer Assessment Scale test and Berg Balance Scale test as an assessment of the increased muscle tone in chronic-phase patients after a ischemic stroke. *Rehabilitacja Medyczna* [online]. 26(1), 4-9 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1427-9622. Dostupné z: doi:10.5604/01.3001.0015.8241.

GRACIES, J.-M., 2005. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle & Nerve* [online]. 31(5), 535-551 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0148-639X. Dostupné z: doi:10.1002/mus.20284.

HAART, M., DE, GEURTS, A. C., HUIDEKOPER, S. C., FASOTTI, L., LIMBEEK, J., VAN 2004. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 85(6), 886-895 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2003.05.012.

HOCHERMAN, S., DICKSTEIN, R., HIRSCHBIENE, A., PILLAR, T. 1988. Postural responses of normal geriatric and hemiplegic patients to a continuing perturbation. *Experimental Neurology* [online]. 99(2), 388-402 [cit. 2022-01-07]. ISSN 00144886. Dostupné z: doi:10.1016/0014-4886(88)90156-2.

HORAK, F. B., 1997. Clinical assessment of balance disorders. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 6(1), 76-84 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1973-9095. Dostupné z: doi:10.1016/S0966-6362(97)00018-0.

HORAK, F. B. 2006. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* [online]. 2006(35, Suppl 2): 7-11 [cit. 2022-01-02]. ISSN 1468-2834. Dostupné z: DOI 10.1093/ageing/af1077.

HORAK, F. B., DIENER, H. C., NASHNER, L. M. 1989. Influence of central set on human postural responses. *Journal of Neurophysiology* [online]. 62(4), 841-853 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.1989.62.4.841.

HORAK, F. B., HENRY, S. M., SHUMWAY-COOK, A. 1997. Postural Perturbations: New Insights for Treatment of Balance Disorders. *Physical Therapy* [online]. 77(5), 517-533 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/77.5.517.

HORAK, F. B., KUO, A. 2000. Postural Adaptation for Altered Environments, Tasks, and Intentions. *Biomechanics and Neural Control of Posture and Movement* [online]. 2000, 267-281 [cit. 2023-07-13]. ISBN 978-1-4612-7415-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4612-2104-3_19.

HORAK, F. B., NASHNER, L. M. 1986. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology* [online]. 55(6), 1369-1381 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.1986.55.6.1369

HORAK, F. B., WRISLEY, D. M., FRANK, J. 2009. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. *Physical Therapy* [online]. 89(5), 484-498 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20080071.

HSIEH, Y., WU, CH., LIN, K., CHANG, Y., CHEN, CH., LIU, J. 2009. Responsiveness and Validity of Three Outcome Measures of Motor Function After Stroke Rehabilitation. *Stroke* [online]. 40(4), 1386-1391 [cit. 2022-03-30]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.108.530584.

HUGUES, A., DI MARCO, J., RIBAUT, S., ARDAILLON, H., JANIAUD, P., XUE, Y., ZHU, J., PIRES, J., KHADEMI, H., RUBIO, L., BERNAL P. H., BAHAR, Y., CHARVAT, H., SZULC, P., CIUMAS, C., WON, H., CUCHERAT, M., BONAN, I., GUEYFFIER, F., RODE, G. 2019. Limited evidence of physical therapy on balance after stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* [online]. 14(8), 1-22 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0221700.

CHANDER, H., KODITHUWAKKU ARACHCHIGE, S. N. K., TURNER, A. J., BURCH V, R. F., RENEKER, J. C., KNIGHT, A. C., WADE, CH., GARNER, J. C. 2021. Sensory Organization Test Conditions Influence Postural Strategy Rather than Footwear or Workload. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 18(19), 1-10 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph181910511.

CHERIF, A., ZENZERI, J., LORAM, I. 2022. What is the contribution of voluntary and reflex processes to sensorimotor control of balance? *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* [online]. (10), 1-23 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2296-4185. Dostupné z: doi:10.3389/fbioe.2022.973716.

CHIA, F. S. F., KUYS, S., LOW CHOY, N. 2019. Sensory retraining of the leg after stroke: systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* [online]. 33(6), 964-979 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215519836461.

IKAI, T., KAMIKUBO, T., TAKEHARA, I., NISHI, M., MIYANO, S. 2003. Dynamic Postural Control in Patients with Hemiparesis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 82(6), 463-469 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0894-9115. Dostupné z: doi:10.1097/01.PHM.0000069192.32183.A7.

INOUE, M., AMIMOTO, K., CHIBA, Y., SEKINE, D., FUKATA, K., FUJINO, Y., TAKAHASHI, H., MAKITA, S. 2023. Analyses of weight-bearing asymmetry pattern for standing in the early phase after stroke: a cross-sectional study. *Physiotherapy Theory and Practice* [online]. (Jan 2), 1-8 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2022.2163860.

- JANDA, V. 1996. *Funkční svalový test*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada. ISBN 80-716-9208-5.
- JANURA, M., JANUROVÁ, E. 2011. *Biomechanika I*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-099-5.
- KALVACH, P. 2010. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2765-3.
- KEENAN, M. A., PERRY, J., JORDAN, C. 1984. Factors affecting balance and ambulation following stroke. *Clin Orthop Relat Res* [online]. Jan-Feb(182), 165-71 [cit. 2023-07-13]. PMID: 6692611.
- KHIABANI, R. R., MOCHIZUKI, G., ISMAIL, F., BOULIAS, CH., PHADKE, CH. P., GAGE, W. H. 2017. Impact of Spasticity on Balance Control during Quiet Standing in Persons after Stroke. *Stroke Research and Treatment* [online]. 2017, 1-10 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2090-8105. Dostupné z: doi:10.1155/2017/6153714.
- KIM, H., HER, J., KO, J., PARK, D., WOO, J.-H., YOU, Y., CHOI, Y. 2012. Reliability, Concurrent Validity, and Responsiveness of the Fugl-Meyer Assessment (FMA) for Hemiplegic Patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 24(9), 893-899 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.24.893.
- KOLÁŘ, P. et al. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘOVÁ, B., JANURA, M., SVOBODA, Z., KOLÁŘ, P., TEČOVÁ, D., ELFMARK, M. 2021. Postural Control Strategies and Balance-Related Factors in Individuals with Traumatic Transtibial Amputations. *Sensors* [online]. 21(21), 1-10. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21217284.
- KOLÁŘOVÁ, B., MARKOVÁ, M., STACHO, J., SZMEKOVÁ, L. 2014. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci - možnosti vyšetření a terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4266-2.
- KOLÁŘOVÁ, B., JIRÁČKOVÁ, M., STACHO, J. 2014. Kinetické technologie. In: KOLÁŘOVÁ, B., MARKOVÁ, M., STACHO, J., SZMEKOVÁ, L. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci – možnosti vyšetření a terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4266-2.
- LEE, J., KIM, H., KIM, J., LEE, H.-J., CHANG, W. H., KIM, Y.-H. 2021. Differential early predictive factors for upper and lower extremity motor recovery after ischaemic stroke. *European Journal of Neurology* [online]. 28(1), 132-140 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1351-5101. Dostupné z: doi:10.1111/ene.14494.
- LEE, E. Y., NA, Y., CHO, M., HWANG, Y. M., NOH, J. S., KWON, H.-K., PYUN, S.-B. 2022. Clinical Factors Associated With Balance Function in the Early Subacute Phase After Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 101(3), 203-210 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000001856.
- LININGER, M. R., LEAHY, T. E., HAUG, E. C., BOWMAN, T. G. 2018. Test-Retest Reliability of the Limits of Stability Test Performed by Young Adults Using Neurocom® VSR Sport. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. 13(5), 800-807 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2159-2896. Dostupné z: doi:10.26603/ijsp20180800.

- LONGO, M. R., AZAÑÓN, E., HAGGARD, P. 2010. More than skin deep: Body representation beyond primary somatosensory cortex. *Neuropsychologia* [online]. 48(3), 655-668 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00283932. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.022.
- LORD, S. R., CLARK, R. D. 1996. Simple Physiological and Clinical Tests for the Accurate Prediction of Falling in Older People. *Gerontology* [online]. 42(4), 199-203 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0304-324X. Dostupné z: doi:10.1159/000213793.
- MACKINNON, C. D. 2018. Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. *Handbook of Clinical Neurology* [online]. 159, 3-26 [cit. 2023-07-13]. ISSN: 0072-9752. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-63916-5.00001-X.
- MAHMOUDZADEH, A., NAKHOSTIN ANSARI, N., NAGHDI, S., GHASEMI, E., MOTAMEDZADEH, O., SHAW, B. S., SHAW, I. 2021. Role of Spasticity Severity in the Balance of Post-stroke Patients. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. (15), 1-8 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2021.783093.
- MACHÁČKOVÁ, K., KONEČNÝ, P., VYSKOTOVÁ, J. 2021. Terapie hemiparetické ruky. In: VYSKOTOVÁ, J., I. KREJČÍ a K. MACHÁČKOVÁ. *Terapie ruky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 161-186. ISBN 978-80-244-5767-3.
- MAKI, B. E., MCILROY, W. E. 1997. The Role of Limb Movements in Maintaining Upright Stance: The "Change-in-Support" Strategy. *Physical Therapy* [online]. 77(5), 488-507 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/77.5.488.
- MALSCH, C., LIMAN, T., WIEDMANN, S., SIEGERINK, B., GEORGAKIS, M. K., TIEDT, S., ENDRES, M., HEUSCHMANN, P. U. 2018. Outcome after stroke attributable to baseline factors—The PROSpective Cohort with Incident Stroke (PROSCIS). *PLoS ONE* [online]. 13(9) [cit. 2023-07-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0204285.
- MANCINI, M., HORAK, F. B. 2010. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 46(2), 239-48 [cit. 2023-07-13]. ISSN: 1973-9095. PMID: 20485226.
- MANSFIELD, A., DANELLS, C. J., ZETTEL, J. L., BLACK, S. E., MCILROY, W. E. 2013. Determinants and consequences for standing balance of spontaneous weight-bearing on the paretic side among individuals with chronic stroke. *Gait and Posture* [online]. 38(3), 428-432 [cit. 2023-07-13]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2013.01.005.
- MARIGOLD, D. S., ENG, J. J. 2006. Altered timing of postural reflexes contributes to falling in persons with chronic stroke. *Experimental Brain Research* [online]. 171(4), 459-468 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-005-0293-6.
- MARIGOLD, D. S., ENG, J. J., TOKUNO, C. D., DONNELLY, C. A. 2004. Contribution of Muscle Strength and Integration of Afferent Input to Postural Instability in Persons with Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 18(4), 222-229 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968304271171.
- MATHIAS, S., NAYAK, U. S., ISAACS, B. 1986. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 67(6):387-9 [cit. 2023-07-13]. PMID: 3487300.

- MCILROY, W.E., MAKI, B.E. 1993. Task constraints on foot movement and the incidence of compensatory stepping following perturbation of upright stance. *Brain Research* [online]. 616(1-2), 30-38 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00068993. Dostupné z: doi:10.1016/0006-8993(93)90188-S.
- MORTON, S. M., BASTIAN, A. J. 2004. Cerebellar Control of Balance and Locomotion. *The Neuroscientist* [online]. 10(3), 247-259 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1073-8584. Dostupné z: doi:10.1177/1073858404263517.
- NASCIMENTO, L. R., FLORES, L. C., DE MENEZES, K. K. P., TEIXEIRA-SALMELA, L. F. 2020. Water-based exercises for improving walking speed, balance, and strength after stroke: a systematic review with meta-analyses of randomized trials. *Physiotherapy* [online]. 107, 100-110 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00319406. Dostupné z: doi:10.1016/j.physio.2019.10.002.
- NASREDDINE, Z., 2023. *MoCA COGNITION* [online]. [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: <https://mocacognition.com/faq/>.
- NASREDDINE, Z. S., PHILLIPS, N. A., BÉDIRIAN, V., CHARBONNEAU, S., WHITEHEAD, V., COLLIN, I., CUMMINGS, J. L., CHERTKOW, H. 2005. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 53(4), 695-699 [cit. 2022-03-30]. ISSN 00028614. Dostupné z: doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.
- NEWTON, R. A., 2001. Validity of the Multi-Directional Reach Test: A Practical Measure for Limits of Stability in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* [online]. 56(4), 248-252 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1079-5006. Dostupné z: doi:10.1093/gerona/56.4.M248.
- NGUYEN, P. T., CHOU, L.-W., HSIEH, Y.-L. 2022. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation-Based Physical Therapy on the Improvement of Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life* [online]. 12(6), 1-18 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2075-1729. Dostupné z: doi:10.3390/life12060882.
- NIAM, S., CHEUNG, W., SULLIVAN, P. E., KENT, S., GU, X. 1999. Balance and physical impairments after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 80(10), 1227-1233 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/S0003-9993(99)90020-5.
- OLIVEIRA, R., DE, CACHO, E. W. A., BORGES, G. 2006. Post-stroke motor and functional evaluations: a clinical correlation using Fugl-Meyer assessment scale, Berg balance scale and Barthel index. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* [online]. 64(3b), 731-735 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0004-282X. Dostupné z: doi:10.1590/S0004-282X2006000500006.
- ÖNELL, A. 2000. The vertical ground reaction force for analysis of balance? *Gait and Posture* [online]. 12(1), 7-13 [cit. 2023-07-13]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/S0966-6362(00)00053-9.
- PÉRENNOU, D. A., AMBLARD, B., LAASSEL, E. M., BENAÏM, C., HÉRISSON, C., PÉLISSIER, J. 2002. Understanding the pusher behavior of some stroke patients with spatial deficits: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 83(4), 570-575 [cit. 2022-01-07]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1053/apmr.2002.31198.

PÉRENNOU, D. A., MAZIBRADA, G., CHAUVINEAU, V., GREENWOOD, R., ROTHWELL, J., GRETTY, M. A., BRONSTEIN, A. M. 2008. Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship? *Brain* [online]. 131(9), 2401-2413 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awn170.

PÉRENNOU, D., PISCICELLI, C., BARBIERI, G., JAEGER, M., MARQUER, A., BARRA, J. 2014. Measuring verticality perception after stroke: Why and how? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* [online]. 44(1), 25-32 [cit. 2023-07-13]. ISSN 09877053. Dostupné z: doi:10.1016/j.neucli.2013.10.131.

PROFETA, V. L. S., TURVEY, M. T. 2018. Bernstein's levels of movement construction: A contemporary perspective. *Human Movement Science* [online]. 57, 111-133 [cit. 2023-07-13]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2017.11.013.

PRUSZYNSKI, J. A. 2014. Primary motor cortex and fast feedback responses to mechanical perturbations: a primer on what we know now and some suggestions on what we should find out next. *Frontiers in Integrative Neuroscience* [online]. 8, 1-7 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1662-5145. Dostupné z: doi:10.3389/fnint.2014.00072.

RAIVA, V., WANNASETTA, W., GULSATITPORN, S. 2005. Postural stability and dynamic balance in Thai community dwelling adults. *Chulalongkorn Medical Journal* [online]. 49(3), 129-141 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0125-6483. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/27803785_Postural_stability_and_dynamic_balance_in_Thai_community_dwelling_adults.

ROELOFS, J. M. B., VAN HEUGTEN, K., DE KAM, D., WEERDESTEYN, V., GEURTS, A. C. H. 2018. Relationships Between Affected-Leg Motor Impairment, Postural Asymmetry, and Impaired Body Sway Control After Unilateral Supratentorial Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 32(11), 953-960 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968318804405.

ROERDINK, M., GEURTS, A. C. H., DE HAART, M., BEEK, P. J. 2009. On the Relative Contribution of the Paretic Leg to the Control of Posture After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 23(3), 267-274 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968308323928.

ROOIJ, I. J. M., DE, PORT, I. G. L., VAN DE, MEIJER, J.-W. G. 2016. Effect of Virtual Reality Training on Balance and Gait Ability in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy* [online]. 96(12), 1905-1918 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20160054.

ROUGIER, P. R., PÉRENNOU, D. 2019. Upright standing after stroke: How loading-unloading mechanism participates to the postural stabilization. *Human Movement Science* [online]. 64, 47-54 [cit. 2023-07-13]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2019.01.004.

ROUSSEAU, M., HONORE, J., VUILLEUMIER, P., SAJ, A. 2013. Neuroanatomy of space, body, and posture perception in patients with right hemisphere stroke. *Neurology* [online]. 81(15), 1291-1297 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0028-3878. Dostupné z: doi:10.1212/WNL.0b013e3182a823a7.

- SAFAVYNIA, S. A., TING, L. H. 2013. Sensorimotor feedback based on task-relevant error robustly predicts temporal recruitment and multidirectional tuning of muscle synergies. *Journal of Neurophysiology* [online]. 109(1), 31-45 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00684.2012.
- SEE, J., DODAKIAN, L., CHOU, C., CHAN, V., MCKENZIE, A., REINKENSMEYER, D. J., CRAMER, S. C. 2013. A Standardized Approach to the Fugl-Meyer Assessment and Its Implications for Clinical Trials. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 27(8), 732-741 [cit. 2022-04-26]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi: 10.1177/1545968313491000.
- SEIDL, Z. 2015. *Neurologie pro studium i praxi*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5247-1.
- SENNFÄLT, S., NORRVING, B., PETERSSON, J., ULLBERG, T. 2019. Long-Term Survival and Function After Stroke. *Stroke* [online]. 50(1), 53-61 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.118.022913.
- SHARMA, R. K., RAI, D., GUPTA, S., JAMES, T. T., MENARIA, S., DHARGAVE, P. 2022. Identifying the relationship between upper limb dysfunction and balance in subacute and chronic stroke hemiparetic patients: A cross-sectional study. *Journal of Society of Indian Physiotherapists* [online]. 6(2), 1-4 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2456-7787. Dostupné z: doi:10.4103/jsip.jsip_10_22.
- SHARMA, V. K., TEOH, H. L., WONG, L. Y. H., SU, J., ONG, B. K. C., CHAN, B. P. L. 2010. Recanalization Therapies in Acute Ischemic Stroke: Pharmacological Agents, Devices, and Combinations. *Stroke Research and Treatment* [online]. 2010, 1-8 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2042-0056. Dostupné z: doi:10.4061/2010/672064.
- SHELTON, F. de N. A. P., VOLPE, B. T., REDING, M. 2001. Motor Impairment as a Predictor of Functional Recovery and Guide to Rehabilitation Treatment After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 15(3), 229-237 [cit. 2022-04-26]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi: 10.1177/154596830101500311.
- SHIN, S., LEE, Y., CHANG, W.-H., SOHN, M. K., LEE, J., KIM, D. Y., SHIN, Y.-I., OH, G.-J., LEE, Y.-S., JOO, M. CH., LEE, S. Y., SONG, M.-K., HAN, J., AHN, J., KIM, Y.-H. 2022. Multifaceted Assessment of Functional Outcomes in Survivors of First-time Stroke. *JAMA Network Open* [online]. 5(9), 1-18 [cit. 2023-07-13]. ISSN 2574-3805. Dostupné z: doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.33094.
- SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. 2012. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice* (4. vyd.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 978-1-60831-018-0.
- SIMPSON, L. A., MILLER, W. C., ENG, J. J., CIFU, D., PARNIANPOUR, M., KHALAF, K., RASHEDI, E. 2011. Effect of Stroke on Fall Rate, Location and Predictors: A Prospective Comparison of Older Adults with and without Stroke. *PLoS ONE* [online]. 6(4), 1-6 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0019431.
- SOSNOFF, J. J., BROGLIO, S. P., SHIN, S., FERRARA, M. S. 2011. Previous Mild Traumatic Brain Injury and Postural-Control Dynamics. *Journal of Athletic Training* [online]. 46(1), 85-91 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-46.1.85.

SULLIVAN, K. J., TILSON, J. K., CEN, S. Y., ROSE, D. K., HERSHBERG, J., CORREA, A., GALLICCHIO, J., MCLEOD, M., MOORE, C., WU, S. S., DUNCAN, P. W. 2011. Fugl-Meyer Assessment of Sensorimotor Function After Stroke. *Stroke* [online]. 42(2), 427-432 [cit. 2022-04-26]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.110.592766.

ŠTĚTKÁŘOVÁ, I. 2013. Mechanizmy spasticity a její hodnocení. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 109(3), 267-280 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.csmn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2013-3-9/mechanizmy-spasticity-a-jeji-hodnoceni-40575/download?hl=cs>.

ŠTĚTKÁŘOVÁ, I., EHLER, E., JECH, R. 2012. *Spasticita a její léčba*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-80-7345-302-2.

ŠVESTKOVÁ, O., ANGEROVÁ, Y., DRUGA, R., PFEIFFER, J. VOTAVA, J. 2017. *Rehabilitace motoriky člověka: fyziologie a léčebné postupy*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0084-2.

TASSEEL-PONCHE, S., YELNIK, A. P., BONAN, I. V. 2015. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* [online]. 45(4-5), 327-333 [cit. 2022-01-07]. ISSN 09877053. Dostupné z: doi:10.1016/j.neucli.2015.09.003.

TRUEBLOOD, P. R., RIVERA, M., LOPEZ, CH., BENTLEY, C., WUBENHORST, N. 2018. Age-based normative data for a computerized dynamic posturography system that uses a virtual visual surround environment. *Acta Oto-Laryngologica* [online]. 138(7), 597-602 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0001-6489. Dostupné z: doi:10.1080/00016489.2018.1429653.

TSE, T., LINDEN, T., CHURILOV, L., DAVIS, S., DONNAN, G., CAREY, L. M. 2019. Longitudinal changes in activity participation in the first year post-stroke and association with depressive symptoms. *Disability and Rehabilitation* [online]. 41(21), 2548-2555 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0963-8288. Dostupné z: doi:10.1080/09638288.2018.1471742.

TURNBULL, G. I., CHARTERIS, J., WALL, J. C. 1996. Deficiencies in standing weight shifts by ambulant hemiplegic subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 77(4), 356-362 [cit. 2022-01-07]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/S0003-9993(96)90084-2.

ÚZIS ČR. 2012. *Hospitalizovaní a zemřelí na cévní nemoci mozku v ČR v letech 2003–2010* [online]. 2012(3), 1-27 [cit. 2023-07-13]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=record&id=4998>.

VANASSELDONK, E., BUURKE, J., BLOEM, B., RENZENBRINK, G., NENE, A., VANDERHELM, F., VANDERKOOIJ, H. 2006. Disentangling the contribution of the paretic and non-paretic ankle to balance control in stroke patients. *Experimental Neurology* [online]. 201(2), 441-451 [cit. 2022-01-07]. ISSN 00144886. Dostupné z: doi:10.1016/j.expneurol.2006.04.036.

VAŘEKA, I. 2002a. Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 9(4), 115-121 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1211-2658. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1.

VAŘEKA, I., 2002b. Posturální stabilita (II. část): řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2002(4), 122-129 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1211-2658. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/280087508_Posturalni_stabilita_Cast_2.

VEERBEEK, J. M., VAN WEGEN, E., VAN PEPPEN, R., VAN DER WEES, P. J., HENDRIKS, E., RIETBERG, M., KWAKKEL, G., QUINN, T. J. 2014. What Is the Evidence for Physical Therapy Poststroke? A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* [online]. 9(2), 1-33 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0087987.

VINCENT-ONABAJO, G., MUSA, H. Y., JOSEPH, E. 2018. Prevalence of Balance Impairment Among Stroke Survivors Undergoing Neurorehabilitation in Nigeria. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 27(12), 3487-3492 [cit. 2023-07-13]. ISSN 10523057. Dostupné z: doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.024.

VOMÁČKOVÁ, H., 2020. *Možnosti hodnocení vlivu výkonnosti zátěže na posturální funkce organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci*. Autoreferát disertační práce. Praha: Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2402-version1-vomackova.pdf>.

VOTAVA, J. 2001. Rehabilitace osob po cévní mozkové příhodě. *Neurologie pro praxi* [online]. 2001(4), 184-189 [cit. 2023-01-10]. ISSN 1213-1814. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2001/04/06.pdf>.

WAGATSUMA, M., KIM, T., SITAGATA, P., LEE, E., VRONGISTINOS, K., JUNG, T. 2019. The biomechanical investigation of the relationship between balance and muscular strength in people with chronic stroke: a pilot cross-sectional study. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 26(3), 173-179 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2019.1574417.

WAZIRY, R., HESHMATOLLAH, A., BOS, D., CHIBNIK, L. B., IKRAM, M. A., HOFMAN, A., IKRAM, M. K. 2020. Time Trends in Survival Following First Hemorrhagic or Ischemic Stroke Between 1991 and 2015 in the Rotterdam Study. *Stroke* [online]. 51(3), 824-829. ISSN 0039-2499 [cit. 2023-07-13]. Dostupné z: doi:10.1161/STROKEAHA.119.027198.

WEE, J. Y. M., HOPMAN, W. M. 2005. Stroke Impairment Predictors of Discharge Function, Length of Stay, and Discharge Destination in Stroke Rehabilitation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 84(8), 604-612 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0894-9115. Dostupné z: doi:10.1097/01.phm.0000171005.08744.ab.

WINSER, S. J., WN TSANG, W., KRISHNAMURTHY, K., KANNAN, P. 2018. Does Tai Chi improve balance and reduce falls incidence in neurological disorders? A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* [online]. 32(9), 1157-1168 [cit. 2023-07-13]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215518773442.

World Health Organization. 2020. *The top 10 causes of death* [online]. [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>.

ZHAO, L. J., JIANG, L. H., ZHANG, H., LI, Y., SUN, P., LIU, Y., QI, R. 2023. Effects of Motor Imagery Training for Lower Limb Dysfunction in Patients With Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [online]. 102(5), 409-418 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000002107.

ZHENG, Q.-X., GE, L., WANG, C. CH., MAC, Q.-S., LIAOC, Y.-T., HUANGA, P.-P., WANGA, G.-D., XIEA, Q.-L., RASKD, M. 2019. Robot-assisted therapy for balance function rehabilitation after stroke: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies* [online]. 95, 7-18 [cit. 2023-07-13]. ISSN 00207489. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijnurstu.2019.03.015.

ZHU, Y.-H., RUAN, M., YUN, R.-S., ZHONG, Y.-X., ZHANG, Y.-X., WANG, Y.-J., SUN, Y.-L., CUI, J.-W. 2023. Is Leg-Driven Treadmill-Based Exoskeleton Robot Training Beneficial to Poststroke Patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 102(4), 331-339 [cit. 2023-07-13]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0000000000002098.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Informovaný souhlas se zařazením do výzkumu	s. 66
Příloha 2 Skórovací systém MAS a MTS	s. 68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Stádia motorické obnovy dle Brunstrom a Twitchell	s. 12
Tabulka 2	Výsledky FMA-LE – kategorie E. a F.	s. 33
Tabulka 3	Výsledky FMA-LE – kategorie H., I., J. a celkové skóre	s. 33
Tabulka 4	Výsledky hodnocení spasticity dle MAS, četnost hodnocení jednotlivými stupni	s. 33
Tabulka 5	Výsledky hodnocení spasticity dle MAS, četnost postižení jednotlivých svalových skupin	s. 33
Tabulka 6	Výsledky hodnocení spasticity dle MTS, četnost hodnocení jednotlivými stupni	s. 33
Tabulka 7	Výsledky hodnocení spasticity dle MTS, četnost postižení jednotlivých svalových skupin	s. 34
Tabulka 8	Výsledky orientačního hodnocení svalové síly	s. 34
Tabulka 9	Výsledky testu Limits of Stability	s. 34
Tabulka 10	Výsledky testu Motor Control Test, hodnoty Weight Symmetry a Strength Symmetry	s. 35
Tabulka 11	Výsledky testu Motor Control Test, hodnota Latency	s. 35
Tabulka 12	Výsledky testu Sensory Organization Test	s. 35
Tabulka 13	Statisticky významné korelace mezi souhrnnými skóre FMA-LE a testem LOS	s. 36
Tabulka 14	Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem LOS	s. 36
Tabulka 15	Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické dolní končetiny a testem LOS	s. 37
Tabulka 16	Statisticky významné korelace mezi souhrnnými skóre FMA-LE a testem MCT	s. 38
Tabulka 17	Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem MCT	s. 38
Tabulka 18	Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické končetiny a testem MCT	s. 39
Tabulka 19	Statisticky významné korelace mezi motorikou paretické končetiny (kategorie E. a F. dle FMA-LE) a testem SOT	s. 39
Tabulka 20	Statisticky významné korelace mezi čítím na paretické končetině (kategorie H. dle FMA-LE) a testem SOT	s. 40
Tabulka 21	Statisticky významné korelace mezi pasivním rozsahem pohybu paretické dolní končetiny (kategorie I. dle FMA-LE) a testem SOT	s. 40
Tabulka 22	Statisticky významné korelace mezi svalovou silou paretické končetiny a testem SOT	s. 40

SEZNAM ZKRATEK

BBS	Berg Balance Scale
BESTest	Balance Evaluation Systems Test
CMP	Cévní mozková příhoda
COG	Centre of Gravity
COP	Centre of Pressure
DCL	Directional Control
EPE	Endpoint Excursion
ES	Equilibrium Score
FMA	Fugl-Meyer Assessment
FMA-LE	Fugl-Meyer Assessment – Lower Extremity
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
LOS	Limits of Stability
LT	Latency
MAS	Modified Ashworth Scale
MCT	Motor Control Test
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
MTS	Modified Tardieu Scale
MXE	Maximum Excursion
oST	Orientační vyšetření svalové síly
SG	Strategy
SOT	Sensory Organization Test
SS	Strength Symmetry
TUG	Timed Up and Go Test
WS	Weight Symmetry

Příloha 1 Informovaný souhlas se zařazením do výzkumu

Pro výzkumný projekt: Diplomová práce

Období realizace: Duben 2022-duben 2024

Řešitelé projektu: Bc. Anna Hablawetzová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zhodnocení poruch stability u pacientů po cévní mozkové příhodě. Bude se jednat o jednorázové, cca 60-minutové sezení, během něhož Vám bude položeno několik otázek, následně budou vyšetřeny Vaše pohybové funkce a na závěr budete podroben/a přístrojovému vyšetření stability stoje. Během tohoto vyšetření budete jištěn/a závěsným systémem. Veškeré získané informace budou sloužit pouze výzkumu a budou publikovány anonymně. Svou účastí pomůžete rozšířit pole vědy o nové informace k tomuto tématu a přispějete k rozvoji vzdělání řešitelky. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení účastníka výzkumu

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

Měl/a jsem možnost vše si rádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitelky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu. Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracovány v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

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

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): _____

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: _____

Příloha 2 Skórovací systém MAS a MTS

Modifikovaná Ashworthova škála (Bohannon a Smith, 1987, s. 207):

- 0 svalový tonus bez zvýšení,
- 1 mírné zvýšení svalového tonu (zarážka v pohybu), které poleví nebo minimální odpor přítomný při krajní pozici rozsahu pohybu,
- 1+ mírné zvýšení svalového tonu v podobě zarážky, ve zbylém rozsahu pohybu (méně než ½) přetrvává mírný odpor,
- 2 výraznější zvýšení svalového tonu v průběhu většiny rozsahu pohybu, pohyb je však stále snadno proveditelný,
- 3 výrazné zvýšení tonu, pasivní pohyb obtížně proveditelný,
- 4 rigidní poloha segmentu ve flekčním či extenčním postavení.

Modifikovaná Tardieuova škála (Boyd a Graham, 1999, s. 25):

- 0 bez odporu v průběhu celého pohybu,
- 1 mírný odpor v průběhu pohybu, bez zřetelného zárazu v konkrétním místě,
- 2 zřetelný záraz následovaný uvolněním svalu,
- 3 vyčerpatelný klonus (<10 s),
- 4 nevyčerpatelný klonus (>10 s),
- 5 rigidní kloub.