UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Marie Hradecká

3D analýza rychlých opakovaných pohybů při spasticitě

Diplomová práce

Praha 2023

Autor: Bc. Marie Hradecká

Vedoucí práce: Mgr. Klára Hojková, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Lenka Honzátková

Datum obhajoby: 2023

Bibliografický záznam

HRADECKÁ, Marie. 3D analýza rychlých opakovaných pohybů při spasticitě. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2023. 65, přílohy. Mgr. Klára Hojková, Ph.D.

Abstrakt

Spasticita je projevem poruchy centrálního motoneuronu, příčinou poruchy může být například trauma, ischemie, hemoragie, zánět či nádor. I v současné době je těžké definovat patofyziologické mechanizmy spasticity, a stejně tak i stanovit léčbu. Cílem této práce bylo ověření bezprostředního a dlouhodobého efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů na délku kroku u postižené dolní končetiny při spastické paréze. Teoretická část se věnuje shrnutí poznatků o syndromu centrálního motoneuronu, vyšetření a jeho léčbě. Praktická část zahrnuje vyšetření a zhodnocení efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů pomocí 3D kinematické analýzy a dotazníku.

Klíčová slova

Spasticita, rychlé opakované pohyby, autoterapie, délka kroku, 3D kinematická analýza

Bibliografic record

HRADECKÁ, Marie. 3D analysis of rapid alternating movements in spasticity. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Physical Medicine, 2023. 65, appendices. Mgr. Klára Hojková, Ph.D.

Abstract

Spasticity is a manifestation of a central motoneuron disorder; the cause of the disorder may be trauma, ischemia, hemorrhage, inflammation or tumor. Even nowadays, it is difficult to define the pathophysiological mechanisms of spasticity, as well as to establish treatment. The aim of this study was to examine the immediate and long-term effect of rapid alternating movements training on stride length in the affected lower limb in spastic paresis. The theoretical part is devoted to a summary of the knowledge about central motoneuron syndrome, examination and its treatment. The practical part includes examination and evaluation of the effect of of rapid alternating movements exercises using 3D kinematic analysis and a questionnaire.

Keywords

Spasticity, rapid alternating movements, self-therapy, stride length, 3D kinematic analysis

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Kláry Hojkové Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 7. 8. 2023 Bc. Marie Hradecká

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Mgr. Kláře Hojkové Ph.D. za trpělivé a odborné vedení a podporu. Také chci poděkovat všem probandům, kteří se se zájmem a zápalem zapojili do studie. Dále děkuji Tereze Janatové a Ladislavě Rýdlové za odborné konzultace a pomoci při zpracování výsledků. A konečně děkuji své rodině, která mi byla a je věrnou oporou.

OBSAH

Seznam zkratek 9
Úvod 10
Přehled teoretických poznatků 11
1 Syndrom centrálního motoneuronu 11
1.1 Pozitivní a negativní příznaky syndromu centrálního motoneuronu 12
1.1.1 Spasticita 12
1.1.2 Klonus 17
1.1.3 Spastická dystonie 18
1.1.4 Flexorové a extenzorové spasmy 18
1.1.5 Spastická ko-kontrakce 19
1.1.6 Asociované reakce (synkineze) 19
1.1.7 Paréza 20
1.1.8 Spastická myopatie 21
1.1.9 Změny svalu vedoucí ke zkrácení 22
1.1.10 Bolest 23
1.2 Hodnocení zdravotního postižení 23
1.2.1 Klinické škály 23
1.2.2 5 kroků vyšetření spastické parézy dle Graciese 27
1.3 Léčba 29
1.3.1 Rehabilitace 31
2 Úloha musculus rectus femoris při chůzi 37
2.1 Anatomie a základní kineziologické poznatky 37
2.2 Aktivita musculus rectus femoris v průběhu krokového cyklu 40
2.3 Změny v chůzi u pacientů po prodělané cévní mozkové příhodě 43
3 3D kinematická analýza pohybu 43
4 Cíle a hypotézy 45
4.1 Hypotézy 45
5 Metodika 46
5.1 Průběh studie 46
5.2 Charakteristika sledovaného souboru 46
5.3 Vyšetřovací metody 46
5.3.1 Průběh měření 47
5.3.2 Autoterapie 48
5.3.3 Analýza a zpracování dat 48

6 Výsledky 50
7 Diskuze 54
Závěr 57
Referenční seznam 58
Přílohy 63

Seznam zkratek

RAP	rapid alternating movement/rychlé opakované pohyby
FRAs	flexor reflex afferents
CMP	cévní mozková příhoda
TCD	tuber calcanei dextra
TCS	tuber calcanei sinistra
PDK	pravá dolní končetina
LDK	levá dolní končetina

Úvod

Spasticita je jedním z příznaků postižení centrálního motoneuronu. V doprovodu s dalšími příznaky jako zkrácení svalu, paréza, svalové dystonie a ko-kontrakce nepříznivě ovlivňuje volní motoriku člověka a jeho kvalitu života. Až u 25-30 % nemocných se vyskytuje spasticita po chronickém poranění mozku, konkrétně u 4-42,6 % lidí má spasticitu po prodělané cévní mozkové příhodě. (42, s. 1-4) V případě roční četnosti výskytu cévní mozkové příhody se v Evropě jedná o 113 osob na 100 000 obyvatel. (2, s.6)

S rozvojem nových přístupů v léčbě hraje svoji důležitou roli nejen objektivní zhodnocení jejího efektu, ale také možnost zapojení daného člověka s onemocněním do autoterapie, podpořit ho v uvědomění si vlastní zodpovědnosti za své zdraví a motivovat ho k terciární prevenci.

Tato diplomová práce se zaměřuje na zhodnocení efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů u lidí po prodělané cévní mozkové příhodě. K objektivnímu posouzení výsledků byla využita 3D kinematická analýza, pro subjektivní vyšetření byl použit dotazník pro hodnocení bolesti, diskomfortu a funkce končetiny.

Teoretická část zahrnuje poznatky týkající se příznaků syndromu centrálního motoneuronu, patofyziologii, vyšetření a léčby. Do praktické části se zapojilo celkem 9 probandů v chronické fázi onemocnění. Cílem této práce bylo zhodnocení bezprostředního a dlouhodobého efektu cvičení (po 3 měsících autoterapie) na délku kroku postižené dolní končetiny.

Přehled teoretických poznatků

1 Syndrom centrálního motoneuronu

Postižení centrálního motoneuronu vede k rozvoji stavu, který se souhrnně označuje jako syndrom centrálního motoneuronu, který se může projevovat poruchou volní hybnosti, bolestí a fixovanými svalovými kontrakturami. (8, s.14) Syndrom s sebou nese jak negativní, tak i pozitivní příznaky. Negativní jevy vznikají na základě ztráty volní motoriky, zatímco pozitivní jevy představují odemknuté nedobrovolné chování nižší úrovně, které bylo premorbidně inhibované. (2, s. 5, 18) Pozitivní jevy syndromu centrálního motoneuronu zahrnují dva hlavní mechanismy, a to ztrátu descendentní kontroly nad spinálními drahami a strukturální či funkční reorganizaci na spinální úrovni. (7, s.15)

Kaňkovský k pozitivním symptomům mimo spasticitu řadí hyperreflexii, klonus, flexorové a extenzorové spazmy, ko-kontrakce, spastickou dystonii a asociované reakce. (1, s.83-96) Štětkářová pozitivní příznaky rozlišuje na spasticitu (zvýšené myotatické reflexy, klonus), spastickou dystonii (spazmy extenzorů a flexorů, pozitivní spastické pyramidové příznaky), spastické ko-kontrakce a asociované reakce. Do negativních příznaků zahrnuje hypotonii (akutní fáze), parézu (svalová slabost), zkrácení svalů, ztrátu obratnosti a únavnost. (8, s.16-17) Pro názornost je shrnutí v **tabulce 1.**

Negativní příznaky	Hypotonie (v akutní fázi)
	Paréza/svalová slabost
	Zkrácení svalů
	Ztráta obratnosti
	Únavnost
Pozitivní příznaky	Spasticita (zvýšené myotatické reflexy, klonus)
	Spastická dystonie (spazmy extenzorů a flexorů, pozitivní pyramidové příznaky)
	Spastické ko-kontrakce
	Asociované reakce

Tabulka 1: Pozitivní a negativní příznaky centrálního motoneuronu dle Štětkářové (Štětkářová, 2012, s.17)

Baude a Gracies užívají termín deformující spastická paréza, který slouží k popisu klinického syndromu vzniklého postižením kortikospinálních drah. Syndrom zahrnuje 2 hlavní poruchy, a to svalovou a neurologickou. V případě svalového postižení se jedná o spastickou myopatii, která kombinuje zkrácení svalu a ztrátu protažitelnosti. Neurologická porucha obsahuje spastickou na protažení citlivou parézu a svalovou hyperaktivitu. Pro přehlednost jsou příznaky vypsány v **Tabulce 2**. (9, s.427)

Svalové postižení	Spastická myopatie
Neurologické postižení	Streč-senzitivní paréza Svalová hyperaktivita (spasticita, dystonie, ko-kontrakce, synkinézy, spazmy)

Tabulka 2: Hlavní příznaky spastické parézy dle Baude a Gracies (Baude & Gracies, 2019)

1.1 Pozitivní a negativní příznaky syndromu centrálního motoneuronu

1.1.1 Spasticita

Definice

Dle Lanceho je spasticita definována jako: „zvýšení tonických napínacích reflexů, které je závislé na rychlosti pasivního protažení svalu.“ Jedná se však o jednu z definic a doposud není jednotnost v terminologii. (10, s.10)

Brashear uvádí jinou definici: „Spasticita je stav, ve kterém se normálně latentní napínací reflexy stávají zřejmé. U šlachových reflexů dochází ke snížení prahu odpovědi na poklep, odpověď svalu je zvýšená a reagují i okolní svaly a tonické napínací reflexy jsou ovlivněny stejným způsobem.“ Objevuje se tedy zvýšená excitabilita fázických a tonických napínacích reflexů. (2, s.19-20)

Můžeme se setkat s tím, že je pojem spasticita užíván jako zastřešující termín pro všechny klinické projevy svalové hyperaktivity, které se u poruchy centrálního motoneuronu vyskytují, navzdory tomu, že se jedná o jednu z komponent syndromu centrálního motoneuronu. (2, s.18-21)

Podklad spasticity

Při spasticitě dochází k abnormálnímu zpracování aferentní informace v míšním segmentu a ztrátě inihibičních supraspinálních mechanismů, následkem je nadměrná stimulace alfa-motoneuronů. (8, s. 15) Z důvodu ztráty descendentní inhibiční kontroly nad míšní interneurální sítí dochází ke zvýšené excitabilitě tonických a fázických napínacích reflexů (2, s.19-22)

Za zvýšenou excitabilitu spinálních reflexů je pravděpodobně zodpovědná nejen narušená inhibice, ale i strukturální reorganizace (plasticita na úrovni kortikální, mozkového kmene, míchy, kolaterální pučení axonů a tvorba nových synapsí, hypersenzitivita receptorů po denervaci). Jedna z teorií je, že nově vzniklé synapse spíše posilují již existující spinální okruh, než aby se tvořily okruhy nové. (7, s.15)

Na rozdíl od zdravého jedince, kdy při pasivním protažení svalu sledujeme minimální aktivitu v rámci elektromyografického vyšetření (EMG), v případě protažení spastického svalu, po dosažení prahové hodnoty, sval dle EMG vykazuje neustálou aktivitu až do ukončení pohybu. Vyšetřující může pociťovat odpor kladený protažení svalu a při zvyšující se rychlosti pohybu se zvyšuje i odpor. (2, s.19-22) Musíme respektovat určitý práh rychlosti pohybu, pomalé pohyby nevyvolají reflex. Pokud se jedná o quadriceps, byla vysledována prahová rychlost 100 stupňů za sekundu. (7, s. 19-20)

Brashear zmiňuje několik teorií týkajících se fázických a tonických napínacích reflexů. V případě fázického reflexu uvádí příklad poklepu na šlachu svalu, kdy poklep vyvolá náhlou změnu délky svalu, která vede ke škubnutí. Fázickou reakci obvykle představuje krátká excitace svalu.(2, s.19-21)

U spastického syndromu poklepem na šlachu jednoho svalu můžeme dosáhnout krátké reflexní kontrakce i okolních svalů. Jedná se o tzv. fenomén reflexní iradiace. Dle autorů se jedná o prostý mechanismus, kdy poklepem na šlachu dochází ke vzniku a šíření vibrační vlny, která je schopná stimulovat vřeténka okolních svalů. Pokud je u těchto svalů napínací reflex hyperexcitabilní, tak se budou evokovat fázické napínací reflexy. (7, s.17)

U tonických napínacích reflexů se jedná o odpověď na stimul, vedoucí k trvalé svalové kontrakci během jeho trvání. Příkladem může být pasivní protahování svalu (progresivní prodlužování), pokud je dosažen práh excitace, tak dochází u spastického svalu k trvalé reflexní kontrakci dokud není protahování ukončeno. (2, s.19-21) Tonické

napínací reflexy jsou závislé nejen na rychlosti ale i na délce. Například na dolních končetinách u quadricepsu jsou méně citlivé při větší délce svalu. (7, s.20 -21)

Statický tonický napínací reflex

V určitých případech může být při protažení svalu, následném zastavení pohybu a setrvání v dané poloze, stále přítomná reflexní aktivita (odpor), jedná se o tzv. statický napínací reflex. Tento jev je připisován sekundárním zakončením svalových vřetének. (2, s.22-23)

Při vyšetření napínací reflex obvykle poklesl těsně před koncem pohybu. Mechanismus statického tonického reflexu pravděpodobně zahrnuje receptory, které jsou citlivé hlavně na délku svalu a méně na rychlost. Primární zakončení svalového vřeténka jsou senzitivní na obojí, ale více na rychlost. Sekundární zakončení svalového vřeténka skrze pomalejší vedení udržují zvýšenou úroveň pálení po dobu protahování svalu, a můžou stát za příčinou tonického reflexu. (7, s.21-23)

Fenomén sklapovacího nože

Jedná se o hyperexcitabilitu tonického napínacího reflexu. Fenomén vyvoláme rychlým pasivním pohybem v kloubu relaxované končetiny, následně začíná bránit pohybu postupně zvyšovaný odpor, který poté poleví, což umožňuje pokračovat s relativní lehkostí v pohybu. Náhlý pokles napínacího reflexu byl původně přičítán funkci Golgiho šlachového tělíska za účelem ochrany svalu před nebezpečně vysokým napětím. Bylo však objeveno, že Golgiho orgány nehrají velkou roli u tohoto fenoménu

Mechanismus snížení aktivity napínacího reflexu může být ve dvou faktorech. První je citlivost napínacího reflexu na rychlost. Odpor produkovaný napínacím reflexem zpomalí pohyb, což redukuje stimulus, který je za to odpovědný, reflexní kontrakce přestane a odpor klesne. Tonický napínací reflex není závislý jen na rychlosti ale i na délce, a stává se méně citlivým při větší délce svalu. Se snižující se rychlostí během pohybu dochází i k prodlužování délky. Pokračující pohyb nevyvolá další reflex, protože citlivost reflexu je malá při větší délce. Závislost citlivosti napínacího reflexu na délce (vedoucí k inhibici napínacího reflexu z prodloužení) je zprostředkována pravděpodobně skupinou senzorických vláken označovaných jako „flexor reflex afferents“ (FRAs) . V protikladu quadricepsu je napínací reflex u hamstringů více senzitivní při větší délce. (7, s.21)

Projevy spasticity

Mohutnost kontrakce se odvíjí od délky protažení svalu („length-dependent“). Čím je délka protažení svalu větší, tím mohutnější je reflexní spastická odpověď. (1,s. 83-85) Stejně tak dochází k bouřlivější reflexní odpovědi při vyšší rychlosti pasivního protažení svalu. (8, s.15) Při zvýšení rychlosti natažení se tedy odpor zvyšuje (je zaznamenána i vyšší EMG aktivita svalu) zatímco pomalé natažení svalu vyvolá menší odpor (nižší EMG aktivita svalu). (2, s.22-23)

Některé studie ukázaly, že opakované protahování vede ke snížení tonu a tonického napínacího reflexu, ale pouze na krátký čas (v rámci hodin). Pravděpodobně dochází ke změnám jak biomechanickým, tak i v citlivosti vřetének. Při vyšetření spasticity je nutné brát v úvahu počet protažení provedených pro hodnocení spasticity, stejně tak faktory délky, rychlosti a pozice vyšetřovaného segmentu. (7, s.20)

Pacient může vnímat spasticitu jako odpor, který mu brání v provádění rychlých aktivních pohybů, důsledkem je vykonání pohybu s velkým úsilím, za delší dobu a v omezeném množství. Spaticita může nabývat různé intenzity, stejně tak i čas jejího nástupu od vzniku onemocnění může variovat. (8, s. 15)

Lokalizace léze a rozvoj spasticity

Spasticita vzniká na podkladě postižení centálního motoneuronu společně s porušením inhibičních supraspinálních center a drah. Může se jednat o postižení na různé úrovni centrální nervové soustavy. (1, s.87-88)

Doposud nejsou k dispozici informace, které by dostatečně osvětlily vliv specifických mozkových lézí na vývoj spasticity. (3, s.1) Dle odhadů se může jednat o tři oblasti jejichž lézí se může vyvolat spasticita, a to oblast míchy (pyramidová dráha), mozkového kmene a kortexu. V případě kortexu se jedná o primární motorickou oblast (Broadmanova area 4) a sekundární motorickou oblast (suplementární a premotorická oblast, area 6). (6, s.1094) Štětkářová uvádí, že postižení samotné pyramidové dráhy sice vede k paréze akrálních svalů končetin, ale s normálním svalovým napětím a mírnou hyperreflexií. Avšak při postižení jak pyramidové dráhy (area 4), tak i parapyramidové dráhy (premotorická kůra, area 6) dochází k rozvoji spasticity. (8, s.14-17) To stejné potvrzuje i Barnes a Johnson. (7, s.10-11) Mezi příčiny postižení horního motoneuronu můžeme řadit například trauma, hemoragie, ischemie, zánět, nádor nebo degenerativní procesy. Klinický obraz se dále odvíjí jak od lokalizace, tak rychlosti vzniku a rozsahu léze. (8, s.14-17)

Štětkářová zmiňuje, že je možné rozlišovat mozkové léze dle úrovně postižení, na lézi v úrovni mozkového kmene či nad ním, kde následně může vzniknout porucha kontroly kortexu nad inhibičními oblastmi mozkového kmene. (8, s.21-22) Jako adaptace na postižení mozkových oblastí, podílejících se na pohybu, se může objevit aktivace jiných center, které se primárně na tomto úkolu nepodílely (provedení pohybu). (16, s.1095)

V případě postižení mozku se setkáváme s mírnějšími projevy spaticity, která se spíše týká extenzorových skupin svalů (typicky extenze dolních končetin), méně často vídáme flexorové spazmy, fenomén sklapovacího nože a klonus. Při spinální lézi naopak vídáme těžkou spasticitu převážně ve flexorových skupinách (flektované dolní končetiny), dále s projevy flexorových spazmů, fenoménem sklapovacího nože a klonusem. (7, s.14)

Ve studii autoři Lee a Hong zkoumali 45 pacientů po cévní mozkové příhodě, kdy spasticitu posuzovali využitím modifikované Ashworthovy škály. Každý pacient podstoupil vyšetření 4x (v rozsahu 6 měsíců). Pro analyzování mozkové léze využili magnetickou rezonanci. Z výzkumu vyplynulo, že léze v oblasti capsula interna, corona radiata, thalamu, putamen, premotorického cortexu a insuly jsou spojeny s vývojem spasticity horních končetin. Léze v místě corona radiata, capsula interna a externa, nucleus caudatus, thalamu a putamen jsou spojeny s rozvojem spasticity dolních končetin. Postižení mozkomíšních drah a striata ovlivňuje rozvoj spasticity na horních a dolních končetinách. Dále poznamenávají, že výrazný nárůst spasticity probíhal v prvních třech měsících po prodělané mozkové příhodě. Zmiňují, že striatum a thalamus ovlivňují spasticitu na dolních končetinách skrze thalamo-striatální systém. (3, s.1-11)

Výskyt spasticity

Dle McGuireho existuje omezené množství studií věnující se incidenci a prevalenci spasticity pravděpodobně díky malému množství souhlasných definicí a spolehlivých měření spasticity. Studiím chybí citlivost v hodnocení. Protože se spasticita může měnit během dne v závislosti na pozici či noxe (otlaku, infekci močového traktu, hluboké žilní trombóze, bolesti kloubů, zácpě) jsou spolehlivá měření komplikovaná. (2, s.5-7)

S ohledem na nedostatečná data týkající se prevalence spasticity u poranění míchy, se dle odhadů v USA vyskytuje spasticita nejvíce u lidí postižených mozkovou obrnou,

kde z odhadovaných 764 000 pacientů trpí 649 400 (85%) spasticitou. Avšak nejvyššího počtu lidí postižených spasticitou zaujímají pacienti po prodělané cévní mozkové příhodě, kde je z celkového odhadovaného počtu 6 500 000 případů postiženo 1 495 000 (23%) lidí. (2, s.10-13) Dle Ehlera se spasticita vyskytuje v průměru cca u 38% nemocných po první cévní mozkové příhodě a odhadem ve 45% u recidivujících CMP. (8, s.240)

V případě roční četnosti výskytu cévní mozkové příhody se v USA jedná o 183 osob na 100 000 obyvatel a v Evropě o 113 osob na 100 000 obyvatel. (2, s.6) Rozvoj spasticity má rozličnou intenzitu a objevuje se v různé době od vzniku choroby. U ischemické cévní mozkové příhody se spasticita rozvíjí do několika dnů či týdnů narozdíl od hemoragické příhody, kdy se spasticita objevuje v průběhu několika hodin. (8, s. 240-241)

1.1.2 Klonus

Jedná se o oscilující rytmický pohyb, jehož příčinou jsou hyperexcitabilní fázické napínací reflexy. Může být vyvolán rychlým protažením a následným držením daného svalu, či v rámci volního pohybu aktivitou agonisty dochází k protažení a klonu antagonisty. Navrácením svalu do kratší pozice klonus ustává. Mimo rychlého protažení svalu může klonus vyvolat i studená či bolestivá kožní stimulace. Vlivem hyperexcitabilní napínací reflexní smyčky může docházet k vlastní opětovné aktivaci napínacího reflexu. Dle EMG vyšetření se jedná o krátce trvající elektrickou aktivitu, která má svoji specifickou frekvenci od 6 do 8 Hz. (2, s.22)

Vzhledem ke specifické frekvenci klonu a nemožnosti její modifikaci externími vlivy vědci vytvořili hypotézu centrálního oscilačního generátoru. Tato myšlenka však byla zpochybněna objevem, kdy se s určitou zátěží měnila frekvence klonu v daném segmentu. Při silné zátěži bylo možné docílit až inhibice klonu. Dle poznatků je tedy role centrálních mechanismů méně dominantní při určování frekvence. Základním mechanismem klonu je tedy zvýšená excitabilita fázického napínacího reflexu. Klonus můžeme rozlišovat na udržitelný a neudržitelný. Oba se mohou vyskytovat při lézi horního motoneuronu. (7, s. 17)

1.1.3 Spastická dystonie

Jedná se o klidovou svalovou hyperaktivitu aktivita (bez známek aferentního vstupu, volního úsilí, protažení), která způsobuje abnormální postavení končetiny. Svůj vliv nese jak aferentní mechanismus svalového hypertonu pro udržení končetiny v dané poloze, tak i špatná regulace aktivace alfa motoneuronů centrálními drahami. Klasicky se dystonie projevuje tzv. Wernick-Mannovým postavením. (8, s.17-18)

Dystonie je citlivá na prolongované protahování, díky kterému může dojít ke snížení její aktivity. Naproti tomu krátkodobé protahování může vyvolat spastickou odpověď. (2, s. 24-25)

1.1.4 Flexorové a extenzorové spasmy

Jedná se o svalovou hyperaktivitu, která vychází z flexorových a extenzorových reflexů. Flexorové spazmy jsou častější u spinálních lézí, kde dochází ke snížené reciproční inhibici. Různé stimuly (změna polohy končetiny, náplní močového měchýře) mohou vyvolat jak extenzorové, tak i flexorové spazmy a nabývají různé intenzity. (8, s.18)

Flexorový reflex je polysynaptický ochranný reflex, který má dlouhou latenci (oproti segmentálnímu napínacímu relfexu), kvůli pomalé aferentní rychlosti vedení. Jeho výsledkem je kontrakce několika svalů do flekčního pohybu, který může být vyvolán různými stimuly (tlak, dotek).

Tento jev je generován aferentními stimuly tzv. flexor reflex afferents (FRA). FRA představuje systém, do něhož spadají kožní receptory (dotek, teplota, tlak), nociceptory (bolestivý stimul), sekundární zakončení svalových vřetének (skupina II), volná nervová zakončení, která jsou rozptýlená ve svalech. V míše se FRA skládá ze sestupných a vzestupných drah spojené synapsemi v různých míšních segmentech, ovlivnitelné jak vstupy z periferie, tak i centrálními zdroji. Efekt, vyvolaný periferním stimulem, má dopad jak na aktivaci svalů, tak i na svalové napětí. Z mozkového kmene přicházejí centrální řídící dráhy, které také v tomto procesu sehrávají svoji roli. (8, s.18-19; 2, s.25-26)

FRA se podílejí nejen na flexi, ale i na facilitaci extenzorů. FRA jsou pod silnou supraspinální kontrolou (jak exitační tak i inhibiční). Supraspinální kontrola pravděpodobně určuje která z možných cest bude aktivována pomocí FRAs podle daného

úkolu. Inhibice také přichází z mediálního retikulospinálního a vestibulospinálního traktu. FRA je silně potlačována dopaminergními a norarenenrgními drahami. (7, s.28)

Extenzorové i flexorové reflexy jsou polysynaptické, jsou podkladem pro komplexní koordinační vzory jako například chůzové generátory. U syndromu centrálního motoneuronu je práh pro spuštění flexorového reflexu položen níže, intenzita kontrakce je zvýšena a je zapojeno více svalů a kloubů. Flexorové spazmy jsou častější i spinálních lézí. Způsob, jakým se aferentí aktivita přenáší v míše, je rozdílný u paraplegie a hemiplegických pacientů. (2, s.25-26)

1.1.5 Spastická ko-kontrakce

Kontrolovaná ko-kontrakce je běžným jevem přirozené motorické funkce, která slouží k zajištění posturální stability. Jedná se o současnou aktivaci agonistů i antagonistů ve stejném svalovém segmentu při volním pohybu či pokusu o jeho provedení. Ko-kontrakce je modulována během pohybu. U syndromu centrálního motoneuronu dochází při ko-kontrakci vlivem hyperaktivity antagonistů k omezení pohybu či jeho provedení v opačném směru, objevuje se nevyvážená kontrakce svalů a vytváří dojem slabšího agonisty. Jedná se o poruchu kontroly reciproční inhibice. Dokonce i před započetím samotného pohybu lze pomocí EMG vysledovat hyperaktivitu antagonisty. (7, s.34-35; 8, s.19-20)

Ko-kontrakce se může objevit i tehdy, kdy nedochází k protažení antagonistického svalu (izometrická aktivita). V případě pohybu agonisty získává antagonista dva hlavní eferentní vstupy, a to ze supraspinální a segmentální reflexní aktivity. Pacienti se pohybují pomalu a s velkým úsilím. Pokud se pacient snaží například střídavě pokrčovat a natahovat končetinu může docházet k tomu, že pohyb jedním směrem bude trvat déle než opačným. (2, s.23-24)

1.1.6 Asociované reakce (synkineze)

Jedná se o pohyby, které se objevují současně s volním pohybem, který se odehrává v jiném svalovém segmentu. Množství úsilí pacienta, věnovaného volnímu pohybu, ovlivňuje rozsah asociovaných pohybů a velikost svalového hypertonu. Stejně tak dle množství pohybů se odvíjí intenzita. Asociované pohyby bývají stereotypní a jednosměrné. Na kortikální či míšní úrovni dochází k přesměrování aktivity na jiné svalové skupiny, pravděpodobně z důvodu neuroplastických změn CNS, kde zdravá řídící

oblast přejímá svalové segmenty zaniklého kortexu. (8, s.20-21)

Části těla, kde se odehrávají asociované reakce jsou často postižené a obvykle vykazují určitý stupeň spasticity. Rozsah asociovaných reakcí záleží na stupni motorického úsilí a stupni hypertonie končetiny, kde se asociovaná reakce odehrává. Jedna z hypotéz je, že nepostižené bulbospinální motorické dráhy s více rozptýlenými, polysegmentálními spojeními, mohou převzít roli postižených drah v přenosu sestupujících volních příkazů. Tyto starší bulbospinální dráhy jsou méně zaměřené než ty pyramidové. Mají významné vazby na motoneurony axiální a proximální muskulaturu končetin, což může vést k synergickým vzorcům. Propriospinální dráhy mohou být zapojeny také. Descendentní motorické pálení může upřednostňovat flexory nad extenzory prostřednictvím zvýšené excitability flexorových motoneuronů a interneuronů zavzatých do flexorových reflexních drah. Vzpřímená pozice zvyšuje excitabilitu antigravitačních motoneuronů. (7, s.33-34)

1.1.7 Paréza

Po prodělané cévní mozkové příhodě se již v prvních třech měsících objevuje hypofunkce a degenerace alfa-motoneuronů na hemiparetické straně, kdy však během dalších 9 měsíců nebyla zaznamenána významnější progrese. (26, s.102)

Baude a Gracies mluví o streč-senzitivní paréze, kterou označují jako stav neurologické poruchy, kdy dochází ke ztíženému přístupu centrálních příkazů ke svalu, a která je navíc zhoršovaná protažením antagonisty.

Vlivem neurologické poruchy dochází ke kvantitativnímu nedostatku centrálních descendentních motorických příkazů motoneuronům což ústí v motorickou hypoaktivitu. Hypoaktivita vede k rychlé dekondici svalu, nežádoucím strukturálním a funkčním adaptacím. Klinicky se porucha projeví postupnou ztrátou protažitelnosti svalu. Dochází ke změně aferentních informací vedoucích do CNS, které zhoršují neurologickou poruchu. Následkem vzniká streč-senzitivní svalová hyperaktivita u antagonistů a původní paréza agonisty se změní na streč-senzitivní parézu. (9, s.426-427)

Dle studií se na projevu slabosti svalu významně podílí snížený nábor motorických jednotek a frekvence pálení, dále může docházet i k narušenému pořadí náboru od malých po velké motorické jednotky při zvyšující se zátěži. Brashear podotýká,

že užívání termínu slabosti pro popis narušené vůle pohybu není ideální. Pacienti trpí ztrátou schopnosti provést selektivní pohyb a veškeré volní úsilí k provedení pohybu se uskutečňuje v synergistickém vzorci.

Termín synergie představuje stálý pohybový vzorec, který se opakuje při volním pokusu pacienta provést cílený pohyb, schází schopnost provedení selektivního pohybu. Dále poznamenává, že navzdory patologickému průběhu pohybu jsou určité komponenty pohybu zachovány pod volní kontrolou pacienta, a to iniciace, terminace pohybu a rychlost provedení. Pravděpodobně se jedná o neschopnost vytvoření správných instrukcí pro provedení daného pohybu (v rámci úkolu) na centrální úrovni. Vlivem poruchy se následně volním úsilím spouští neurální aktivita na nižší úrovni – nervové okruhy s fixovanými svalovými vazbami napříč končetinou, což ústí v opakující se synergický vzorec. (2, s.18-19)

V rámci hodin a dnů po nástupu parézy se objevuje myopatie respektive spastická myopatie. Pravděpodobně geneticky zprostředkovaný proces. Sval, u kterého převládají spastická dystonie, ko-kontrakce a spasticita bývají více postižené spastickou myopatií. (9, s.426) Může docházet ke ztrátě vláken typu II ve prospěch vláken typu I, z toho vyplývá obtížná iniciace rychlých silových pohybů. (26, s.104)

1.1.8 Spastická myopatie

Jedná se o poruchu svalu, která se rozvíjí jeho hypomobilizací ve zkrácené pozici. Příčinou hypomobilizace obvykle bývá paréza svalu. Při nástupu parézy je svalová tkáň zpočátku normální, ale při nedostatečné péči dochází ke změnám v transkripci genů imobilizovaných svalových vláken ve zkrácené pozici. Při imobilizaci svalu v protažené poloze dochází k menším změnám z hlediska snížení rychlosti syntézy proteinů, infiltraci tuků a vzniku atrofie. Pravděpodobně dochází k akumulaci kolagenu v měkkých tkáních. Většina kontraktur se vyvíjí na konci aktuního/subakutího období, v rámci dnů a týdnů po nástupu hypomobilizace. Spastická myopatie se klinicky projevuje jako ztráta protažitelnosti způsobenou zvýšenou viskozitou svalů, elasticitou. Spastická myopatie je prvním faktorem deformity těla a skrze zvýšenou citlivost svalových vřetének zkráceného svalu je faktorem omezující pasivní a aktivní pohyb. (9, s.428)

Dále bylo u paretických vláken pozorovaná změna ve prospěch glykolitckého

metabolismu. Z termografické analýzy vyšlo najevo, že na paretické končetině (stehno) je nižší tělesná teplota oproti zdravé z důsledku sníženého metabolismu postiženého svalu či menší kapilarizaci svalu, případně z důsledku ztráty svalové hmoty. (14, s.503-505)

1.1.9 Změny svalu vedoucí ke zkrácení

Na zkrácení svalu a tudíž na omezení rozsahu pohybu se podílí, jak svalový hypertonus, tak změna viskoelastických vlastností tkání (svalů, šlach, vazů), které se objevují už několik hodin po vzniku parézy. Sval atrofuje a zkrácené délce se přizpůsobují i okolní tkáně, následkem bývají kloubní deformity a může docházet i k odvápnění kostí. Při spasticitě se objevují viskoelastické změny ve svalech i šlachách, dochází k náhradě kolagenním vazivem. (8, s. 16-25)

Svalová kontraktura je mimo zkrácení svalu doprovázena zkrácením fascií, nervů, cév a kůže. Vlivem parézy nedochází k opětovnému zkracování a natahování svalů při každodenních činnostech a k ovlivňování polohy kloubů a končetin gravitační silou během pohybu. Může být obtížné rozlišit mezi dynamickým napětím způsobeným svalovou hyperaktivitou a statickým reologickým napětím. Co se týče svalů dolní končetiny, které se zkracují, jsou to plantární flexory kotníku, flexory palce, kyčelní a kolenní flexory. (2, s.27-28)

V klinické praxi může být obtížné rozlišit mezi neurální a biomechanickou hypertonií. Na rychlosti závislá hypertonie a fenomén sklapovacího nože může poukazovat na neurální příčinu. Hypertonie s pomalým protažením spíše naznačuje sníženou poddajnost měkkých tkání. V mnoha případech jsou přítomné obě komponenty. Podmínky vedoucí ke snížené poddajnosti měkkých tkání jsou například prolongovaná imobilizace svalů a šlach ve zkrácení (spasticita, spasmy). Neurální hypertonie (spasticita) může způsobit sekundární biomechanickou hypertonii. Takové změny se v měkkých tkáních mohou objevit velice rychle, už po 2 měsících po příhodě. Ztuhlost se může vyskytovat v pojivové tkáni svalů, šlach a kloubů či v samotných svalových vláknech, kde byly pozorovány změny podobné denervaci. Počet sarkomer se redukuje v poměru ke zkrácení, pravděpodobně pro udržení optimálního překrytí myofilament.

Chronické aktivní kontrahování svalů pravděpodobně urychluje ztrátu sarkomer. Proto spasticita a flexorové a extenzorové spasmy mohou rychle vyústit v omezení

poddajnosti měkkých tkání a zkracování svalu. Tyto změny jsou reverzibilní, pokud je sval protahován, prolongovaná imobilizace ve zkrácené pozici naopak vede k permanentnímu zkrácení či kontraktuře. Teorií některých vědců také je, že zkrácení svalu vedoucí ke kontraktuře může zhoršit spasticitu z důsledku zkracování intrafusálních a extrafusálních vláken, protože při protažení dochází k jejich dřívější aktivaci než obvykle.

Jedna možnost, která může přispívat ke ztuhlosti svalových vláken u spasticity je zvýšená tixotropie. Jedná se o formu odporu při protažení svalu, díky vnitřní ztuhlosti svalových vláken způsobené křížením aktinových a myosinových vláken, které je závislé na předchozích pohybech. Tixotropie ovlivňuje intrafusální vlákna, mění jejich senzitivitu na protažení, autor poznamenává že je však třeba dalšího výzkumu. (7, s. 26-28)

1.1.10 Bolest

Se spasticitou může být spojena i bolest, která stav zhoršuje. Doposud nejsou objasněné mechanismy, které se podílí na vzniku bolesti u syndromu centrálního motoneuronu, jedna z hypotéz je, že prolongovaná svalová kontrakce vede k zatížení cévního zásobování, zvýšené spotřebě kyslíku a jeho následnému nedostatku tzn. ischemii. Aktivovaná nociceptivní vlákna přispívají k udržování flexorového reflexu a současně se uvolňují nociceptivní neurotransmitery. (2, s.33-34)

Spasticitu může doprovázet bolest nociceptivní, viscerální či neuropatická. Společně se spasticitou mohou lidé trpět i centrální bolestí, která se často objevuje u postižení zadní části thalamu, dorzolaterální oblasti prodloužené míchy či zadního raménka capsula itnerna. Štetkářová uvádí, že pacienti po cévní mozkové příhodě mohou trpět centrální bolestí až v 8% případů i více. (8, s.26-27)

1.2 Hodnocení zdravotního postižení

V rámci rehabilitace existují různé postupy pro zhodnocení zdravotního postižení pacienta. K dispozici jsou například klinická či neurofyziologická vyšetření. U klinického vyšetření lze využít například škály a chůzové testy v kombinaci s kinematickou analýzou, které slouží i k ověření efektu terapie.

1.2.1 Klinické škály

V dnešní době již existuje mnoho typů škál s různou mírou spolehlivosti, pomocí kterých můžeme hodnotit například svalový tonus, rozsah pohybu, frekvenci spasmů,

bolest, chůzi či kvalitu života. Vyšetření pomocí škál je možné kombinovat s dalším typem vyšetření například s goniometrií nebo kinematickou analýzou pohybu.

Hodnocení spasticity využitím klinických škál slouží k rozhodnutí o postupu léčby, ověření jejího efektu a případně indikaci k operaci. Pro hodnocení neurální a viskoelastické složky svalového tonu se využívá Ashworthova škála nebo její modifikace. Podle míry odporu, zadrhnutí či uvolnění při pasivním protažení svalů (během jedné vteřiny) rozlišujeme několik stupňů. Hodnotí se pouze první provedení testu. Ideálně by opakované vyšetření měl provádět stále stejný vyšetřující. Problematické bývá u této škály rozlišení mezi jednotlivými stupni. (8, s.33-37)

Ashworth však tuto škálu vytvořil původně jako prostý nástroj pro hrubé hodnocení odporu vůči pasivnímu pohybu u jedinců se spastickou parézou. Pravděpodobně nedorozuměním byla následně tato škála využívána pro hodnocení spasticity. Na odporu vůči pohybu se podílí nejen spasticita, ale i jiné faktory. Pro špatnou validitu se již nepovažuje tato škála za vhodný nástroj pro hodnocení spasticity, ikdyž je stále široce užívaný. (9, s. 427)

Tardieuova škála se skládá z několika kroků. Využívá vyšetření v různých rychlostech (co nejpomalejší, dle gravitace, co nejrychlejší) pro rozlišení neurální a biomechanické složky hypertonu. (5, s.411-421) Modifikace této škály hodnotí i úhel v němž dojde ke svalové kontrakci. Další škály hodnotí tonus pouze určité svalové skupiny (například tonus adduktorů kyčlí), nebo posuzují frekvenci spazmů. (8, s. 35-37)

Gracies při vyšetření využívá speciálního pěti stupňového postupu „Five-Step Assessment“, který vychází z Tardieuovy práce. Součástí vyšetření může být i vypočítání koeficientů postižení, které jsou určené k měření konkrétních aspektů neurologického onemocnění. (9, s.427)

Zásady
- testování je vždy ve stejnou denní dobu - vždy se zachovává stejná poloha těla při testování dané končetiny - klouby (včetně šíje) jsou stále ve stejné poloze při vyšetření i při testování různých pohybových segmentů - pro každou svalovou skupinu se kontrakce svalu hodnotí při specifických rychlostech protažení se dvěma parametry (X a Y)
Rychlosti protažení
V1:co nejpomalejší (pomalejší než pokles končetin ve směru gravitace) V2: rychlost segmentu končetin při pádu končetiny na podkladě gravitace V3: co nejrychlejší (rychlejší než pád končetiny ve směru gravitace).
Kvalita kontrakce svalu (X)
0: bez odporu v průběhu pasivního pohybu 1: mírný odpor v průběhu pasivního pohybu bez jasného záškubu v určitém úhlu 2: jasný záškub („catch“) v určitém úhlu, který přerušuje pasivní pohyb a je následován uvolněním („release“) 3: vyčerpávající se klonus (pod 10 s při zachování síly protažení) v určitém úhlu 4: nevyčerpávající se klonus (nad 10 s při trvajícím protažení svalu) v určitém úhlu
Úhel reakce (kontrakce) svalu (Y)
- měří se vzhledem k poloze svalu při minimálním protažení svalu (odpovídá úhlu 0) pro všechny klouby s vyjímkou kyčle, kde závisí od jeho klidové polohy - dolní končetiny se mají testovat v poloze na zádech v doporučených polohách kloubů a v doporučených rychlostech

Tabulka 3: Tardieu škála (Štětkářová, 2013)

Škála hodnocení svalového hypertonu dle Ashwortha
0=žádný vzestup svalového tonu
1=lehký vzestup svalového tonu, klade zvýšený odpor („catch“) při flexi i extenzi
2=výraznější vzestup svalového tonu, avšak končetinu lze snadno flektovat
3=podstatná vzestup svalového tonu-pasivní pohyb je obtížný
4=končetiny jsou ztuhlé do flexe i extenze
Modifikovaná stupnice dle Ashwortha
0=žádný vzestup svalového tonu
1=lehký vzestup svalového tonu (zadrhnutí a uvolnění, minimální odpor ke konci pohybu)
1+=lehký vzestup svalového tonu (zadrhnutí a minimální odpor během méně než poloviny zbývajícího rozsahu pohybu)
2=výraznější vzestup svalového tonu během celého rozsahu pohybu, avšak postiženou částí lze snadno pohybovat
3=výrazný vzestup svalového tonu, pasivní pohyb je obtížný
4=postižená část je ztuhlá do flexe i extenze

Tabulka 4: Hodnocení dle Ashwortha (Štětkářová, 2013)

Dalším nástrojem pro vyšetření spasticity a ostatních symptomů centrálního motoneuronu je tzv. „King's hypertonic scale“, která sleduje čtyři oblasti: přítomnost hypertonu, aktivní rozsah pohybu, alternující pohyby a odpor kladený pasivnímu pohybu. Každá oblast je vyšetřovaná zvlášť s využitím bodování od 1 (normální) do 5 (nejhorší), kdy při sečtení získáváme celkové skóre od 4 do 20 bodů. (16, s. 1096)

Pro komplexnejší hodnocení (spastického syndromu) lze použít „Index Barhelové“, kde se hodnotí mimo motorické postižení i schopnost vykonávat běžné denní činnosti. Dalšími testy jsou například „Test funkční soběstačnosti“ nebo „Škála hodnocení disability“, která posuzuje aktivitu a bolest nemocného. Dále lze využít „Rivermeadské posouzení motoriky“ či „Škály dosažení cíle“, která hodnotí výsledek léčby apod. (8, s.38-43)

Pro posouzení celkového pohybu či hodnocení funkce dolních končetin můžeme využít chůzové testy, například dvouminutový test chůze či 10ti metrový test chůze, který má vysokou reliabilitu a je doporučen k vyhodnocování změn v různých aspektech chůze

u jedinců po prodělané cévní mozkové příhodě v chronickém stádiu. Jedná se o test s vysokou citlivostí, může být využíván pro detekci malých, klinicky relevantních změn u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě (11, s. 75-81) Schopnost pohybu koreluje s rychlostí chůze a její hodnocení se ukazuje jako spolehlivá metoda pro klasifikaci pacientů. (12, str. 986; 13, s. 674-675) Některé studie popisují vztah mezi sílou dolních končetin a rychlostí chůze, dále že zvýšení síly dolních končetin vede ke zlepšení rovnováhy. (14, s.503)

Pro hodnocení spasticity můžeme využít i neurofyziologických metod, které slouží například k vyšetření dráždivosti alfa motoneuronů, míšních interneuronů či funkce polysynaptických míšních okruhů. Sledují se například změny parametrů H-reflexu, F vlny, tonického vibračního reflexu či flexorového reflexu. Štětkářová však podotýká, že využívání neurofyziologických metod v běžné praxi je problematické, protože nevykazují jednoznačné a stabilní parametry u hodnocení spasticity, jako další varianty hodnocení zmiňuje využití fyzikálních či biochemických metod. (8, s. 33-52)

1.2.2 5 kroků vyšetření spastické parézy dle Graciese

Gracies vychází z Tardieho postupů, které dále rozšiřuje. Jedná se o pět kroků kvantitativního vyšetření. První čtyři kroky vyšetření hodnotí schopnost svalu bránit pohybu. První a druhý krok hodnotí kapacitu pasivně bránit pohybu, třetí a čtvrtý krok hodnotí schopnost aktivně bránit pohybu. Základní myšlenkou je, že motorické postižení u spastické parézy je více způsobeno pasivním a aktivním odporem natahovaného svalu a měkkých tkání než nedostatečným příkazem k provedení pohybu.

Autoři studie konstatují, že tento postup vyšetření poskytuje praktické informace pro následné postupy v terapii, či slouží k ověření jejího efektu (změna ve stupni spasticity po aplikaci látky do svalu). (5, s. 413-419)

1. Maximální rozsah pasivního pohybu (X_{v1})

Sval vyšetřujeme co nejpomalejším a zároveň silným pohybem do té míry, aby nebyla ohrožena jeho svalová a kloubní integrita. Záměrem pomalého pohybu je zamezení vyvolání streč reflexu a použitá síla slouží k překonání spastické dystonie a odporu měkkých tkání. Jedná se o rychlost V_1. Vyšetřovaný pohyb je ukončen v tom případě, kdy je ohrožena integrita měkkých tkání, nebo pokud se vyskytne bolest v průběhu natažení, případně může pohybu bránit silná dystonie.

V prvních třech krocích jde o zachycení úhlu. Měření úhlu se provádí v poloze, kdy je sval v minimálním protažení. Toto postavení je jako referenční pozice, kde začíná odpor a ze kterého se vždy při vyšetření znova vychází. (5, s. 413-414)

2. Úhel zachycení nebo klonu (X_{v3}) a stupeň spasticity (Y)

Vyšetřující se v tomto kroku snaží daný sval protáhnout co nejvyšší možnou rychlostí, jakou je schopen vyvinout (V_3). Před samotným vyšetřovacím manévrem musí být sval relaxovaný, toho můžeme například dosáhnout rychlým opakovaným pohybem ve směru opačném při vyšetření.

Úhel zachycení nebo klonu (X_{v3}) vyjadřuje práh, kde dochází k vyvolání reflexu. Tento parametr je závislý na délce a pasivní protažitelnosti svalu a šlachy (vyšetření X_{v1}).

Dle reakce svalu na protažení dále definujeme stupeň spasticity (Y). Rozlišujeme několik stupňů spasticity a to:

Y=0 Nedochází k žádné svalové kontrakci během rychlého pasivního protažení svalu ($Y=0, X_{V3}=X_{V1}$)

Y=1 Objeví se mírná svalová kontrakce během rychlého protažení, ale bez dočasného zadržení pasivního pohybu ($Y=1, X_{V3}=X_{V1}$)

Y=2 Dochází ke kontrakci při rychlém protažení svalu, a to s dostatečnou intenzitou, aby dočasně zadržela pasivní pohyb ve specifickém úhlu X_{v3}, poté následuje uvolnění ($Y=2, X_{V3}<X_{V1}$)

Y=3 Při rychlém protažení svalu dojde k zadržení pohybu v konkrétním úhlu X_{v3}, situace trvá méně než 10 s při udržovaném odporu (vyčerpatelný klonus) a poté následuje uvolnění. ($Y=3, X_{V3}<X_{V1}$)

Y=4 V průběhu rychlého pasivního protažení svalu dochází k zadržení pohybu v určitém úhlu X_{v3} na dobu delší než 10 s (nevyčerpatelný klonus) při stálém odporu. ($Y=4, X_{V3}<X_{V1}$)

Y=1,5 V tomto případě není zřejmé uvolnění po zadržení pohybu v určitém úhlu X_{v3} pro pokračování v pohybu. Zde se může jednat o spastickou dystonii, která sice byla překonána v prvním kroku vyšetření (X_{V1}), ale je zároveň dostatečně silná pro zablokování rychlého protažení pasivním pohybem. ($Y= 1,5, X_{V3}<X_{v1}$)

Dále se stanovuje úhel spasticity X, jedná se o rozdíl X_{V1}-X_{V3}. Velký rozdíl

ukazuje na větší potenciál ke zlepšení než malý rozdíl, který spíše značí fixní kontrakturu. Hodnota X a Y korelují se stupněm spastické ko-kontrakce během fázického aktivního pohybu. Xv3, X a Y jsou parametry citlivé na lokální chemické bloky (botulinum toxin). (5, s.414)

3. Aktivní rozsah pohybu (X_A)

Pacient má vykonat pohyb ve směru proti vyšetřovanému svalu v co největším rozsahu. Je možné určit úhel parézy Z, $Z = X_{V1} - X_A$. Z vyjadřuje schopnost vykonat aktivní pohyb v rámci dostupného pasivního rozsahu pohybu.

4. RAP: Rychlé opakované pohyby („rapid alternating movement“)

Pacient provádí stejný pohyb jako u třetího kroku, v maximálním možném rozsahu pohybu v co největším počtu opakování. Pohyb pacient vykonává po stanovený čas (např.15 s) v celém rozsahu, to znamená, že po dosažení krajní polohy se vrátí do startovací pozice. Množství dosažených pohybů představuje schopnost opakovat rychlé aktivní pohyby navzdory pravděpodobnému zvýšení spastických ko-kontrakcí při nástupu únavy. Důležitost schopnosti vykonávat rychlé opakované pohyby vychází z toho, že jsou součástí každodenních činností (psaní, chůze). (5, s.415)

5. Vyšetření aktivní funkce a její subjektivní hodnocení

Pro objektivní vyšetření aktivní funkce dolní končetiny můžeme vybrat z mnoha chůzových testů, případně využít moderních technologií, jako je například 3D kinematická analýza, kde můžeme kromě rychlosti také sledovat i jiné parametry jako například délku kroku, kadenci, rozsah pohybu. V případě subjektivního hodnocení funkce dolní končetiny jsou k dispozici různé dotazníky (např. Global Subjective Self-Assessment). (5, s.419)

1.3 Léčba

Při léčbě lidí postižených poruchou centrálního motoneuronu se kombinuje mnoho postupů z oborů neurologie, fyzioterapie, ergoterapie, farmakologie, ortotiky, neurochirurgie a ortopedie apod. (16, s.1099)

V prvních týdnech po poranění mozku má největší podíl na zlepšování motorických funkcí pacienta čas (procesy spontánní restituce) a méně rehabilitační

postupy, potvrdila se však důležitost včasné rehabilitace, avšak trénink by měl být v akutní fázi střední intenzity (riziko zvětšení objemu léze při intenzivní rehabilitaci z animálních modelů). (26, s.103-104)

V léčbě je důležité začít s polohováním končetin, protahováním svalů a cvičením již v akutním stádiu po prodělané cévní mozkové příhodě. (8, s. 242) U léčby spasticity je cílem snížení jejího negativního působení při vykonávání aktivit, a ne její úplné odstranění. (4, s.275-277) Snahou je dosáhnout co nejvyšší soběstačnosti nemocného, jeho zlepšení kvality života, začlenění do společnosti a snížení zátěže pro pečovatele. (8, s.25)

Farmakoterapie

V léčbě svalové hyperaktivity se využívá denervačních postupů či farmakoterpie, ideálně společně s rehabilitací. Cílem této kombinace je dosáhnout poklesu svalové hyperaktivity, prevence kontraktur, posílení centrální kontroly a periferní svalové síly oslabených agonistů při terapii parézy. Lokální chemodenervace se využívá jako prostředek pro vytvoření terapeutického okna, kdy je cílem posílit a tonizovat paretické agonisty, které byli inhibovaní hyperaktivními antagonisty. (26, s. 116)
Další možností je chirurgická léčba spasticity od výkonů na muskoloskeletálním systému po neurochirurgickou léčbu. (8, s.152)

U spastické parézy je z hlediska farmakoterapie prvním lékem volby botulotoxin, kdy dokáže zmírnit spasticitu, spastickou dystonii a ko-kontrakce. Vlivem botulotoxinu dochází k blokádě uvolnění acetylcholinu do synaptické štěrbiny a brání přenosu vzruchu na postsynaptickou část neuromuskulární ploténky. Mimo jiné nastává i degenerace presynaptické části a dochází k tzv. chemodenervaci ve svalu. Čím je sval aktivnější, tím je je efekt botulotoxinu na hypertonus svalu větší. Regenerace ploténky nastává po 3-5 měsících, a proto je nutná reaplikace. (8, s.68-78)

Při lehkém stupni spasticity se využívají perorální antispastické léky, které umožňují snadný způsob léčby, mohou se kombinovat s lokálním podáním botulotoxinu. Vysoké dávky však mohou vyvolat nežádoucí účinky. U těžké generalizované spasticity se pro snížení svalového hypertonu a frekvence svalových spazmů aplikuje intratekální baklofen pumpovými systémy. Baclofen působí na uvolňování neuromediátorů, ovlivňuje

vedení aferentními drahami a podporuje postsynaptický inhibiční účinek. Nežádoucím účinkem podání baclofenu často bývá nadměrné oslabení postižených svalů a případně i svalů v okolí. (8, s.59-119)

1.3.1 Rehabilitace

Při rehabilitaci můžeme vybírat z nabídky mnoha metod, které mohou krátkodobě snižovat svalovou hyperaktivitu, a to například Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, Proprioceptivní neuromuskulární facilitace, dále máme techniky založené na principu zpětné vazby („biofeedback“), motorické reedukace (aerobní a posilovací trénink), terapii vynuceného používání („constraint induced movement therapy“), přístupu stupňovaní aktivit („graded activities approach“) atd. (8, s. 183)

Důležitou složkou terapie jsou intenzita, smysluplnost úkolů a pacientovy subjektivní cíle. (26, s.110) Rehabilitace se často kombinuje s aplikací léků, jako je například botulotoxin, opioidní či neopioidní analgetika nebo nesteroidní antirevmatika. (8, s.27-28)

Prevence
- denní strečinkový program -edukace pacienta -vyvarování se nociceptivníhch podnětů - zásady správného polohování a ergonomie - inspekce kůže a pravidelná hygiena - adekvátní vyprazdňování močového měchýře a střev
Terapie
- techniky udržení svalové flexibility a kloubní integrity (polohování, mobilizace, strečink, ortézy, dlahy - facilitační a relaxační techniky - komplexní postupy (Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, proprioceptivní neuromuskulární facilitace) - motorická reedukace (posilovací trénink, aerobní a posilovací trénink) - trénink zaměřený na konkrétní činnost („task-oriented training“) - techniky založené na principu zpětné vazby (“biofeedback“) - přístup stupňování aktivit („graded activities approach“) - přístup běžných denních aktivit („ADL approach“)

- kompenzační přístup („compensatory approach“)
- terapie vynuceného používání („constraint induced movement therapy“)
- proaktivní terapeutická neurorehabilitační metoda s nafukovacími dlahami a dalšími pomůckami dle Margaret Johnstone (PANat)
- fyzikální terapie (elektrostimulace, funkční elektrická stimulace, termoterapie, elektroanalgezie)

Tabulka 5: Přehled preventivních a terapeutických rehabilitačních postupů (Štětkářová,)

Paréza

Facilitace interneuronů k následné aktivaci periferního motoneuronu můžeme dosáhnout pomocí podráždění proprioceptorů a exteroceptorů, čímž nahradíme chybějící vzruchy z CNS, dále můžeme pomocí senzorických podnětů aktivovat náhradní korové oblasti. Multisenzorické stimulace CNS využívá například technika proprioceptivní neuromuskulární stimulace (PNF).

U těžké parézy či plegie se snažíme ze začátku o aktivaci svalu, méně apelujeme na kvalitu pohybu. V těchto případech můžeme využít zrcadlové terapie (zvýšení excitability postižené primární motorické kůry) či intenzivního tréninku pohybu v představě. Důležitou součástí je i posilování, ideálně kombinace klasického a aerobního tréninku. Gál ve své práci doporučuje v pseudochabém stádiu onemocnění trénink pomocí rychlých pohybů končetin bez ohledu na kvalitu provedení pohybu pro prevenci úbytku vláken II.typu. (26, s.105-107)

Kontraktura

Už po několika hodinách imobilizace dochází ke změnám v měkkých tkáních postižené části těla. Nastupují změny v syntéze proteinů svalových vláken, postupně dochází ke zkracování svalu a okolních tkání, ztrátě protažitelnosti, ztrátě hmoty a změně typů svalových vláken. (5, s. 412)

Protahování je důležité nejen pro svaly, ale také šlachy, cévy a nervy. Doposud však není shoda v optimální frekvenci, intenzitě, rychlosti a době trvání protažení. (16, s.1099)

Strečinkem můžeme dosáhnout zvýšení počtu svalových vláken, produkci aktinu a myozinu s tvorbě nových sarkomer. (26, s.115)

Důležitým poznatkem je také fakt, že ve spastickém stádiu onemocnění je nejdůležitějším kinestetickým receptorem svalové vřeténko, a ne kloubní receptor. Pokud tedy chceme docílit správné aferentace, nedosáhneme toho cestou centrovaného postavení v kloubu, kdy svalová vřeténka vysílají z hyperaktivních svalů informace o decentrované pozici kloubu, pro CNS jsou tyto informace důležitější než z kloubních receptorů. Protahováním hyperaktivních a zkrácených svalů do maxima docílíme toho, že vřeténka budou vysílat informaci o „centrovaném" postavení ikdyž je kloub decentrován. Pokud se však jedná o pseudochabé stádium je nejideálnějším přístupem snaha o polohování v centrovaném postavení v kloubu a aproximace do kloubu. (26, s.115-116)

Pro prevenci a terapii kontraktur je důležité pasivní a aktivní cvičení na udržení rozsahu pohybu. Existují různé přístupy v protahování (statický strečink, statický progresivní strečink, protahování pomocí ortéz). Pomalé déletrvající kontrolované protažení by mělo dosahovat vyššího efektu oproti krátkému protažení (doporučovaná doba statického strečinku je min 30 minut, 1-2x denně). (8, s. 190 – 198). Nutné je však podotknout, že se má jednat o protažení svalu do maxima, tj. když pacient cítí tah ale ne bolest, analytickou metodou, abychom protáhly všechny svaly. Na základě změn v protahovaném svalu měníme i velikost protažení tzn. že je důležitá progrese maximálního protažení. Ideální je také instruovat pacienta k autostrečinku v chronické fázi onemocnění, pravidelnost protahování (denně) je nezbytnou součástí efektivního strečinku. (26, s.105-115)

Sarkopenie

Doposud neexistuje konkrétní způsob, jak zastavit její postup. Pro oddálení až zabránění jejího rozvoje je důležitá kombinace rehabilitačního cvičení, výživy a léků. Nejúčinnější metodou léčby sarkopenie je cvičení, které pomáhá snižovat oxidační stres, inhibuje zánět, podporuje mitochondriální biosyntézu, zvyšuje citlivost na inzulin a další. (41, s. 1-7)

Dohoda o reedukačním tréninku při spastické paréze

Jedná se o metodický rehabilitační program, který zahrnuje spolupráci pacienta a terapeuta minimálně na období jednoho roku. V terapii se nahlíží na jednotlivé obtíže spastické parézy zvlášť (paréza, zkrácení, svalová hyperaktivita) a účelem je pro každou

problematickou složku najít konkrétní řešení, zároveň je snaha vyhnout se celkově tlumivým (antispastickým) lékům, kvůli nežádoucím účinkům.

Program se skládá z důkladného protahování a provádění rychlých opakovaných pohybů (RAP) pacientem. Cvičení by mělo být pro pacienta intenzivní a obtížné.
Součástí denní autoterapie je pečlivé protahování zkrácených a hyperaktivních svalů, které brání v pohybu končetiny a zároveň je možné zvýšit efekt podáním cílených injekcí blokujících svalovou hyperaktivitu (např. botulotoxin). Snahou je rozbít bludný kruh: zkrácení – spasticita – zkrácení.

Tréninkový program vyžaduje plnou spolupráci pacienta, který má za úkol vykonávat rychlé opakované pohyby (případně pokusy o pohyb) v co největším rozsahu a co nejrychleji dokáže. Pacient na základě doporučení a konzultace s terapeutem vykonává dané pohyby a současně zaznamenává své výsledky do svého tréninkového deníku (motivace). Výsledkem by mělo být zlepšení schopnosti mozku v ovládání pohybu. Protahování a cvičení by měl být každý pacient schopen dělat opakovaně během dne doma (s dostatečnou pauzou po sérii rychlých opakovaných pohybů), z čehož by 2-20 minut mělo trvat protahování a 15-60 s vykonávání rychlých opakovaných/střídavých pohybů.
(15, s.2-26)

Rychlé opakované pohyby (RAP)

Vecchio a Gracies ve své studii s lidmi po prodělané cévní mozkové příhodě zkoumali efekt autoterpie, která se skládala z 12 minutového cvičení 2x denně (3x do týdne po 3 měsíce). Cvičení jednotka se skládala z provádění opakovaných pohybů (dorzální flexe kotníku) v co největší rychlostí (3x 1 minutu), střídané s protahováním (tricepsu) (3 minuty). Výsledek byl hodnocen skrze koeficient únavnosti a 10 metrovým chůzovým testem. Výsledkem bylo snížení koeficientu únavnosti a zvýšení komfortní rychlosti chůze.

Koeficient únavnosti byl stanoven výpočtem $(X_A-X_{A15})/X_A$ (X_A je dosažený úhel při aktivním pohybu v co největším rozsahu, X_{A15} je velikost dosaženého úhlu po vykonávání rychlých opakovaných pohybů 15 s). Koeficient únavnosti má kvantifikovat pokles aktivního rozsahu pohybu během 15 vteřinové série provádění rychlých opakovaných pohybů v co největším rozsahu a rychlosti. Snížení koeficientu by mělo naznačovat zlepšení funkce, protože dle autorů je většina denních činností složena z rychlých a opakovaných pohybů (např. chůze). (17, s. 2536-2539)

Transkutánní elektrická nervová stimulace (TENS)

Jedná se o podávání elektrické stimulace na spastickou oblast či dermatom, tato technika pomohla snížit spasticitu u antagonistických svalů. Efekt je pravděpodobně docílen díky produkci Beta-endorfinů, které snižují excitabilitu motoneuronu. Případně se mohou podílet na regulaci přenosu nociceptivního impulsu (vrátková teorie tlumení bolesti). TENS mají dále vliv na facilitaci kortikální reorganizace synapsí a také zvyšování senzorického vstupu díky stimulaci vláken typu A – beta. Nicméně autoři studie poznamenávají, že jsou nutné další výzkumy. (16, s.1099)

Repetitivní transkraniální magnetická stimulace (rTMS)

Tato metoda by mohla mít příznivý vliv na spasticitu skrze úpravu kortikální excitability. Existují dvě varianty používání transkraniální magentické stimulace, a to buď vysokofrekvenční (nad 1 Hz), která slouží k facilitaci excitability postižené hemisféry, nebo druhá varianta je nízkofrekvenční (rovno nebo méně než 1 Hz), která má inhibiční efekt na excitabilitu nepostižené hemisféry, což by mělo vést ke snížení inhibice, která plyne z nepostižené hemisféry do té postižené. Autoři studie sledovali efekt nízkofrekvenční repetitivní transkraniální magnetické stimulace (rTMS) na spasticitu dolních končetin u lidí po cévní mozkové příhodě v chronickém stádiu. rTMS byla aplikována v pěti sezeních na 20 minut na oblast nepostiženého motorického kortexu, který se podílí na motorice dolní končetiny. Výsledkem bylo snížení spasticity jak u plantárních flexorů kotníku, tak extenzorů kolene. (19, s.616-623)

Repetitivní transkraniální magnetická stimulace dokázala snížit spasticitu a zlepšit či znovuobnovit pohyb i u vážných chronických stavů (nejméně 5 let od příhody) po cévní mozkové příhodě. I po 10 letech od prodělané příhody byli pacienti po absolvování terapie schopni provést pohyb paretickou končetinou, kterého do té doby nebyli schopni. (21, s.388-395)

Dle výzkumů má tento způsob terapie pozitivní výsledky jak v akutní, subakutní i chronické fázi onemocnění po cévní mozkové příhodě. Dochází ke zlepšení motorické funkce a snížení nerovnováhy v interhemisferální excitabilitě, kdy pozitivní efekt terapie může přetrvávat i několik měsíců. (20, s. 484-492)

Robotika a virtuální realita

Jedná se o jednu z moderních forem neurorehabilitace. Využití robotiky v rehabilitaci přináší možnosti poskytovat jednotné terapeutické protokoly, vysokou kvantitu a intenzitu tréninku, přesné kladení odporu. Zaznamenán je pozitivní dopad například na chůzi, zvýšení pasivního a aktivního rozsahu pohybu, snížení spasticity, svalovou sílu či snížení reflexní excitability. (23. s. 403-415; 24, s.3207–3220) V kombinaci s virtuální realitou můžeme docílit zvýšení motivace a pozornosti pacienta (26, s.113)

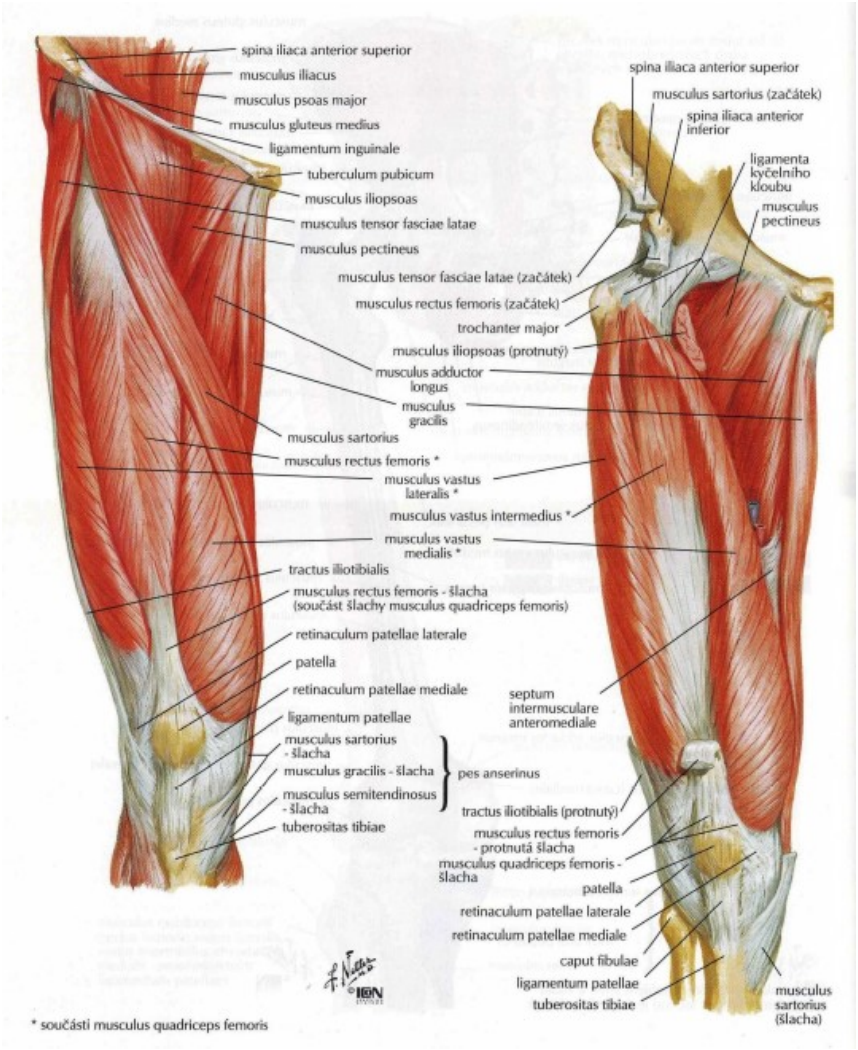
Robotická léčba je však zatím pro vysokou cenu méně dostupná. (8, s. 267-269) Pozitivní výsledky jsou viděny ve spojení robotiky a biofeedbacku založeném na EMG, kdy je dosaženo přímého efektu na spasticitu a svalovou aktivitu. (25, s.1-17)

Robot zachycuje elektromyografické signály ze svalu pacienta a na základě toho pomáhá s daným pohybem. Ve studii robot pomáhal s flexí a extenzí kolene společně s aktivací svalu rectus femoris a biceps femoris u lidí po cévní mozkové příhodě. Terapie probíhala po 6 týdnů 5 dní v týdnu, kdy společně s fyzioterapií měla jedna skupina 30 minut cvičení pomocí robotu a druhá kontrolní skupina cvičila pomocí rotoru pro dolní končetiny. Významná změna byla zaznamenána u skupiny s robotickou pomůckou a to ve zvýšení obvodu stehna měřeného 5 a 15 cm nad kolenem, a také došlo ke snížení hodnot u Ashworthovy škály (autoři vybrali tento nástroj pro hodnocení spasticity). (22, s.1-11)

2 Úloha musculus rectus femoris při chůzi

2.1 Anatomie a základní kineziologické poznatky

Musculus rectus femoris je dvoukloubový sval, který tvoří dlouhou hlavu čtyřhlavého stehenního svalu. Sval je složen ze dvou začátků na pánevní kosti, konkrétně na spina iliaca anterior inferior (caput rectum) a nad acetabulem (caput reflexum) a upíná se společně s ostatními částmi čtyřhlavého svalu úponovou šlachou (ligamentum patellae) na tuberositas tibie. (27, s. 436-438)

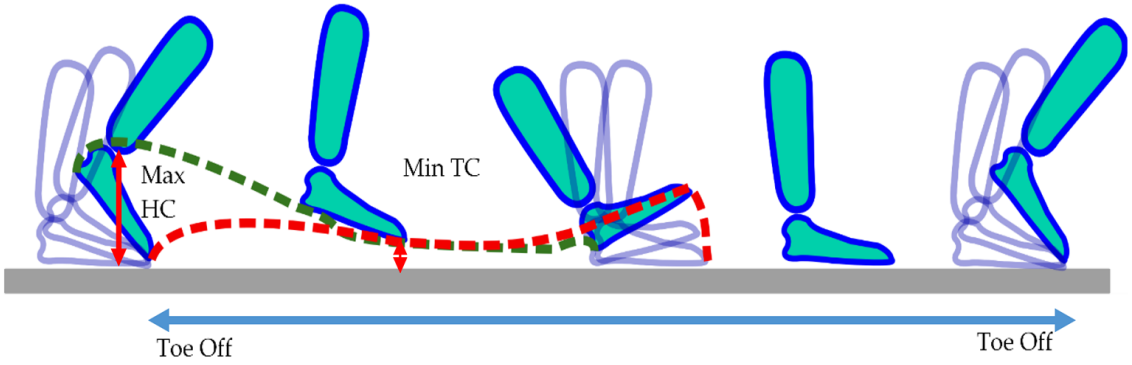


Obrázek 1: Svaly stehna (Netter, 2016)

Na flexi v kyčelním kloubu se podílí především část, která začíná nad acetabulem, druhá výše uložená část se při flexi v kyčelním kloubu nachází mimo osu tahu a uplatňuje

se spíše jako extenzor kolenního kloubu (28, s.44-49)

Postavení kyčelního kloubu má vliv na účinnost svalu, při extenzi v kyčli dosahuje sval většího extenčního účinku na kolenní kloub než při flektované kyčli. (29, s. 253) Z toho také vyplývá, že pokud dojde k retrakci svalu, může docházet při extendované kyčli k omezení rozsahu flexe v kolenním kloubu, zvláště v první části švihové fázi kroku. (33, s. 207) Nedostatečná flexe v koleni během švihové fáze krokového cyklu zasahuje do trajektorie špičky chodila při pohybu nohy vpřed. Jako kompenzace se objevuje nadměrná flexe v kyčli, případně cirkumdukce či elevace pánve. (32, s.537- 538)



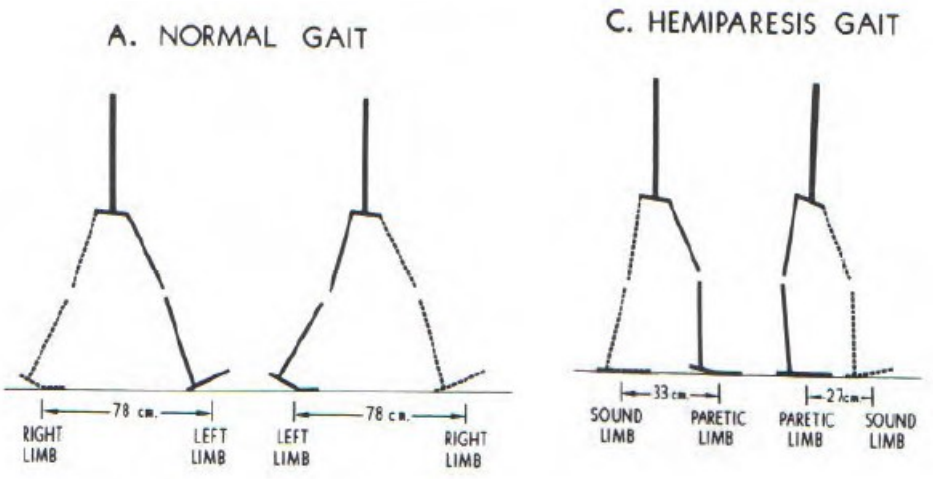
Obrázek 2: Trajektorie špičky chodila během švihové fáze kroku (zobrazená červenou přerušovanou čárou) (Moufawad, 2016)

Svojí funkcí sval ovlivňuje nejen kolenní a kyčelní kloub, ale i postavení pánve, kde přispívá ke zvětšení pánevního sklonu (úhel, který svírá rovina pánevního vchodu s horizontální rovinou), což vede k prohloubení bederní lordózy. (28, s. 44-49) Při omezení extenze v kyčli v závěru stojné fáze kroku, může tedy docházet ke kompenzaci překlopením pánve dopředu a zvýšením bederní lordózy. (32, s.537- 538) Zároveň se zvyšující se flexí pánve dochází ke zvýšení účinnosti flexorů kolene a vzniku obtížnějších podmínek pro extenzi kolene. (29. s. 254) Při omezení rozsahu pohybu kolene do extenze dochází ke vzniku nestejné délky končetin a k nadměrným pohybům trupu a k vyšší zátěži extenzorů kolene během chůze. (32, s.537- 538)

Pro normální chůzi je nutný dostatečný rozsah pohybu v kyčelním kloubu. Dle Neumanna tento nezbytný rozsah tvoří 30° flexe a 10°extenze z anatomicky neutrální pozice. Velikost pohybu v kyčli je úměrná rychlosti chůze, to platí i u ostatních kloubů dolní končetiny.

U kolenního kloubu je nutným rozsahem pohybu plná extenze a přibližně 60°flexe pro normální chůzi po rovném povrchu. (32, s.537- 538)

Smyslem flexe v kyčli je postup nohy dopředu během švihové fáze, slouží pro zvednutí nohy, což umožní zvednutí špičky chodidla švihu. (32, s. 548) Před kontaktem paty s podlahou hamstringy zpomalují extenzi kolene a na začátku stojné fáze se podílejí na extenzi kyčle a stabilizaci kolene pomocí koaktivace. (32, s. 550)



Obrázek 3: Vliv postižení na délku kroku. (A) Symetrická délka kroku u zdravého jedince. (C) Asymetrická délka kroku u člověka s postiženou hemiparetickou dolní končetinou, délka je zkrácena bilaterálně (= tzn. omezená flexe i extenze v kyčli a snížená opěrná schopnost postižené dolní končetiny). (Neumann, 2002)

Rychlost chůze patří mezi nejužitečnější ukazatele schopnosti jedince chodit. Pokud chceme dosáhnout vyšší rychlosti chůze musíme buďto zvětšit délku kroku nebo zvýšit kadenci (počet kroků za minutu). (32, s. 528)

Délka kroku je dle Neumanna definována jako vzdálenost mezi dvěma body, které vyjadřují místo kontaktu paty s podlahou jednotlivých končetin jdoucích ihned po sobě. Můžeme sledovat i délku kroku jedné končetiny, jež je určena vzdáleností mezi jejími dvěma kontakty paty s podlahou jdoucích ihned po sobě. (32, s. 527)

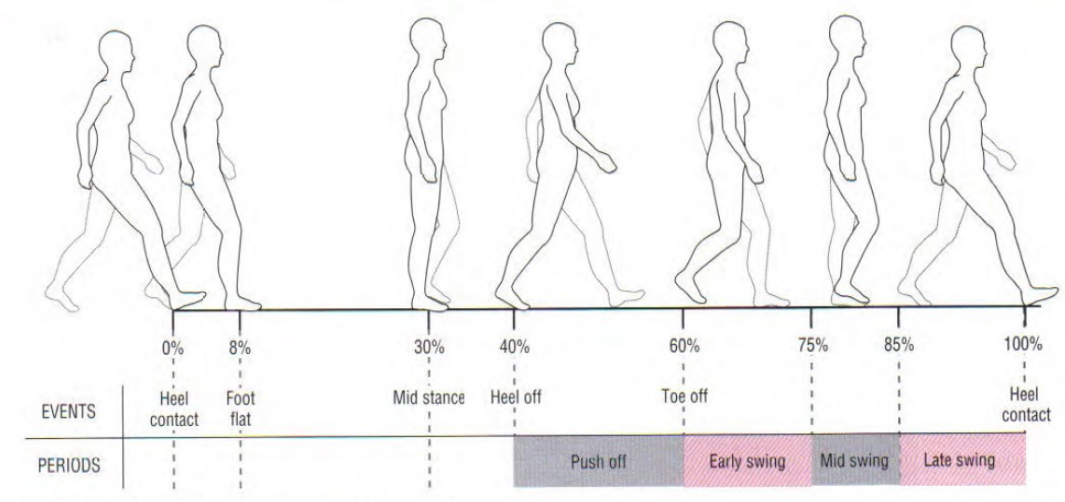
Rectus femoris se také podílí na stabilizační funkci, příkladem může být tzv. Lombardův paradox, kde dochází ke ko-kontrakci extenzorů a flexorů kolene během vzpřímení. (29, s. 256)

2.2 Aktivita musculus rectus femoris v průběhu krokového cyklu

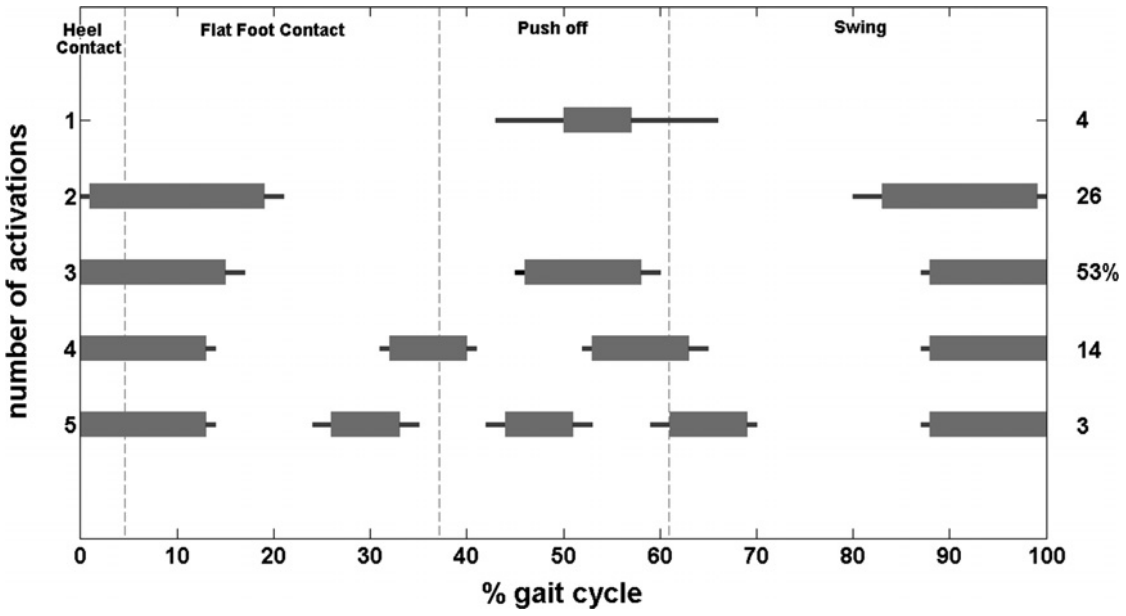
Z výsledků studie získaných pomocí elektromyografického vyšetření, kde se zdraví probandi měli za úkol procházet 5 minut po 12 m dlouhé dráze přirozeným tempem stálou rychlostí, bylo vysledováno několik variant aktivace svalu. Vědci popisovali, kolikrát se daný sval aktivuje během jediného krokového cyklu. Bylo identifikováno až 5 různých variant aktivace pro rectus femoris, což poukazuje na velkou variabilitu v jeho náboru. Počet aktivací svalu záležel na způsobu provedeného kroku, při stejné chůzi byl aktivován jednou, dvakrát či víckrát v průběhu krokového cyklu. (30, s 229 – 233). Podobných výsledků s pěti variantami aktivace svalu docílila i další studie, věnující se chování svalu při chůzi. (31, s. 56-57) Pro názornost je uveden **obrázek 4 a 5**.

Mezi nejvíce se opakující variantu aktivace svalu, patřila ta, ve které se sval během krokového cyklu aktivoval celkem 3x, a to na začátku krokového cyklu, v přechodu od stojné do švihové fáze (push off) a ve fázi terminálního švihu, tento vzorec se vyskytoval v rozmezí 53% (+/- 6%) z celkového počtu kroků. Druhá nejčastěji se opakující varianta je podobná první zmíněné, avšak bez aktivace svalu v přechodu od stojné do švihové fáze (push off), jedná se tedy pouze o dvě aktivace svalu během krokového cyklu. Méně častější varianty byly se čtyřmi, pěti či jednou aktivací svalu. (31, s. 56-59)

Z jiné studie vyplývá, že poměr amplitud mezi dvěma aktivacemi svalu (týkající se např. flexe kyčle a extenze kolene) během krokového cyklu se pravděpodobně mění v závislosti na rychlosti chůze či běhu. (34, s. 362) Dle výsledků se při chůzi sval více podílí na flexi v kyčelním kloubu a naopak při běhu se ve větší míře podílí na extenzi kolene než flexi kyčelního kloubu. (34, s. 369) Při nízké rychlosti chůze se rectus femoris nepodílí na brždění extenze v kyčli, protože byl aktivován až po zahájení flexe v kyčli. Při chůzi v různém rozsahu rychlostí byly svaly iliacus a psoas aktivovány dříve než rectus femoris. (34, s.368)



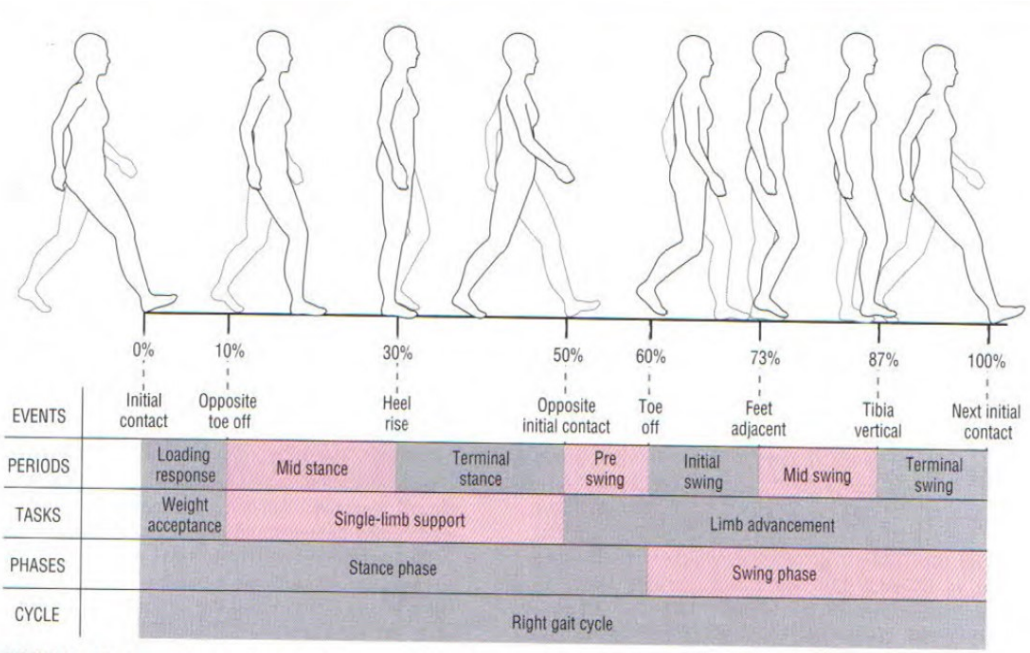
Obrázek 4: Tradiční rozdělení krokového cyklu (Neumann, 2002)



Obrázek 5: Pět variant aktivace až s pěti intervaly zapnutí svalu rectus femoris v průběhu krokového cyklu. Po pravé straně je vyjádřen průměrný výskyt jednotlivých variant v procentech. (Nardo, 2013)

Vědci pomocí statistických metod definovali dva vzorce aktivace, které by podle nich měly plně popisovat chování svalu během chůze (při vlastně zvolené rychlosti). První vzorec se odehrává od fáze pasivního odrazu (preswing) do fáze iniciálního švihu (initial swing). Úkolem svalu je v tomto případě kontrola rychlé extenze kolene a flexe v kyčelním kloubu. (31, s. 58-61) Na primární funkci svalu v této fázi kroku, jako flexoru

kyčelního kloubu, se shodují i s další studií, kde použili intramuskulární EMG. (34, s. 368)



Obrázek 6: Fáze krokového cyklu (Neumann, 2002)

Druhý vzorec probíhá od fáze terminálního švihu (terminal swing) po následující období střední opory (midstance), v terminálním švihu má sval za úkol extendovat koleno a dle autorů sval v tomto vzorci dosahuje jen nízkého stupně aktivity. (31, s. 56-61)

Tento vzorec byl detekován i předchozí studií téměř ve všech krocích. Zde navíc sledovali práci okolních svalů a došli k výsledku, že společně se svalem rectus femoris byly aktivovány mm.vastii a hamstrings a ve fázi terminálního švihu se jednalo o ko-kontrakci s nejvyšší intenzitou excitace svalů. (30, s 229 - 233)

Ko-kontrakce svalu rectus femoris a hamstringů dle autorů slouží k zajištění stability a kontroly rychlé extenze kolene, dále zmíněná spolupráce může případně hrát roli i při stabilizaci pánve během pohybu těla vpřed.(30, s 229 - 233)

Obě studie shodně uvádí, že v období postupného zatížení (loading response) dolní končetiny rectus femoris svojí excentrickou aktivitou společně s vasty kontroluje flexi v koleni a sval napomáhá v udržení svalového napětí pro nesení váhy. (31, s. 56-61; 30, s 229 - 233)

Variabilitu v nástupu svalu a intenzitu jeho aktivace tedy pravděpodobně ovlivňuje jak zvolená rychlost chůze či běhu, tak i způsob provedení kroku.

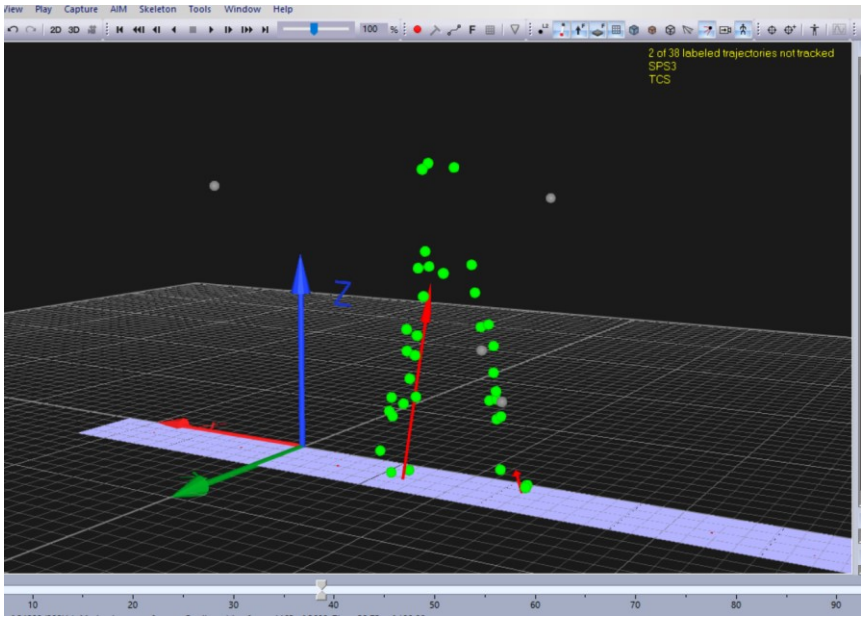
2.3 Změny v chůzi u pacientů po prodělané cévní mozkové příhodě

U lidí po prodělané cévní mozkové příhodě můžeme pozorovat snížení rychlosti chůze, kratší délku kroku, hyperextenzi kolene nebo cirkumdukci v kyčelním kloubu. Postižení se také projeví v jednotlivých fázích krokového cyklu, a to v delší době dvojí opory (double supprot time) a kratší době opory na postižené dolní končetině. (36, s. 382-388) Během švihové fáze můžeme vidět nedostatečnou flexi kolene, která je způsobena slabostí flexorů kyčelního kloubu nebo spaticitou musculus rectus femoris. (38, s. 550-551)

3 3D kinematická analýza pohybu

3D kinematická analýza využívá pro záznam pohybu vysokofrekvenční kamery, které jsou vybaveny diodami vyzařující infračervené záření. Při měření byly použity pasivní markery nalepené na těle, které odrážejí infračervené záření. Výstupem je zobrazení markerů v trojrozměrném prostoru. Mezi fáze kinematické analýzy patří kalibrace, sběr a digitalizace dat, výpočet polohy bodů v prostoru, identifikace markerů, tvorba biomechanického modelu a virtuálních markerů a interpretace dat. (39, s. 11-16)

Pro tuto studii byl použit systém Qualisys, který umožňuje provádět analýzu pohybu pro klinické i výzkumné účely. Data byla zpracována pomocí software Qualisys Track Manager. Zvolený bod je znázorněn pomocí 3 rovinných souřadnic, které určují jeho polohu. Ve chvíli, kdy je definováno umístění markerů, lze provádět kinematické a kinetické výpočty, např. úhly v kloubech, vzdálenost či rychlost tělních segmentů, rychlost chůze, délku kroku, délku stojné a letové fáze, apod.



Obrázek 7: Zobrazení markerů v software Qualisys Track Manager (zdroj: vlastní)

4 Cíle a hypotézy

Cílem práce bylo ověření bezprostředního a dlouhodobého efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů (RAP) na délku kroku u postižené dolní končetiny při spastické paréze musculus rectus femoris. Vyšetření bylo doplněno o subjektivní hodnocení bolesti, diskomfortu a funkce postižené končetiny pomocí dotazníku Global Subjective Self-Assessment (GSSA).

4.1 Hypotézy

H1: Rychlé opakované pohyby budou mít statisticky významný vliv na délku kroku pacienta při vstupním vyšetření.

H2: Rychlé opakované pohyby budou mít statisticky významný vliv na délku kroku pacienta při výstupním vyšetření.

H3: Délka kroku bude po 3 měsících autoterapie delší než při zahájení výzkumu.

H4: Autoterapie bude mít vliv na vnímání bolesti, diskomfortu a funkce postižené dolní končetiny.

5 Metodika

5.1 Průběh studie

Program studie se skládal ze vstupního vyšetření, následného období autoterapie a výstupního vyšetření. Vstupní a výstupní vyšetření vychází z postupů pro hodnocení spastické parézy dle J.M. Graciese s využitím 3D kinematické analýzy. Každý z účastníků byl seznámen s průběhem studie a podepsal informovaný souhlas (v příloze). Vyšetření probíhalo v laboratoři biomechaniky extrémní zátěže Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

5.2 Charakteristika sledovaného souboru

Studie se zúčastnilo 9 probandů, z toho 2 pouze prvního měření. Celkem se tedy do prvního měření zapojilo 5 mužů a 4 ženy, v druhém měření 3 muži a 4 ženy. Průměrný věk byl 47,2 let (SD +/- 16; min věk 25 let, max 72 let). Každý byl po prodělané cévní mozkové příhodě v chronické fázi onemocnění.

Podmínky pro zařazení do studie byly:

- stav po prodělané cévní mozkové příhodě
- chronická fáze onemocnění
- spastický musculus rectus femoris
- schopnost samostatného stoje a chůze v rozmezí 10 minut

5.3 Vyšetřovací metody

Vyšetření se skládalo z vyplnění dotazníku Global Subjective Self-Assessment (GSSA) pro subjektivní hodnocení bolesti, diskomfortu a funkce končetiny (viz příloha). Dále každý z probandů podstoupil vyšetření spastické parézy vycházející z postupů J.M. Graciese (viz teoretická část). Vyšetření chůze a rychlých opakovaných pohybů (RAP) proběhlo pomocí 3D kinematické analýzy systémem Qualisys.

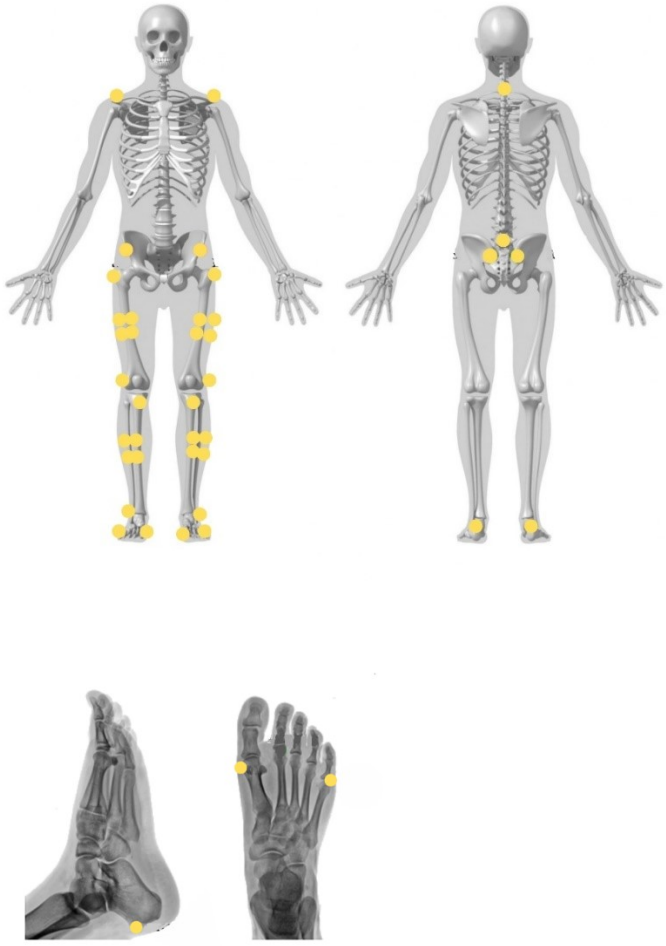
Umístění markerů na těle

Skrze palpaci byly lokalizovány anatomické body k připevnění pasivních markerů oboustrannou lepicí páskou. Vybrána byla místa, která nebývají kryty silnou vrstvou měkké tkáně s minimálním posunem kůže a podkoží vůči kosti. Každý z probandů byl vysvlečen do spodního prádla a připevnění markerů prováděla vždy stejná osoba.

Pro definování segmentů byly vybrány níže uvedené body, na které byly nalepeny markery.

Bilaterálně: acromion, spina iliaca anterior superior, spina iliaca posterior superior, trochanter maior femoris, condylus lateralis femoris, tuberisotas tibiae, malleolus lateralis, tuber calcanei, caput ossis metatarsi 1. a 5. prstu, klastry o 4 bodech na stehni a lýtku

Ostatní: sedmý krční obratel (C7), pátý bederní obratel (L5)



Obrázek 8: Umístění markerů (upravené, https://www.c-motion.com/v3dwiki/index.php?title=File:Pelvis_segment_markers4.jpeg)

5.3.1 Průběh měření

Mezi vstupním a výstupním vyšetřením byl odstup 3 měsíců autoterapie. Obsahem vyšetření bylo vyplnění dotazníku GSSA, vyšetření spastického svalu rectus femoris a umístění markerů na tělo pro 3D kinematickou analýzu. Následně měl každý z probandů za úkol se procházet svojí komfortní rychlostí chůze po dobu 2 minut. Mezi

první a druhou chůzí měl každý z probandů za úkol vykonávat rychlé opakované pohyby (RAP) 1 minutu. Během cvičení RAPů se každý přidržoval přistavené židle pro větší stabilitu a bezpečnost. Příprava prostor a systému Qualysis probíhala ve spolupráci se zaměstnanci laboratoře.

5.3.2 Autoterapie

Každý z probandů byl při vstupním vyšetření poučen, jak provádět cvičení a obdržel deník pro zaznamenání počtu cvičení (viz příloha). Instrukce ke cviku byly vytvořeny na základě Dohody o reedukačním tréninku při spastické paréze od J.M.Graciese. (15, s. 25-26)

Náplní autoterapie bylo provádění rychlých opakovaných pohybů (RAP) denně po dobu 3 měsíců. Rychlé opakované flexe v kolenním kloubu paretické dolní končetiny měl každý z probandů vykonávat 2x denně, 1 minutu každé cvičení. Pro motivaci ke cvičení si každý měl zaznamenávat počet provedených cviků do deníku.

5.3.3 Analýza a zpracování dat

U každého z probandů byla hodnocena chůze, konkrétně délka kroku pro každou končetinu zvlášť. Jeden krok je brán jako vzdálenost mezi zvednutím paty od podložky po její následné položení na zem u jedné dolní končetiny. Získaná data byla z programu Qualisys Track Manager následně vyexportována do C3D formátu.

Zpracování naměřených dat pro délku kroku bylo následně provedeno v programech Visual3D, Matlab a Microsoft Excel. Pro každého z devíti pacientů bylo zpracováno 8 přechodů přes tlakové podložky z jedné strany místnosti do druhé, přičemž každý přechod byl zpracován samostatně. Každý pacient se zúčastnil 4 měření, přičemž první i druhá návštěva obsahovaly prvotní měření chůze, intervenci a druhotné měření chůze pro porovnání délky kroku.

Pomocí programu Visual3D proběhlo vyexportování dat pro markery umístěné na tuber calcanei (TCD = tuber calcanei dextra, TCS = tuber calcanei sinistra). Každý soubor obsahoval informace o poloze daného markeru v prostoru během jednotlivých úseků chůze, uvedených pomocí kartézské soustavy souřadnic (XYZ). Tyto soubory byly importovány do programu Matlab, ve kterém byl vytvořen skript pro vypočítání délky jednotlivých kroků. Pro vypočtení délky kroku pro každý úsek chůze byl vytvořen graf pomocí hodnot z osy X a jednotlivých snímků, který poté umožnil zaznamenat hodnoty, kdy se jednotlivé končetiny (pravá a levá) zastavily na zemi.

Když se končetina zastavila na jednom místě, markery zobrazily konstantní hodnoty v horizontální rovině. Polohy jednotlivých horizontálních rovin byly zaznamenány pomocí funkce ginput, uloženy v databázi proměnných a zkopírovány do programu Microsoft Excel, kde byly dále vypočítány délky jednotlivých kroků a statistické vyhodnocení. Délky kroků byly zprůměrovány ze všech změřitelných kroků, které byly zaznamenány během 8 úseků chůze pro každého pacienta, přičemž pravá a levá strana byly vypočítány zvlášť.

Dále byla vypočítána standartní odchylka pro každé měření. Pro první i druhou návštěvu byla vypočítána procentuální změna mezi prvním měřením před intervencí a druhým měřením po intervenci, aby bylo zjištěno, zda má cvičení vliv na délku kroku.

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno jednofaktorovým testem ANOVA se spolehlivostí p=0,05.

6 Výsledky

H1: Rychlé opakované pohyby budou mít statisticky významný vliv na délku kroku pacienta při vstupním vyšetření.

Tabulka 6 ukazuje, zda mělo cvičení rychlých opakovaných pohybů statisticky významný vliv na délku kroku bezprostředně po cvičení při vstupním vyšetření. Lze vidět, že u 3 probandů mělo cvičení statisticky významný vliv na délku kroku postižené dolní končetiny, u všech se krok prodloužil. Celkově se u jednoho z probandů krok zkrátil a u dalších 6 probandů prodloužil. K největší procentuální změně u postižené DK došlo u Probanda 3.

		Statistické vyhodnocení		**Průměrná délka kroku**			
	Postižená DK	PDK	LDK	PDK		LDK	
				před	po	před	po
Proband 1	Pravá	**NE**	ANO	**0,625**	**0,612**	0,634	0,583
Proband 2	Levá	ANO	**NE**	0,588	0,614	**0,593**	**0,609**
Proband 3	Levá	ANO	**ANO**	0,764	0,794	**0,77**	**0,797**
Proband 4	Pravá	**NE**	ANO	**0,927**	**0,937**	0,928	0,967
Proband 5	Levá	NE	**NE**	1,343	1,394	**1,369**	**1,387**
Proband 6	Levá	NE	**ANO**	1,171	1,251	**1,22**	**1,249**
Proband 7	Levá	ANO	**ANO**	1,234	1,257	**1,237**	**1,261**

Tabulka 6: Vstupní vyšetření, výsledky statistického vyhodnocení, ANO – má statisticky významný vliv na délku kroku, NE – nemá statisticky významný vliv na délku kroku; Průměrná délka kroku pravé a levé dolní končetiny (PDK, LDK), před – před cvičením rychlých opakovaných pohybů, po – po cvičení rychlých opakovaných pohybů

H2: Rychlé opakované pohyby budou mít statisticky významný vliv na délku kroku pacienta při výstupním vyšetření.

Tabulka 7 ukazuje, zda mělo cvičení rychlých opakovaných pohybů statisticky významný vliv na délku kroku bezprostředně po cvičení při výstupním vyšetření. U 3 probandů mělo cvičení statisticky významný vliv na délku kroku postižené dolní končetiny. U všech probandů se krok prodloužil. K největší procentuální změně u postižené DK došlo u Probanda 2.

		Statistické vyhodnocení		Průměrná délka kroku			
	Postižená DK	PDK	LDK	PDK		LDK	
				před	po	před	po
Proband 1	Pravá	**NE**	NE	**0,621**	**0,624**	0,618	0,641
Proband 2	Levá	ANO	**ANO**	0,541	0,581	**0,55**	**0,606**
Proband 3	Levá	NE	**NE**	0,796	0,798	**0,796**	**0,819**
Proband 4	Pravá	**ANO**	ANO	**0,996**	**1,058**	0,995	1,059
Proband 5	Levá	NE	**NE**	1,453	1,455	**1,416**	**1,449**
Proband 6	Levá	NE	**ANO**	1,144	1,158	**1,146**	**1,18**
Proband 7	Levá	NE	**NE**	1,265	1,279	**1,264**	**1,279**

Tabulka 7: Výstupní vyšetření, výsledky statistického vyhodnocení, ANO – má statisticky významný vliv na délku kroku, NE – nemá statisticky významný vliv na délku kroku; Průměrná délka kroku pravé a levé dolní končetiny (PDK, LDK), před – před cvičením rychlých opakovaných pohybů, po – po cvičení rychlých opakovaných pohybů

H3: Délka kroku bude po 3 měsících autoterapie delší než při zahájení výzkumu.

V **Tabulce 8** můžeme vidět porovnání délky kroku před cvičením mezi vstupním a výstupním vyšetření. U 5 probandů se našel statisticky významný rozdíl v délce kroku postižené dolní končetiny mezi vstupním a výstupním vyšetření, z toho se u 2 probandů krok zkrátil. Celkově u 3 ze 7 probandů byl krok kratší než při zahájení studie.

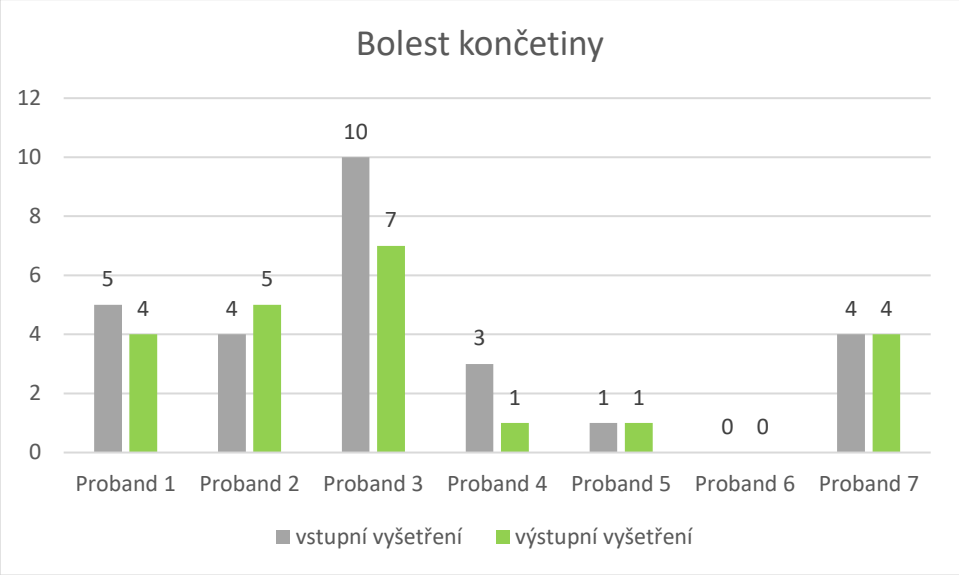
		Statistické vyhodnocení		Průměrná délka kroku			
	Postižená DK	PDK	LDK	PDK		LDK	
				vstup	výs	vstup	výs
Proband 1	Pravá	**NE**	ANO	**0,625**	**0,621**	0,634	0,618
Proband 2	Levá	ANO	**ANO**	0,588	0,541	**0,593**	**0,55**
Proband 3	Levá	ANO	**ANO**	0,764	0,796	**0,77**	**0,796**
Proband 4	Pravá	**ANO**	ANO	**0,927**	**0,996**	0,928	0,995
Proband 5	Levá	ANO	**NE**	1,343	1,453	**1,369**	**1,416**
Proband 6	Levá	NE	**ANO**	1,171	1,144	**1,22**	**1,146**
Proband 7	Levá	ANO	**ANO**	1,234	1,265	**1,237**	**1,264**

Tabulka 8: Porovnání délky kroku při vstupním a výstupním vyšetření v první chůzi před cvičením rychlých opakovaných pohybů, výsledky statistického vyhodnocení, ANO – autoterapie má statisticky významný vliv, NE – atutoreapie nemá statisticky vliv; Průměrná délka kroku pravé a levé dolní končetiny (PDK, LDK), vstup – vstupní vyšetření, výs – výstupní vyšetření

H4: Autoterapie bude mít vliv na vnímání bolesti, diskomfortu a funkce postižené dolní končetiny.

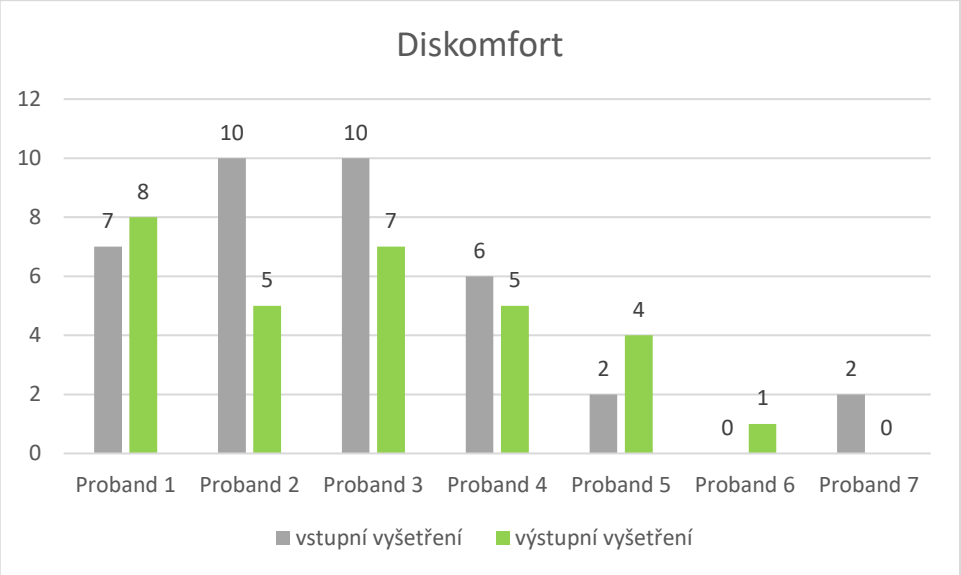
Pro subjektivní hodnocení efektu cvičení byl vybrán dotazník Global Subjective Self-Assessment (GSSA). Probandi jej vyplnili při vstupním a výstupním měření po 3 měsících autoterapie.

Graf 1 ukazuje změnu vnímání bolesti u postižené dolní končetiny. U 3 probandů došlo ke snížení stupně bolesti, u dalších 3 probandů nedošlo ke změně a u jednoho se bolest zvýšila o 1 stupeň.



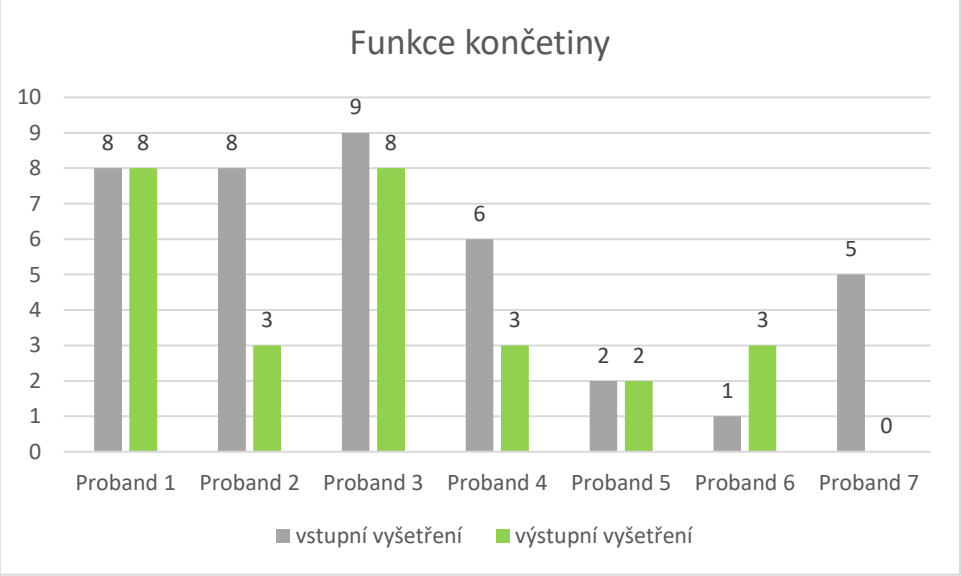
Graf 1: Vnímání bolesti u postižené dolní končetiny, šedá barva – vstupní vyšetření, zelená barva-výstupní vyšetření; 0 žádná bolest, 10 nejhorší představitelná bolest (dotazník GSSA)

Graf 2 ukazuje, jestli probandům ztuhlost končetiny způsobovala nějaký diskomfort. U 4 probandů došlo ke snížení pocitu diskomfortu, u 3 probandů došlo k jeho zvýšení.



Graf 2: Pocit diskomfortu z důsledku ztuhlosti končetiny, šedá barva – vstupní vyšetření, zelená barva-výstupní vyšetření; 0 žádný diskomfort, 10 nejhorší představitelný diskomfort (dotazník GSSA)

Graf 3 znázorňuje, jak probandi hodnotili funkci končetiny, 4 probandi hodnotili zlepšení funkce, 2 probandi nezaznamenali změnu ve funkci, 1 hodnotil zhoršení stavu.



Graf 3: Hodnocení funkce končetiny, šedá barva – vstupní vyšetření, zelená barva-výstupní vyšetření. 0 normální; 10 zcela nepoužitelná (dotazník GSSA)

7 Diskuze

Tato práce se věnovala výzkumu vlivu cvičení rychlých opakovaných pohybů při spasticitě svalu rectus femoris na délku kroku. Původně se práce také zaměřovala na sledování extenze a flexe v kyčelním kloubu.

Vypočítání úhlu extenze a flexe v kyčelním kloubu nebylo možné, jelikož výpadky markerů v oblasti pánve a femuru byly velmi časté a znemožnily vytvoření modelu pánve ve Visual 3D, který je třeba k vypočtení úhlu v kyčelním kloubu.

Při vstupním i výstupním vyšetření se ukázal statisticky významný vliv rychlých opakovaných pohybů na délku kroku postižené dolní končetiny bezprostředně po cvičení pokaždé u 3 probandů, kdy se krok u všech prodloužil.

Při porovnání délky kroku mezi vstupním a výstupním vyšetřením se našel u 5 probandů statisticky významný rozdíl, z toho se u 2 probandů délka kroku zkrátila.

Změna délky kroku se u všech měření projevila podobně na zdravé dolní končetině jako u postižené, tzn. že v případě zkrácení kroku u postižené končetiny došlo ke zkrácení kroku i u zdravé a naopak.

U kolenního kloubu je nutným rozsahem pohybu plná extenze a přibližně 60° flexe pro normální chůzi po rovném povrchu. (32, s.537- 538) Při spasticitě svalu rectus femoris může docházet během extenze v kyčli z důvodu retrakce svalu k omezení flexe v koleni ve švihové fázi kroku. (47, s.321-322) Nedostatečná flexe v koleni během švihové fáze krokového cyklu zasahuje do trajektorie špičky chodila při pohybu vpřed. (32, s.537- 538)

V jedné studii, kde probandi chodili svoji vlastní rychlostí, byli měřeny parametry jako délka a šířka kroku, rychlost, kadence, trvání jednotlivých fází krokového cyklu a rozsahy pohybu v kloubech. Měření probíhalo pomocí 3D kinematické analýzy.

Výsledkem studie bylo, že lidé po prodělané mozkové příhodě vykazují nižší rychlost chůze, kratší délku kroku, kratší dobu jedné a dvojí opory a delší trvání švihové fáze kroku u postižené dolní končetiny. U postiženého kyčelního kloubu se ukázala významná redukce rozsahu pohybu v sagitální a frontální rovině a větší vnitřní rotaci v porovnání k nepostižené straně pacienta. U kolenního kloubu byly zřejmé nižší hodnoty flexe, také v porovnání k nepostižené straně pacienta. Jako důvod těchto omezení autoři studie uvedli spasticitu a slabost kyčelních a kolenních extenzorů. (37, s. 537-545)

Vliv na výsledek mohli mít přidružené onemocnění jako je artróza nebo přítomnost bolesti. Důležitým faktorem mohla být i motivace probanda pravidelně cvičit. Každý z probandů dostal deník na zaznamenávání počtu provedených cviků. Někteří z probandů tento deník svědomitě vyplňovali, jiní deník opomněli vyplnit. Proto je důležité, aby nejen pacient, ale také samotný terapeut či rehabilitační lékař také viděli důležitost v podpoře pacienta v autoterapii vzhledem k plasticitě mozku bez ohledu na věk nebo dobu od vzniku léze. (45, s. 608-613)

Zajímavé by bylo sledovat korelaci mezi počtem provedených cviků a změnou v délce kroku. Jeden probandů (Proband 4), který si deník vyplňoval, dosáhl v počtu provedených cviků minimálně trojnásobně vyššího výsledku oproti 4 dalším probandům, kteří si počet také zaznamenali.

Cvičení v této studii bylo vytvořeno dle konceptu o reedukačním tréninku při spastické paréze od J.M.Graciese (Guided Self-rehabilitation Contract). Přibývá studií, které zahrnují terapii dle tohoto konceptu. Nepodařilo se ale nalézt studii, která by se věnovala přímo vztahu mezi cvičením rychlých opakovaných pohybů a spastickým svalem rectus femoris. Limitem při hledání studií pro porovnání výsledků mohlo být to, že jsou dané studie v jiném než anglickém jazyce, problém mohl být i v užívání různých termínů pro rychlé opakované pohyby či dostupnost k celému článku.

V jedné ze studií sledovali efekt 12minutového cvičení dvakrát za den po 3 měsíce v rámci autoterapie. Cvičení zahrnovalo provádění rychlých opakovaných pohybů (dorzální flexe kontíku) 3x 1 minutu co největší rychlostí a protahování tricepsu. Výsledkem bylo zvýšení rychlosti komfortní chůze a zlepšení funkce. (17, s. 2536-2539)

V rámci dohody o reedukačním tréninku má pacient za úkol cvičit rychlé opakované pohyby dle konzultace s terapeutem, protahovat svaly a vést si denní záznamy o cvičení v deníku. Při cvičení rychlých opakovaných pohybů je dána instrukce pro cvičení co největší rychlostí v co největším rozsahu. Výsledkem by mělo být průběžné zlepšování v ovládání paretických svalů a snížení ko-kontrakce. (15, s. 25-26; 43, s. 1022-1029)

Otázkou je kvalita provedení cviku, kdy se pacient soustředí na co největší

rychlost a rozsah pohybu. Spíše, než na kvalitu provedení cviku je tedy kladen důraz na kvantitu, která by ale měla přinést výsledky díky plasticitě nervového systému a ve svalu. (44, s. 1-2) Také samotné protahování má podstatnou roli v terapii spastické parézy, pro zvýšení svalové extenzibility. (46, s. 1020)

V případě výsledků z dotazníku GSSA v 57,1% došlo ke zlepšení vnímání funkce končetiny a diskomfortu, v 42,9 % došlo ke snížení bolesti. Jak lze vidět z grafů se snížením bolesti se nemusí dostavit zlepšení ve vnímání diskomfortu a funkce končetiny.

Limitem práce je malý počet probandů. Počet probandů byl ovlivněn náročností vyšetření, dostupností laboratoře pro probandy žijící mimo Prahu, potřeba asistence druhé osoby, zdraví probandů a jejich plánované rehabilitační pobyty v lázních a kapacita vyšetřujícího.

Dalším nedostatkem bylo možné nepřesné umístění markerů a jejich pohybu v oblasti pánve z důvodu obezity některých z probandů. Také docházelo k padání markerů z kůže během chůze, následně tak některá měření obsahovala četné výpadky markerů umístěných na patě, tudíž nebylo možné použít všech 8 úseků chůze, či zpracovat všechny kroky provedené během těchto úseků. V rámci dostatečné přípravy před začátkem měření, by bylo vhodné zvolit jiné umístění některých markerů pro jednodušší vyhodnocení získaných dat na základě konzultace s pracovníkem laboratoře, který pomáhá s vyhodnocením.

Během období autoterapie, která trvala 3 měsíce, se také nedala ovlivnit plánovaná aplikace botulotoxinu u některých probandů. Aplikace se týkala 3 probandů v polovině období autoterapie. Což mohlo ovlivnit výsledek ve výstupním vyšetření.

Závěr

Tato práce se věnuje ověření efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů na délku kroku při syndromu centrálního motoneuronu. K objektivnímu posouzení efektu cviků byla využita 3D kinematická analýza a pro subjektivní posouzení ze strany probanda byl použit dotazník pro hodnocení bolesti, diskomfortu a funkce končetiny.

Teoretická část zahrnuje poznatky týkající se syndromu centrálního motoneuronu, patofyziologii, vyšetření a léčbu. Doposud nejsou přesně jasné patofyziologické mechanismy spasticity. Příznaky syndromu centrálního motoneuronu výrazně zhoršují kvalitu života, omezují běžné denní aktivity a snižují soběstačnost. Dochází ke vzniku komplikací a zvyšování nároků na léčebnou a ošetřovatelskou péči. Proto je důležité nacházet nové cesty v léčbě, zavádění postupů vycházejících ze studií s prokazatelným výsledkem a motivovat k autoterapii.

U výsledku praktické části této studie také záleželo na samotných probandech, v jaké míře dodrží předem stanovený program autoterapie.

Při vstupním i výstupním vyšetření se ukázal statisticky významný vliv cvičení rychlých opakovaných pohybů na krok postižené dolní končetiny při chůzi bezprostředně po cvičení pokaždé u 3 probandů, kdy došlo prodloužení kroku.

Při porovnání délky kroku před cvičením mezi vstupním a výstupním vyšetření se našel u 5 probandů statisticky významný rozdíl, z toho u 2 probandů došlo ke zkrácení délky kroku.

Referenční seznam

1. KAŇKOVSKÝ, Petr, Martin BAREŠ a Jaroslav DUFEK. *Spasticita: Mechanismy, diagnostika, léčba*. \. Praha: MAXDORF, 2004. ISBN 80-7345-042-9.

2. BRASHEAR, Allison. Spasticity : diagnosis and management [online]. Second edition. *New York: Demos Medical*, 2016 [cit. 2019-03-13]. ISBN 978-1-62070-072-3. Dostupné z: https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=edc2c814-2033-4968-af16-030881bf50b7%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBlPWlwLHNoaWImbGFuZz1jcyZzaXRlPWVkcy1saXZlJnNjb3BlPXNpdGU%3d#AN=1106864&db=nlebk

3. LEE, Kyoung, Young HONG a Joon KIM. Which brain lesions produce spasticity? An observational study on 45 stroke patients. *PLoS One* [online]. 2019, 14(1), 12 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210038

4. ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana. Mechanizmy spasticity a její hodnocení. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2013, **76/109**(3), 267-280 [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: http://www.csnn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/mechanizmy-spasticity-a-jeji-hodnoceni-40575?confirm_rules=1

5. GRACIES, M. a N. BAYLE. Five-step clinical assessment in spastic paresis. *European Journal of Physycal and Rehabilitation Medicine* [online]. 2010, **46**(3), 411-421 [cit. 2019-05-10]. ISSN 19739087. Dostupné z: https://www.minervamedica.it/en/journals/europa-medicophysica/article.php?cod=R33Y2010N03A0411

6. CHATELLE, Camille a Erik ZIEGLER. Spasticity after stroke: Physiology, assessment and treatment. Brain injury [online]. *Taylor and Francis Online*, 2013, **27**(10), 1093-1105 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02699052.2013.804202?journalCode=ibij20

7. BARNES, Michael a Garth JOHNSON, ed. *Upper Motor Neurone Syndrome and Spasticity: Clinical Management and Neurophysiology* [online]. 2. \: Cambridge University Press, 2009 [cit. 2019-07-22]. ISBN 9780511544866. Dostupné z: https://www-cambridge-org.ezproxy.is.cuni.cz/core/books/upper-motor-neurone-syndrome-and-spasticity/90DF3C1B819FCD8B45A62F6D6679521E#fndtn-contents

8. ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana, Edvard EHLER a Robert JECH. *Spasticita a její léčba*. \. Praha: Maxdorf, 2012. ISBN 978-80-7345-302-2.

9. BAUDE, Marjolaine a Jean-Michael GRACIES. The neurophysiology of deforming spastic paresis: A revised taxonomy. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2019, **62**(6), 426-430 [cit. 2020-01-04]. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.10.004. ISSN 1877-0657. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877065718314799

10. KAŇKOVSKÝ, Petr. Patofyziologie spasticity. *Neurologie pro praxi* [online]. 2015, **16**(1), 10-13 [cit. 2020-01-04]. ISSN 1803-5280. Dostupné z: https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/01/03.pdf

11. FLANSBJER, Ulla-Britt a Anna HOLMBÄCK. Reliability of gait performance in men and women with hemiparesis after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2004, **37**(2), 75-82 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1080/16501970410017215. Dostupné z: https://medicaljournals.se/jrm/content/abstract/10.1080/16501970410017215

12. PERRY, Jacquelin a Mary GARRET. Classification of Walking Handicap in the Stroke Population. *Stroke* [online]. 1995, **26**(6), 982-989 [cit. 2019-11-10]. DOI: 10.1161/01.STR.26.6.982. Dostupné z: http://europepmc.org/abstract/med/7762050

13. BOWDEN, Mark a Andrea BEHRMAN. Validation of a Speed-Based Classification System Using Quantitative Measures of Walking Performance Poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2008, **22**(6), 672-675 [cit. 2019-11-11]. DOI: 10.1177/1545968308318837. Dostupné z: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968308318837

14. SÁNCHEZ, Maria a Maria NICOLAU. Cross-sectional study of quadriceps properties and postural stability in patients with chronic stroke and limited vs. non-limited community ambulation. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2019, **26**(7), 503-510 [cit. 2021-01-30]. ISSN 1945-5119. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2019.1634360

15. GRACIES, Jean. *Dohoda o reedukačním tréninku při spastické paréze: První mezinárodní vydání*. Créteil: Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-51809-1.

16. THIBAUT, Aurore a Camille CHATELLE. Spasticity after stroke: Physiology, assessment and treatment. *Brain Injury* [online]. 2013, **27**(10), 1093-1105 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1362-301X. Dostupné z: doi:10.3109/02699052.2013.804202

17. VECCHIO, Michele a Jean-Michael GRACIES. Change in Coefficient of Fatigability Following Rapid, Repetitive Movement Training in Post-Stroke Spastic Paresis: A Prospective Open-Label Observational Study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 2017, **26**(11), 2536-2540 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.05.046

18. AN, Chang-Man a Jong-Im WON. Effects of ankle joint mobilization with movement and weight-bearing exercise on knee strength, ankle range of motion, and gait velocity in patients with stroke: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2016, **28**(2), 689-694 [cit. 2022-02-19]. ISSN 2187-5626. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1589/jpts.28.689

19. NAGHDI, Soofia a Noureddin ANSARI. A pilot study on the effects of low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on lower extremity spasticity and motor neuron excitability in patients after stroke. *Journal of Bodywork & Movement*

Therapies [online]. 2014, **19**(4), 616-623 [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.10.001

20. LEFAUCHEUR, Jean a André ALEMAN. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018). *Clinical Neurophysiology* [online]. 2020, **131**(2), 474-528 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002

21. MÁLLY a DINYA. Recovery of motor disability and spasticity in post-stroke after repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Brain Research Bulletin* [online]. 2008, **76**(4), 388-395 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.11.019

22. SROKA, Patrycja a Rafal STABRAWA. The Influence of EMG-Triggered Robotic Movement on Walking, Muscle Force and Spasticity after an Ischemic Stroke. *Medicina* [online]. 2021, **57**(3), 11 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.3390/medicina57030227

23. SHAKTI, Divya a Lini MATHEW. Effectiveness of robo-assisted lower limb rehabilitation for spastic patients: A systematic review. *Biosensors and Bioelectronics* [online]. 2018, **117**, 403-415 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.06.027

24. NOBLE, Steven a Gregory PEARCEY. Robot controlled, continuous passive movement of the ankle reduces spinal cord excitability in participants with spasticity: a pilot study. *Springer* [online]. 2019, **237**, 3207–3220 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1007/s00221-019-05662-4

25. TAMBURELLA, Federica a Juan MORENO. Influences of the biofeedback content on robotic post-stroke gait rehabilitation: electromyographic vs joint torque biofeedback. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2019, **16**(96), 17 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1186/s12984-019-0558-0

26. GÁL, HOSKOVCOVÁ a JECH. Neuroplasticita, restituce motorických funkcí a možnosti rehabilitace spastické parézy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2015, **22**(3), 101-127 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=4dee9967-7ef6-4029-a451-9dac03434886%40sessionmgr101

27. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1*. Druhé. Praha: Grada, 2009. ISBN 80-7169-970-5.

28. DYLEVSKÝ, Ivan, Libuše KUBÁLKOVÁ a Leoš NAVRÁTIL. *Kineziologie, kineziterapie a fyzioterapie*. Praha: Manus, 2001. ISBN 80-902318-8-8.

29. VÉLE, František. *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

30. STRAZZA, Annachiara a Allessandro MENGARELLI. Surface-EMG analysis for the quantification of thigh muscle dynamic co-contractions during normal gait. *Gait &*

Posture [online]. 2017, 51(\), 228-233 [cit. 2019-10-16]. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.11.003. ISSN 0966-6362. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636216306294?via%3Dihub

31. NARDO, Francesco a Sandro FIORETTI. Statistical analysis of surface electromyographic signal for the assessment of rectus femoris modalities of activation during gait. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2013, 23(1), 56-61 [cit. 2019-10-21]. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.06.011. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050641112001216?via%3Dihub

32. NEUMANN, Donald. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation*. St. Lous: Mosby, 2002, s. 531. ISBN 0-8151-6349-5.

33. VÉLE, František. *Kineziologie pro klinickou praxi*. \. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.

34. ANDERSSON a NILSSON. Intramuscular EMG from the hip flexor muscles during human locomotion. *Acta Physiologica Scandinavica* [online]. 1997, **161**(3), 361-370 [cit. 2019-10-23]. DOI: 10.1046/j.1365-201X.1997.00225.x. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-201X.1997.00225.x

35. MOUFAWAD EL ACHKAR, Christopher, Constanze LENOBLE-HOSKOVEC, Anisoara PARASCHIV-IONESCU, Kristof MAJOR, Christophe BÜLA a Kamiar AMINIAN. Physical Behavior in Older Persons during Daily Life: Insights from Instrumented Shoes. *Sensors* [online]. 2016, **16**(8), 1-18 [cit. 2020-12-16]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s16081225

36. HAWKINS, Kelly A., Chitralakshmi K. BALASUBRAMANIAN, Arian VISTAMEHR, Christy CONROY, Dorian K. ROSE, David J. CLARK a Emily J. FOX. Assessment of backward walking unmasks mobility impairments in post-stroke community ambulators. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2019, **26**(5), 382-388 [cit. 2022-03-30]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2019.1609182

37. CARMO, A. a A.F.R. KLEINER. Three-dimensional kinematic analysis of upper and lower limb motion during gait of post-stroke patients. *The Brazilian Journal of Medical and Biological Research* [online]. 2012, **45**(6), 537-545 [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: doi:10.1590/S0100-879X2012007500051

38. HISHIKAWA, Norikazu, Hiroki TANIKAWA, Kei OHTSUKA, et al. Quantitative assessment of knee extensor thrust, flexed-knee gait, insufficient knee flexion during the swing phase, and medial whip in hemiplegia using three-dimensional treadmill gait analysis. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2018, **25**(8), 548-553 [cit. 2022-04-06]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2018.1497272

39. SOUMAR, Libor. *Kinematická analýza* [online]. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2011 [cit. 2023-07-22]. ISBN 978-80-7414-399-1.

40. NETTER, Frank. In: *Netterův anatomický atlas člověka*. 2016. Brno: CPress, 2016, s. 474. ISBN 978-80-264-1176-5.

41. LI, Wei. New understanding of the pathogenesis and treatment of stroke-related sarcopenia. *Biomedicine & Pharmacotherapy* [online]. 2020, **131**(/), 1-7 [cit. 2023-08-04]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110721

42. Současné možnosti léčby spasticity. *Remedia* [online]. /: /, 2013 [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: https://www.remedia.cz/rubriky/prehledy-nazory-diskuse/soucasne-moznosti-lecby-spasticity-5996/

43. HU, Xiaoling. Variation of Muscle Coactivation Patterns in Chronic Stroke During Robot-Assisted Elbow Training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2007, **88**(8), 1022-1029 [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003999307003498

44. HOSKOVCOVÁ, Martina a Maud PRADINES. Where is the zero of Tardieu for proximal trans-joint lower limb muscles? The relevance for the estimation of muscle shortening and weakness. *Frontiers in Neurology* [online]. 2023, **14**(/), / [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2023.1108535

45. MARSAL, Claire. Beliefs of rehabilitation professionals towards guided self-rehabilitation contracts for post stroke hemiparesis. *Stroke Rehabilitation* [online]. 2017, **24**(8), 608-613 [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10749357.2017.1373501

46. PRADINES, Maud, Marjolaine BAUDE, Christina MARCINIAK, Gerard FRANCISCO, Jean-Michel GRACIES, Emilie HUTIN a Nicolas BAYLE. Effect on Passive Range of Motion and Functional Correlates After a Long-Term Lower Limb Self-Stretch Program in Patients With Chronic Spastic Paresis. *Elsevier* [online]. 2018, **10**(10), 1020-1031 [cit. 2023-08-13]. ISSN 19341482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2018.02.013

47. TOK, Fatih, Birol BALABAN, Evren YAŞAR, Rdvan ALACA a Arif Kenan TAN. *The Effects of Onabotulinum Toxin A Injection into Rectus Femoris Muscle in Hemiplegic Stroke Patients with Stiff-Knee Gait* [online]. 2012, **91**(4), 321-326 [cit. 2023-08-13]. ISSN 0894-9115. Dostupné z: doi:10.1097/PHM.0b013e3182465feb

Přílohy

Informovaný souhlas účastníka studie

3D analýza rychlých opakovaných pohybů při spasticitě
3D analysis of rapid alternating movements in spasticity

Cílem této studie je:
Ověření efektu cvičení rychlých opakovaných pohybů (RAP) na rozsah a kvalitu provedení izolované flexe v kolenním kloubu při spastické paréze musculus rectus femoris. Dále pak na délku kroku a extenzi v kyčelním kloubu při chůzi.

Program studie se skládá ze vstupního vyšetření, následného období autoterapie (3 měsíce) a výstupního vyšetření. Vstupní a výstupní vyšetření vychází z postupů pro hodnocení spastické parézy dle J.M. Graciese s využitím 3D kinematické analýzy. Dále každý vyplní dotazník týkající se hodnocení bolesti, ztuhlosti a funkce postižené dolní končetiny. Vyšetření bude probíhat v prostorách FTVS UK.
Náplní autoterapie je provádění rychlých opakovaných pohybů (RAP) denně po dobu 3 měsíců. Rychlé opakované flexe v kolenním kloubu paretické dolní končetiny by měl každý z probandů vykonávat 2x denně, 1 minutu každé cvičení. Současně by si měl každý z účastníků zaznamenávat do deníku počet splněných cvičení za den.

Já, níže uvedený, dávám souhlas k účasti ve studii s názvem: **3D analýza rychlých opakovaných pohybů při spasticitě**

Jméno a příjmení: ……………………………………………………………………………..............…

Datum narození:.….…………….…..……………………….…..….…..…………….…….….………

Iniciály:.….………………….….…..………………….…………..

1. Zcela dobrovolně souhlasím s účastí v této studii.
1. Byl(a) jsem plně informován(a) o účelu této studie, o procedurách s ní souvisejících a o tom, co se ode mne očekává. Měl(a) jsem možnost položit jakýkoliv dotaz, týkající se použité metody i účelu této studie a potvrzuji, že všechny mé dotazy byly zodpovězeny.
2. Souhlasím, že budu plně spolupracovat a budu je ihned informovat, pokud se objeví změny mého zdravotního stavu nebo nečekané či neobvyklé projevy.
3. Vím, že mohu kdykoli svobodně ze studie odstoupit.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Klára Hojková, Ph.D., Klara.Hojkova@fnmotol.cz
Student pracující na diplomové práci: Marie Hradecká, marie.hradecka12@gmail.com

Podpis účastníka:.…..……………….…..……..…..………………….….

Datum:.…………..…………..….…..……....

Já, níže podepsaná Marie Hradecká, tímto prohlašuji, že jsem dle mého nejlepšího vědomí vysvětlil/a cíle, postupy, výhody a rovněž také rizika a diskomfort vyplývající z této studie účastníku této studie. Účastník poskytl svůj informovaný souhlas k účasti ve studii. Kopie informovaného souhlasu bude dobrovolníkovi poskytnuta.

Datum: ……………………………………………………………………….

Podpis: ……………………………………………………………

Deník

Datum											
Počet cviků											

Vyšetření spastické parézy

musculus rectus femoris

Jméno:

Datum		
PROM Xv_1		
Spasticita – úhel Xv_3		
Spasticita – stupeň Y		
Úhel spasticity (Xv_1-Xv_3)		
AROM X_A		
Úhel parézy (Xv_1-X_A)		

Global Subjective Self-Assessment (GSSA)

1. Pociťujete bolest ve Vaší končetině?

Nejhorší představitelná bolest — Žádná bolest

2. Způsobuje Vám ztuhlost Vaší končetiny nějaký diskomfort? (př. při chůzi, oblékání)

Nejhorší představitelný diskomfort — Žádný diskomfort

3. Jak byste dnes ohodnotil/a funkci Vaší končetiny?

Zcela nepoužitelná — Normální

Aktivní flexe v koleni s extenzí v kyčli

- tento cvik provádějte minimálně **2x denně každý den**, pokud je to možné
- do svého **deníku** si prosím zaznamenejte, kolik cvičení jste daný den stihli (jedno, dvě či více)

Pozice

- stůjte **vzpřímeně**
- bokem nepostižené strany ke stolu (madlu)
- **zdravou rukou** se **přidržujte** stolu či jiného pevného předmětu (madla)

Cvik

- snažte se zvedat nohu dozadu, jak **nejvýše** dokážete (jako byste se chtěli kopnout patou do hýždí)
- **koleno** přitom **tlačte směrem dozadu**
- snažte se pohyb provádět v co **největším rozsahu pohybu** a co **největší rychlostí**
- tento pohyb opakovaně provádějte **1 minutu**
- po uplynutí 1 minuty cvičení zůstaňte dostatečně dlouhou dobu v klidu pro odpočinek
- v průběhu cvičení můžete pocítit mírnou bolest či dyskomfort z důvodu protažení svalu či jeho aktivace, po cvičení by vše mělo odeznít