

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Efekt peroneální funkční elektrostimulace na chůzi pacientů  
po cévní mozkové příhodě**

Autoreferát disertační práce oboru Kinantropologie

Vedoucí práce:  
doc. PhDr. Miroslav Petr, Ph.D.

Vypracoval:  
Mgr. Jakub Jeníček

Disertační práce představuje původní rukopis. S jejím plným textem je možné se seznámit v Ústřední Tělovýchovné Knihovně FTVS UK.

## **Abstrakt**

**Název:** Efekt peroneální funkční elektrostimulace na chůzi pacientů po cévní mozkové příhodě

**Cíl:** Cílem práce bylo porovnat terapeutický efekt dvou klinických přístupů v aplikaci peroneální funkční elektrostimulace na rychlost a vytrvalost chůze a míru spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny u dospělých pacientů v chronické fázi cévní mozkové příhody s foot drop syndromem.

**Metody:** Otevřená, randomizovaná, kontrolovaná klinická pilotní studie, kombinující řízený a pragmatický experiment, a to porovnáním dvou různých klinických přístupů v aplikaci peroneální funkční elektrostimulace. U pacientů ve skupině „A“ (n=14) měla intervence formu ambulantního, přesně řízeného a intenzivního tréninku chůze s funkčním elektrostimulátorem pětikrát týdně v období čtyř týdnů, ve skupině „B“ (n=13) byli pacienti po stejné období vybaveni vlastním stimulátorem a používali ho v průběhu celého dne při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci své komunity.

**Výsledky:** Po dokončení čtyřtýdenní intervence nebyl mezi oběma skupinami zaznamenán statisticky významný rozdíl ve změně žádného ze sledovaných parametrů rychlosti a výkonnosti chůze a míry spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny. Výsledky pilotní studie naznačují, že by oba klinické přístupy mohly být u dospělých pacientů v chronické fázi cévní mozkové příhody s foot drop syndromem srovnatelně přínosné.

**Klíčová slova:** funkční elektrostimulace, cévní mozková příhoda, spastická paréza, foot drop syndrom, chůze

# 1 Úvod

Cévní mozková příhoda (dále jen CMP) představuje jednu z nejčastějších příčin těžkého a dlouhotrvajícího zdravotního postižení dospělých osob. Dle údajů Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR je u nás každoročně s tímto onemocněním hospitalizováno více než 33 tisíc osob, přičemž téměř celá čtvrtina pacientů je v produktivním věku, tedy mladších 65 let (Sedova, 2017; Tráva, 2018). Jedním z nejnápadnějších klinických následků CMP bývá porucha hybnosti ve smyslu kontralaterální spastické hemiparézy, která je v časném stádiu onemocnění v různé závažnosti přítomna až u 80 % pacientů (Sabut, 2011). Typickou změnou, kterou se rozvinutý obraz spastické hemiparézy v následném subakutním a chronickém období projevuje na dolní končetině při chůzi, je tzv. foot drop syndrom. Ten je charakteristický ekvinovarováním postavením nohy a neschopností provést dostatečnou dorzální flexi v hlezenním kloubu pro hladký průběh švihové fáze krokového cyklu, což vede k zakopávání o špičku nohy. Nápadná je i nestabilita hlezenního kloubu ve stejné fázi krokového cyklu a odraz bez adekvátní propulze. Chůze pacientů po CMP je ve výsledku zpomalená, nevykonná, nepravidelná, nestabilní a pacienti jsou ohroženi významně vyšším rizikem pádů a dalšími zdravotními komplikacemi, včetně následků psychických a sociálních (Perry, 2010; Sheffler, 2015a; Stein, 2015; Winstein, 2016).

V rámci kompenzace foot drop syndromu a reedukace chůze jsou pacienti v subakutním a chronickém období po CMP standardně vybavováni různými typy peroneálních ortéz, které pomáhají udržovat hlezenní kloub během švihové fáze krokového cyklu v neutrální pozici a ve stejné fázi ho stabilizují (Chen, 2018). Reziduální nebo případnou navracející se dynamickou funkci nohy nicméně podporují jen v omezené míře (Nolan, 2015). Alternativou k používání peroneálních ortéz je metoda peroneální funkční elektrostimulace (dále jen FES). Její podstatou je aplikace pulzního elektrického proudu do oblasti n. peroneus communis za účelem vyvolání kontrakce m. tibialis anterior a dalších svalů anterolaterální skupiny bérce. Během chůze pak dochází správně načasovaným signálem z patního tlakového spínače nebo z inerciálních senzorů k provedení adekvátní dorzální flexe s optimální mírou supinace a pronace nohy a k zajištění hladkého průběhu švihové fáze krokového cyklu (Liberson, 1961; Burridge, 1998; Cameron, 2010). Při chůzi

s funkčním elektrostimulátorem byl ve studiích opakovaně prokázán bezprostřední efekt (v literatuře je označován jako tzv. „ortotický“) na zvýšení rychlosti, vytrvalosti a stability chůze, který je srovnatelný (Everaert, 2013; Bethoux, 2014) nebo vyšší než při peroneálním ortézování (Van Swighchem, 2012).

Při pravidelném a dlouhodobém používání FES se navíc díky plasticitě centrálního nervového systému a podpoře motorického učení předpokládá i trvalejší efekt, pro který je v literatuře zaveden termín „terapeutický“. Jde o alespoň částečný návrat pohybové funkce akrální části dolní končetiny a zlepšení parametrů chůze, které následně přetrvává i v období po přerušení používání stimulatoru. Řada studií prokazuje terapeutický efekt na rychlost, vytrvalost a stabilitu chůze a funkční mobilitu, doposud však zůstává nejasné, zda je tento efekt významně vyšší, než při dlouhodobém používání peroneální ortézy (Everaert, 2013; Kluding, 2013; Sheffler, 2013; Bethoux, 2014).

Ve většině klinických studií terapeutického efektu FES jsou pacienti vybaveni vlastním stimulátorem a používají ho v průběhu celého dne v rámci běžné chůze v domácím prostředí a ve své komunitě. V podmínkách současné klinické rehabilitační praxe v ČR je ale FES vázána převážně na přesně časově ohraničené ambulantní terapie chůze ve specializovaných zdravotnických zařízeních, kdy jeden stimulátor může během dne využívat více pacientů. Účinnost tohoto ambulantního přístupu není v literatuře uspokojivě prokázána, proto bylo ověření jeho efektu na rychlost a vytrvalost chůze a míru spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny u dospělých pacientů v chronické fázi CMP s foot drop syndromem stanoveno jako cíl této disertační práce. Celkový časový objem stimulace je v ambulantní terapeutické jednotce nižší než u celodenního používání v rámci běžné chůze v domácím prostředí, terapeutický efekt může nicméně spočívat ve vysoké intenzitě intervence, která je považována za klíčovou podmínku pro stimulaci plasticity nervového systému a obnovu řízené hybnosti (Everaert, 2010; Meimoun, 2015).

## 2 Cíle, otázky a hypotézy práce

Klinické studie prokazující pozitivní efekt FES na časově-prostorové parametry chůze pacientů po CMP, se často liší ve způsobu, jakým je FES aplikována. Převažuje dlouhodobá celodenní stimulace, při které je každý pacient vybaven vlastním stimulatorem a používá ho v průběhu celého dne v rámci běžné chůze v domácím prostředí a ve své komunitě (Everaert, 2013; Kluding, 2013; Sheffler, 2013; Bethoux, 2014; Bethoux, 2015). V podmínkách současné klinické rehabilitační praxe je ale FES vázána spíše na ambulantní terapie chůze ve specializovaných zdravotnických zařízeních (kdy jeden stimulator může během dne využívat více pacientů), a to především z důvodu vysoké pořizovací ceny přístroje a příslušenství (v ČR ~ 130 tis. Kč) a absence alespoň částečných úhrad zdravotními pojišťovnami. Efekt ambulantního přístupu není v literatuře uspokojivě prokázán, existující klinické studie buď nejsou randomizované (Sabut, 2010; Shendkar, 2015), nebo zahrnují malý počet účastníků (Morone, 2012), jsou zaměřené jen na pacienty v subakutním stádiu (Tanović, 2009; Morone, 2012; Salisbury, 2013; Shendkar, 2015; Sharif, 2017), nebo hodnotí změny v jiných výstupech než parametrech chůze (Tanović, 2009; Sabut, 2011).

Výzkumná otázka této disertační práce byla stanovena následovně:

„Lze při ambulantním přístupu aplikace peroneální FES (jak je často realizován v současné rehabilitační praxi u pacientů s foot drop syndromem) očekávat srovnatelný terapeutický efekt, jakého bude dosaženo při používání FES v průběhu celého dne při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity pacienta (tj. při způsobu aplikace, jehož efekt byl v dostupné literatuře opakovaně prokázán), a mohou být tudíž oba klinické přístupy zaměnitelné?“

Hlavním cílem disertační práce je v praktické části porovnat efekt čtyřtýdenní aplikace peroneální FES na rychlost a vytrvalost (výkonnost) chůze a míru spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny u dospělých pacientů v chronické fázi CMP s foot drop syndromem, a to při dvou různých aplikačních přístupech:

- a) FES je realizována jako série přesně řízených ambulantních terapeutických jednotek na specializovaném rehabilitačním pracovišti,
- b) FES je realizována jako stimulace v průběhu celého dne při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity.

Hypotézy práce byly stanoveny na základě studia dostupné literatury zabývající se problematikou FES u pacientů po CMP a vzhledem k určenému hlavnímu cíli praktické části následovně:

- 1) Mezi oběma přístupy aplikace FES nebude po dokončení intervence nalezen signifikantní rozdíl ve zvýšení rychlosti chůze hodnocené pomocí procentuální změny celkového skóre testu Emory Functional Ambulation Profile.
- 2) Mezi oběma přístupy aplikace FES nebude po dokončení intervence nalezen signifikantní rozdíl ve zvýšení vytrvalosti chůze hodnocené pomocí procentuální změny skóre testu Two-Minute Walk Test.
- 3) Mezi oběma přístupy aplikace FES nebude po dokončení intervence nalezen signifikantní rozdíl v míře úpravy spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny hodnocené pomocí změny rozsahů pohybu hlezenního kloubu postupem dle Graciese.

## **3 Metodika práce**

### **3.1 Typ práce**

Práce má charakter otevřené, randomizované, kontrolované pilotní studie s dvěma paralelně uspořádanými rameny. Jedná se o klinickou studii, která kombinuje řízený a pragmatický experiment, a to porovnáním dvou různých přístupů v aplikaci peroneální FES, tak jak nejčastěji probíhají v současné rehabilitační praxi. U pacientů ve skupině „A“ měla intervence formu ambulantního, přesně řízeného a intenzivního tréninku chůze s FES pětkrát týdně v období čtyř týdnů, ve skupině „B“ byli pacienti po stejné období vybaveni vlastním stimulátorem a používali ho v průběhu celého dne při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci své komunity.

### **3.2 Postup výběru a zařazování pacientů do studie**

Cílovou populací studie byli dospělí pacienti v chronické fázi CMP s následkem spastické hemiparézy v oblasti dolní končetiny. Dostupnou populací pro záměrný výběr probandů tvořili pacienti Kliniky rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze (dále jen KRL), kteří zde byli v období od března 2015 do dubna 2017 přijati do ambulantní péče a vyšetřeni lékařem KRL. Základní indikační a kontraindikační kritéria, která podmiňovala výběr potenciálně vhodných pacientů, jsou uvedena v tabulce 3.2.1.

Vhodní pacienti byli lékařem kliniky osloveni k možné účasti na studii a při souhlasu následně odesláni k primárnímu vyšetření fyzioterapeutem, který stanovil, zda pacient splňuje další specifická kritéria pro zařazení do studie. Tato specifická kritéria, včetně kontraindikačních kritérií, jsou uvedena v tabulce 3.2.2.

Tab. 3.2.1 Základní indikační a kontraindikační kritéria při vyšetření lékařem  
(zdroj: vlastní zpracování)

Indikační kritéria	Kontraindikační kritéria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pacienti v chronickém stádiu CMP (6 – 36 měsíců po příhodě)</li> <li>• stabilizovaný zdravotní stav</li> <li>• muži i ženy starší 18 let</li> <li>• první CMP</li> <li>• ischemická nebo hemoragická etiologie CMP s následkem levostranné nebo pravostranné spastické hemiparézy DK</li> <li>• hemiparetický typ chůze s foot drop syndromem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• závažná posturální nestabilita a neschopnost samostatné chůze bez dopomoci druhé osoby</li> <li>• kognitivní poruchy znemožňující spolupráci pacienta (skóre MMSE &lt; 25 bodů)</li> <li>• porucha soběstačnosti a nezávislosti (průměrné skóre položek FIM testu &lt; 5)</li> <li>• závažná globální nebo senzorická afázie znemožňující komunikaci s pacientem</li> <li>• přítomnost neglect syndromu</li> <li>• přítomnost ataxie</li> <li>• jiné neurologické (např. periferní typ peroneální parézy) nebo ortopedické onemocnění s manifestací v oblasti DK</li> <li>• předchozí léčba spasticity botulotoxinem v období &lt; 3 měsíce před zařazením do studie</li> </ul>

V průběhu primárního vyšetření fyzioterapeutem vždy také proběhla testovací aplikace FES za účelem zhodnocení, zda je pacient pro tuto formu řešení foot drop syndromu vhodný. Pacient, který po vyšetření lékařem a fyzioterapeutem a po testovací aplikaci FES splnil podmínky pro vstup do studie, byl následně prostým náhodným výběrem pomocí losování přiřazen do jedné ze dvou intervenčních skupin (označených „A“ a „B“).

Všichni pacienti zařazení do studie podepsali informovaný souhlas, ve kterém byli dostatečně a srozumitelně seznámeni s průběhem a účelem studie, byla jim zaručena anonymita při prezentaci výsledků a možnost kdykoliv přerušit nebo ukončit studii, aniž by byl jakkoliv ovlivněn průběh jejich další případné léčby na KRL. Pacientům bylo zároveň zaručeno, že doba vstupního nebo výstupního vyšetření za účelem získání dat studie nepřesáhne 60 minut. Projekt studie byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 0169/2013.

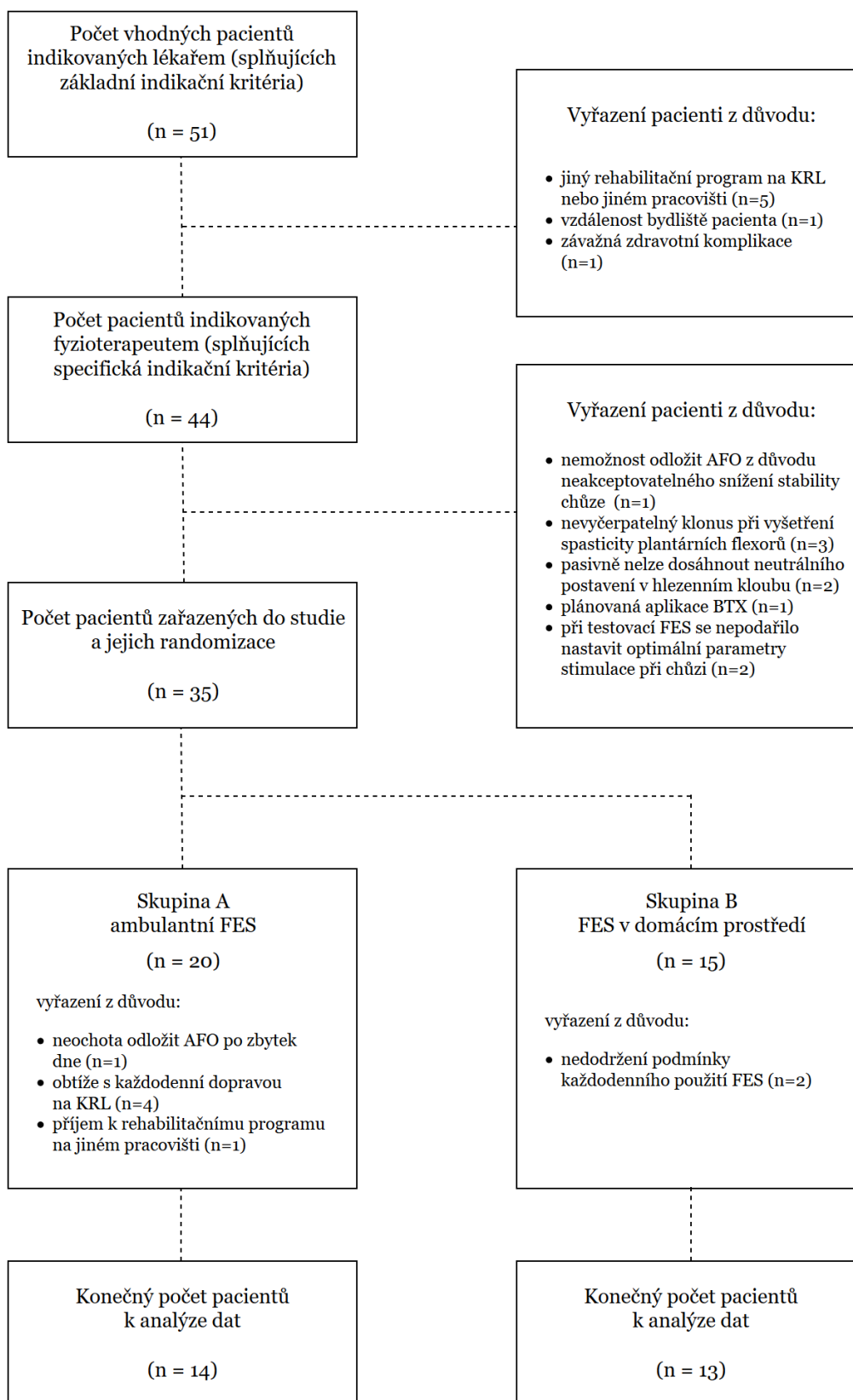
Schéma postupu zařazování pacientů do studie (postupně, jak přicházeli na KRL k úvodnímu vyšetření) je zobrazeno na obrázku 3.2.1.



Tab. 3.2.2 *Specifická indikační a kontraindikační kritéria při primárním vyšetření fyzioterapeutem (zdroj: vlastní zpracování)*

Indikační kritéria	Kontraindikační kritéria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• omezený rozsah aktivního pohybu hlezna do dorzální flexe a/nebo pronace</li> <li>• nedostatečná dorzální flexe a/nebo převaha supinace nohy ve švihové fázi kroku při chůzi</li> <li>• pasivní rozsah pohybu hlezna alespoň do základního postavení</li> <li>• schopnost samostatné stabilní chůze (nebo s kompenzační pomůckou – hůl, berle, čtyřbodová hůl) alespoň po dobu 2 minut</li> <li>• dobrá odpověď na úvodní testovací elektrostimulaci v oblasti n. peroneus s vyvoláním adekvátního pohybu nohy do dorzální flexe ve švihové fázi kroku při chůzi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jiný rehabilitační program v době zařazení do studie</li> <li>• kompenzace foot drop syndromu AFO (v situaci, kdy pacient nemohl nebo nebyl ochoten AFO v průběhu intervence odložit)</li> <li>• předchozí používání FES</li> <li>• přítomnost klonu (stupeň spasticity plantárních flexorů na škále dle Tardieu <math>\geq 3</math>)</li> <li>• porušení integrity nebo jiné onemocnění kůže v oblasti uložení povrchových elektrod</li> <li>• intolerance nadprahově motorické úrovně intenzity elektrického proudu</li> <li>• těžká porucha senzitivity v oblasti dolní končetiny (mírná a střední hypestézie nebyla považována za kontraindikaci, pokud bylo při elektrostimulaci dosaženo dobré motorické odpovědi při běžné intenzitě elektrického proudu)</li> <li>• omezení hybnosti hlezenního kloubu z jiné příčiny než prodělané CMP</li> <li>• neschopnost chůze na pohyblivém pásu</li> </ul>

Obr. 3.2.1 Schéma zařazování pacientů do studie (zdroj: vlastní zpracování)



### 3.3 Charakteristika souboru pacientů

Do studie bylo v průběhu března 2015 až dubna 2017 na základě indikačních kritérií zařazeno celkem 35 pacientů, z toho osm pacientů (23 %) studii nedokončilo. Důvody vyřazení jsou uvedeny ve schématu na obrázku 3.2.1. Data byla finálně analyzována u 27 pacientů účastnících se studie buď ve skupině A (n=14), nebo ve skupině B (n=13). Základní demografické charakteristiky obou skupin jsou uvedeny v tabulce 3.3.1.

Popis relevantní klinické symptomatologie, průběhu a následků onemocnění se zaměřením na motorické, ale i kognitivní, psychické a senzitivní poruchy je pro jednotlivé pacienty uveden v přehledných tabulkách v plném textu disertační práce.

*Tab. 3.3.1 Základní charakteristika obou skupin pacientů (zdroj: vlastní zpracování)*

	skupina A (n = 14)	skupina B (n = 13)
pohlaví (muži : ženy)	10 : 4	7 : 6
věk (roky) - rozsah	33 - 65	34 - 70
věk (roky) - průměr ± SD	54,4 ± 9,4	52,5 ± 13,2
doba od CMP (měsíce) - rozsah	8 - 35	8 - 36
doba od CMP (měsíce) - průměr ± SD	20,9 ± 9,6	21,5 ± 10,3
typ CMP (iCMP : hCMP)	11 : 3	8 : 5
lateralita symptomatiky (dx : sin)	9 : 5	6 : 7

### 3.4 Průběh intervence

Pacienti zařazení do skupiny A docházeli pětkrát týdně mimo víkendů po dobu čtyř týdnů ambulantně na KRL, kde absolvovali přesně řízenou terapeutickou jednotku intenzivního tréninku chůze, která se skládala z následujících částí:

- přiložení povrchových gelových elektrod na dříve nalezená a označená místa pro aplikaci elektrického proudu, upevnění manžety elektrostimulátoru (prováděno fyzioterapeutem),
- úvodní chůze (~ 1-2 min.) z důvodu kontroly načasování a adekvátního pohybu nohy a případné úpravy parametrů elektrostimulace,
- trénink rychlé chůze s FES na pohyblivém pásu (25 min.); pacienti byli instruováni, aby rychlost chůze byla maximální možná při zachování podmínek bezpečnosti a stability; v případě přerušení tréninku (únava pacienta, použití toalety) bylo přerušeno i odečítání času,
- závěrečná chůze s FES na pohyblivém pásu běžnou, subjektivně pohodlnou rychlostí (5 min.),
- sejmutí manžety elektrostimulátoru a povrchových elektrod, sledování stabilizovaného stavu pacienta.

Pacienti zařazení do skupiny B byli vybaveni vlastním elektrostimulátorem a používali FES v průběhu celého dne po dobu čtyř týdnů (pětkrát týdně mimo víkendů) při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci své komunity. Intervence nebyla nijak blíže ovlivňována, jedinou podmínkou bylo použití elektrostimulátoru alespoň jedenkrát denně při chůzi v exteriéru, zbytek při funkční mobilitě v domácnosti. Maximální čas denního použití nebyl omezen, nicméně pro sledování jeho pravidelnosti a celkového objemu byli pacienti vybaveni záznamovým deníkem a krokoměrem.

Pacienti v obou skupinách se v průběhu čtyřtýdenní intervence neúčastnili žádného jiného rehabilitačního nebo fyzioterapeutického léčebného programu (na KRL ani v jiném zdravotnickém zařízení), nepoužívali žádnou peroneální ortézu a nebyli ani instruováni k žádné další autoterapii. Za porušení této podmínky nebyla považována současná ambulantní terapie v rámci logopedie, psychologie, ergoterapie nebo speciální pedagogiky.

Ve studii byly využity dva elektrostimulátory WalkAide® (jeden přístroj pro ambulantní a jeden pro domácí intervence), jejichž zapůjčení na KRL pro účely studie bylo financováno ze získaného grantu GA UK č. 940214.

### 3.5 Metody sběru dat

K porovnání efektu dvou různých terapeutických přístupů peroneální FES na rychlost a vytrvalost (výkonnost) chůze a míru spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny u dospělých pacientů v chronické fázi CMP s foot drop syndromem byly použity následující testy a vyšetření (podrobný popis použitých nástrojů je součástí plného textu práce):

- Emory Functional Ambulation Profile (EFAP),
- 2-Minute Walk Test (2MWT),
- prvky vyšetření spastické parézy dle Graciese.

Výběr nástrojů vycházel z testů, které jsou běžně využívány v rehabilitační praxi, s přihlédnutím k přehledu používaných objektivizačních nástrojů v dostupných kontrolovaných randomizovaných studiích efektu FES u pacientů po CMP. Výběr byl proveden i s ohledem na celkovou náročnost administrace pro vyšetřujícího i pacienta, aby celková doba vyšetření nepřesáhla 60 minut.

Všechna vyšetření byla provedena tak, aby hodnotila čistě terapeutický efekt FES, nikoliv ortotický nebo kombinovaný efekt kompenzační pomůcky. Jak vstupní, tak výstupní vyšetření tedy vždy probíhala bez zapnutého stimulátoru. Všechna vyšetření proběhla v dopoledních hodinách, ve stejných prostorách KRL a měření prováděl vždy jeden a tentýž fyzioterapeut.

### 3.6 Statistické zpracování dat

U všech pacientů v obou skupinách bylo při vstupním a výstupním vyšetření sledováno celkem 10 parametrů: celkové skóre EFAP, skóre pěti subtestů EFAP (chůze po podlaze, chůze po koberci, up & go test, chůze s překážkami, chůze do schodů), skóre 2MWT a rozsahy pohybu hlezenního kloubu  $X_{V1}$ ,  $X_{V3}$  a  $X_A$  vyšetřované postupem dle Graciese. Pro stanovení, zda mají data ve sledovaných parametrech normální rozdělení, byl použit Shapirův-Wilkův test normality. Ten

prokázal, že data nemají normální rozdělení, a k dalšímu testování výsledků byly použity neparametrické testy.

K posouzení odlišnosti (resp. homogenity) obou skupin v základních parametrech věku, doby od CMP, zastoupení pohlaví a typu CMP byla data pacientů testována pomocí Mannova-Whitneyho testu a Fisherova exaktního testu.

K zhodnocení, zda se vstupní hodnoty sledovaných parametrů mezi oběma skupinami neliší, a tedy zda pacienti v obou skupinách nejsou rozdílní v míře postižení chůze a míře spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny, byl použit Mannův-Whitneyho test. Pro testování změn hodnot před a po intervenci v každé skupině zvlášť byl použit Wilcoxonův test pro dva závislé výběry. Pro testování změn mezi oběma skupinami byl použit Mannův-Whitneyho test pro dva nezávislé výběry.

## 4 Výsledky

Z celkového počtu 35 pacientů zařazených do studie nebyla u šesti pacientů (u čtyř pacientů ve skupině A, u dvou pacientů ve skupině B) dodržena podmínka každodenního použití FES (pětkrát týdně mimo víkendů v celém období čtyřtýdenní intervence) a tito pacienti byli z konečné analýzy dat vyřazeni. K vyřazení dalších dvou pacientů ve skupině A došlo z důvodu neochoty odložit peroneální ortézu (pacient uváděl subjektivně nepříjemný pocit nestability při chůzi v exteriéru a obavu z pádu) a z důvodu nástupu do jiného rehabilitačního programu. U 27 pacientů ( $n_A=14$ ;  $n_B=13$ ) proběhl celý plánovaný rozsah čtyřtýdenní intervence a tito pacienti byli zařazeni do konečného zpracování dat.

### 4.1 Vstupní a výstupní data pacientů

Kompletní data všech sledovaných parametrů získaná při vstupním a výstupním vyšetření u pacientů v obou skupinách jsou uvedena v podrobných tabulkách v plném textu disertační práce. U všech pacientů jsou také uvedeny zaznamenané procentuální změny mezi vstupním a výstupním vyšetřením. Základní statistické ukazatele středních hodnot a míry variability změn všech sledovaných parametrů po dokončení intervence u pacientů v obou skupinách jsou uvedeny v tabulce 4.1.1 (hodnoty jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo). Střední hodnoty zaznamenaných změn v testech 2MWT a EFAP (včetně hodnot procentuálních změn u všech pacientů) jsou pro názornost zobrazeny i graficky – viz grafy 4.1.1 a 4.1.2.

V testu 2MWT došlo u pacientů ke zvýšení vytrvalosti (výkonnosti) chůze vyjádřené procentuální změnou skóre průměrně o 8,7 % (SD = 6,0 %) ve skupině A a o 8,0 % (SD = 9,6 %) ve skupině B. Medián změny byl 9,6 % (IQR<sup>1</sup> = 8,7 %) ve skupině A a 5,3 % (IQR = 9,1 %) ve skupině B.

---

<sup>1</sup> SD – směrodatná odchylka; IQR – mezikvartilové rozpětí

V testu EFAP došlo u pacientů po dokončení čtyřtýdenní intervence ke zvýšení rychlosti chůze vyjádřené procentuální změnou v celkovém skóre průměrně o 8,6 % (SD = 6,6 %) ve skupině A a o 9,3 % (SD = 5,4 %) ve skupině B. Medián změny byl 6,5 % (IQR = 6,2 %) ve skupině A a 9,7 % (IQR = 7,6 %) ve skupině B.

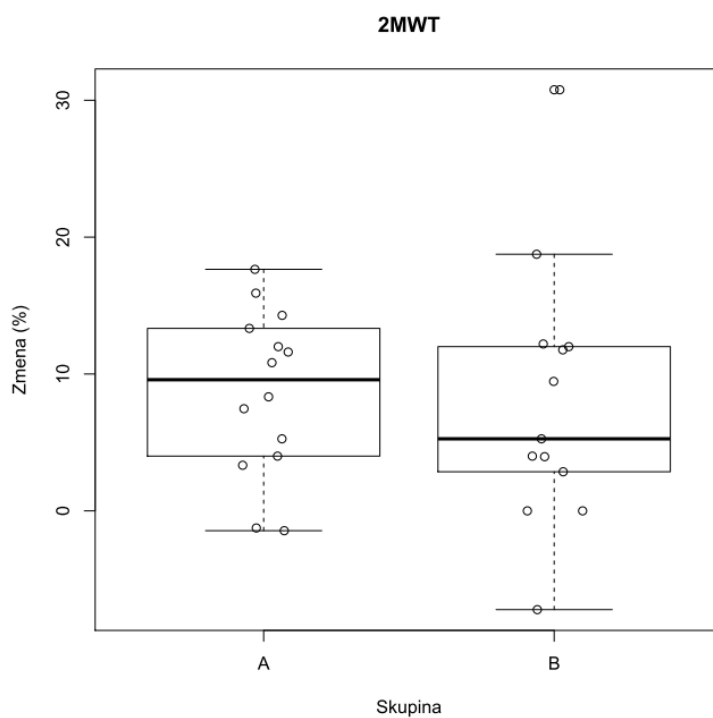
Při vyšetření spastické parézy dle Graciese došlo u pacientů ke zvýšení maximálního rozsahu pasivního rozsahu hlezna do dorzální flexe průměrně o 4,6° (SD = 6,6°) ve skupině A a o 1,2° (SD = 3,6°) ve skupině B. Medián změny byl v obou skupinách nulový s IQR 10° ve skupině A a 5° ve skupině B. Při rychlém protažení plantárních flexorů (hodnotícím míru spasticity této svalové skupiny) došlo k průměrnému zvýšení zaznamenaného úhlu zarázu o 2,1° (SD = 7,0°) ve skupině A a o 2,3° (SD = 5,6°) ve skupině B. Medián změny byl nulový s IQR 5° ve skupině A a 5° s IQR 5° ve skupině B. Rozsah aktivního pohybu hlezna do dorzální flexe se u pacientů ve skupině A zvýšil průměrně o 8,2° (SD = 5,8°), u pacientů ve skupině B o 5,0° (SD = 5,8°). Medián změny byl u obou skupin 10° s IQR 5° u skupiny A a 10° u skupiny B.

Tab. 4.1.1 Ukazatele středních hodnot a míry variability změn sledovaných parametrů po dokončení intervence (zdroj: vlastní zpracování)

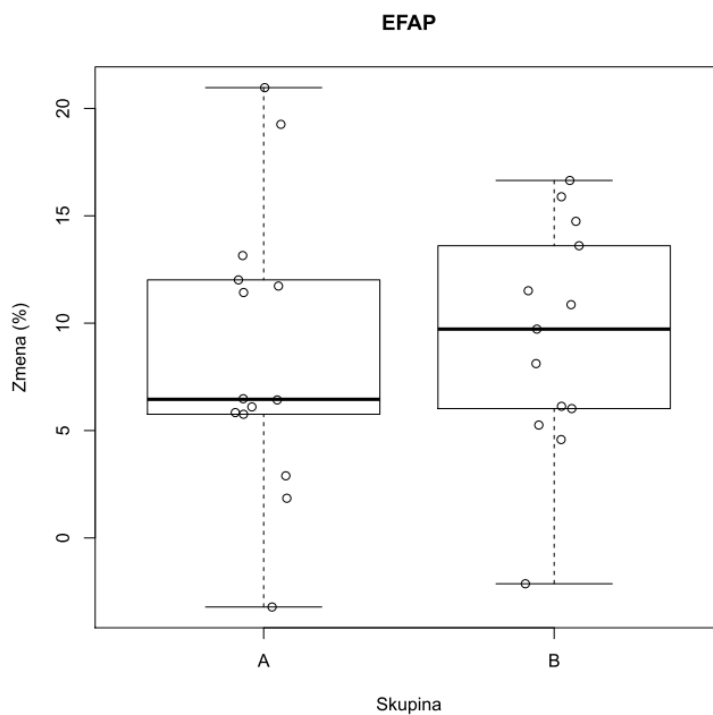
statistický ukazatel	skupina	EFAP [změna v %]						2MWT [změna v %]	hodnocení spastické parézy v oblasti hlezna [změna v °]		
		podlaha	koberec	up&go	překážky	schody	celkové skóre		X <sub>V1</sub>	X <sub>V3</sub>	X <sub>A</sub>
průměr	A	9,6	10,5	4,9	10,4	5,3	8,6	8,7	4,6	2,1	8,2
	B	8,1	7,4	7,7	10,9	10,4	9,3	8,0	1,2	2,3	5,0
směrodatná odchylka	A	6,0	7,9	6,7	9,0	12,5	6,6	6,0	6,6	7,0	5,8
	B	5,6	9,0	5,9	7,2	9,6	5,4	9,6	3,6	5,6	5,8
medián	A	7,8	10,7	3,7	12,2	1,3	6,5	9,6	0,0	0,0	10,0
	B	7,3	7,1	7,8	10,9	13,9	9,7	5,3	0,0	5,0	10,0
mezikvartilové rozpětí	A	7,6	8,7	6,5	9,6	13,4	6,2	8,7	10,0	5,0	5,0
	B	7,7	11,3	7,4	5,5	14,8	7,6	9,1	5,0	5,0	10,0



Graf 4.1.1 Vizualizace zaznamenaných procentuálních změn, jejich mediánu a kvartilů u obou skupin pro test 2MWT (zdroj: vlastní zpracování)



Graf 4.1.2 Vizualizace zaznamenaných procentuálních změn, jejich mediánu a kvartilů u obou skupin pro test EFAP (zdroj: vlastní zpracování)



## 4.2 Testování odlišnosti skupin

K testování, zda se pacienti ve skupině A a skupině B neliší ve věku a době po CMP byl použit Mannův-Whitneyho test. Základní statistické charakteristiky těchto parametrů v obou skupinách jsou uvedeny v tabulce 4.2.1. Z výsledků testu vyplývá, že obě skupiny se na zvolené hladině významnosti 0,05 v parametrech věku a doby po CMP statisticky významně neliší. Obě skupiny byly testovány i z hlediska zastoupení mužů a žen, ischemického a hemoragického typu CMP a laterality symptomatiky. K testování byl použit Fisherův exaktní test a na jeho základě lze prohlásit, že i v těchto parametrech jsou skupiny homogenní.

*Tab. 4.2.1 Statistické charakteristiky obou skupin pacientů pro věk a dobu od CMP a výsledek Mannova-Whitneyho testu (M-W test) rozdílů mezi skupinami (zdroj: vlastní zpracování)*

parametr	skupina	n	medián	průměr	směrodatná odchylka	p (M-W test)
věk (roky)	A	14	56,5	54,4	9,4	0,903
	B	13	56,0	52,5	13,3	
doba od CMP (měsíce)	A	14	20,5	20,9	9,6	0,846
	B	13	22,0	21,5	10,2	

Základní statistické charakteristiky vstupních hodnot ve všech deseti sledovaných parametrech v obou skupinách jsou uvedeny v tabulce 4.2.2 (hodnoty jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo). Při použití Mannova-Whitneyho testu se na zvolené hladině významnosti 0,05 neprokázalo, že by se vstupní hodnoty ve skupinách A a B statisticky významně lišily. Lze tedy říct, že pacienti v obou skupinách nebyli před intervencí rozdílní v míře postižení rychlosti a vytrvalosti (výkonnosti) chůze, ani v míře spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny.

Tab. 4.2.2 Statistické charakteristiky vstupních hodnot sledovaných parametrů v obou skupinách a výsledek Mannova-Whitneyho testu (M-W test) rozdílů mezi skupinami (zdroj: vlastní zpracování)

parametr (vstup)	skupina	medián	průměr	směrodatná odchylka	p (M-W test)
EFAP subtest podlaha [s]	A	9,3	12,5	7,6	0,627
	B	8,3	20,9	32,5	
EFAP subtest koberec [s]	A	9,6	13,5	8,2	0,827
	B	9,0	20,9	31,4	
EFAP subtest up & go [s]	A	18,9	25,5	15,2	0,680
	B	18,0	39,7	54,1	
EFAP subtest překážky [s]	A	24,0	39,4	30,0	0,382
	B	26,5	69,0	113,5	
EFAP subtest schody [s]	A	16,4	17,4	5,2	0,771
	B	18,0	18,2	6,0	
EFAP celkové skóre [s]	A	82,5	108,4	59,5	0,734
	B	79,3	168,7	236,7	
2MWT [m]	A	84,0	96,4	35,7	0,356
	B	78,0	76,5	22,8	
$X_{V1}$ [°]	A	90,0	93,6	5,0	0,429
	B	95,0	95,4	5,9	
$X_{V3}$ [°]	A	75,0	73,9	9,4	0,941
	B	75,0	74,6	9,5	
$X_A$ [°]	A	65,0	66,4	15,5	0,695
	B	70,0	67,7	13,8	

### 4.3 Testování změn sledovaných parametrů po dokončení intervence

K testování, zda ve skupinách A i B došlo po dokončení intervence ke statisticky významné změně v hodnotách sledovaných parametrů, byl použit Wilcoxonův test pro dva závislé výběry. Základní statistické charakteristiky všech sledovaných parametrů před a po intervenci a výsledek testování pro skupinu A jsou uvedeny v tabulce 4.3.1. (hodnoty jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo). Statisticky významné zlepšení bylo ve skupině A zaznamenáno u 8 z 10 sledovaných parametrů, a to na hladině významnosti 0,05, resp. 0,01, resp. 0,001. Zlepšení se

neprokázalo u subtestu EFAP „chůze do schodů“ a v míře spasticity (parametru  $X_{V3}$  – úhlu zarázu při rychlém protažení plantárních flexorů).

Základní statistické charakteristiky všech sledovaných parametrů před a po intervenci a výsledek testování pro skupinu B jsou uvedeny v tabulce 4.3.2. (hodnoty jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo). Statisticky významné zlepšení bylo ve skupině B zaznamenáno u 8 z 10 sledovaných parametrů, a to na hladině významnosti 0,05, resp. 0,01, resp. 0,001. Zlepšení se neprokázalo v maximálním rozsahu pasivního pohybu hlezna do dorzální flexe (parametr  $X_{V1}$ ) a v míře spasticity plantárních flexorů (parametru  $X_{V3}$  – úhlu zarázu při rychlém protažení do dorzální flexe).

Tab. 4.3.1 Statistické charakteristiky sledovaných parametrů a výsledek Wilcoxonova testu rozdílů mezi vstupními (pre) a výstupními (post) hodnotami pro skupinu A (zdroj: vlastní zpracování)

parametr	měření	medián	průměr	směrodatná odchylka	p (Wilcoxon)
EFAP subtest podlaha [s]	pre	9,3	12,5	7,6	0,001
	post	8,6	11,4	7,1	
EFAP subtest koberec [s]	pre	9,6	13,5	8,2	0,001
	post	8,4	12,3	8,0	
EFAP subtest up & go [s]	pre	18,9	25,5	15,2	0,014
	post	17,5	24,5	14,9	
EFAP subtest překážky [s]	pre	24,0	39,4	30,0	0,004
	post	20,9	34,3	24,1	
EFAP subtest schody [s]	pre	16,4	17,4	5,2	0,286
	post	14,9	16,5	5,4	
EFAP celkové skóre [s]	pre	82,5	108,4	59,5	0,002
	post	77,4	99,0	53,3	
2MWT [m]	pre	84,0	96,4	35,7	0,002
	post	88,5	104,8	39,8	
$X_{V1}$ [°]	pre	90,0	93,6	5,0	0,025
	post	100,0	98,2	6,7	
$X_{V3}$ [°]	pre	75,0	73,9	9,4	0,301
	post	77,5	76,1	9,2	
$X_A$ [°]	pre	65,0	66,4	15,5	0,002
	post	75,0	74,6	15,3	

oranžová barva - výsledek testování významný na  $p = 0,05$ ; zelená barva - výsledek testování významný na  $p = 0,01$ ; modrá barva - výsledek testování významný na  $p = 0,001$

Tab. 4.3.2 Statistické charakteristiky sledovaných parametrů a výsledek Wilcoxonova testu rozdílů mezi vstupními (pre) a výstupními (post) hodnotami pro skupinu B (zdroj: vlastní zpracování)

parametr	měření	medián	průměr	směrodatná odchylka	p (Wilcoxon)
EFAP subtest podlaha [s]	pre	8,3	20,9	32,5	0,002
	post	7,9	18,4	26,9	
EFAP subtest koberec [s]	pre	9,0	20,9	31,4	0,041
	post	8,1	18,8	25,9	
EFAP subtest up & go [s]	pre	18,0	39,7	54,1	0,001
	post	17,1	36,3	48,8	
EFAP subtest překážky [s]	pre	26,5	69,0	113,5	0,002
	post	23,8	62,0	104,4	
EFAP subtest schody [s]	pre	18,0	18,2	6,0	0,006
	post	15,5	16,3	5,4	
EFAP celkové skóre [s]	pre	79,3	168,7	236,7	0,002
	post	73,5	151,8	209,7	
2MWT [m]	pre	78,0	76,5	22,8	0,018
	post	90,0	82,0	24,5	
$X_{V1}$ [°]	pre	95,0	95,4	5,9	0,257
	post	95,0	96,5	7,5	
$X_{V3}$ [°]	pre	75,0	74,6	9,5	0,177
	post	80,0	76,9	7,2	
$X_A$ [°]	pre	70,0	67,7	13,8	0,010
	post	70,0	72,7	13,3	

oranžová barva - výsledek testování významný na  $p = 0,05$ ; zelená barva - výsledek testování významný na  $p = 0,01$ ; modrá barva - výsledek testování významný na  $p = 0,001$

#### 4.4 Porovnání změn sledovaných parametrů po dokončení intervence

K porovnání, zda se zaznamenané změny parametrů rychlosti a vytrvalosti (výkonnosti) chůze a míry spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny lišily mezi oběma skupinami, byl použit Mannův-Whitneyho test pro dva nezávislé výběry. Statistické charakteristiky změn sledovaných parametrů a výsledky testování jsou uvedeny v tabulce 4.4.1. (hodnoty jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo).

Mezi změnami, které nastaly u sledovaných parametrů po dokončení intervence, se u obou skupin pacientů A a B na zvolené hladině významnosti 0,05 nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl v žádném z deseti sledovaných parametrů. Výsledky tedy naznačují, že obě intervence by mohly být srovnatelně přínosné.

Tab. 4.4.1 Statistické charakteristiky změn sledovaných parametrů a výsledek Mannova-Whitneyho testu (M-W test) rozdílů mezi skupinami (zdroj: vlastní zpracování)

změna parametru	skupina	medián	průměr	směrodatná odchylka	p (M-W test)
EFAP subtest podlaha [%]	A	7,8	9,6	6,0	0,512
	B	7,3	8,0	5,6	
EFAP subtest koberec [%]	A	10,7	10,5	7,9	0,409
	B	7,1	7,4	9,0	
EFAP subtest up & go [%]	A	3,7	4,9	6,7	0,120
	B	7,8	7,7	5,9	
EFAP subtest překážky [%]	A	12,2	10,4	9,0	1,000
	B	10,9	10,9	7,2	
EFAP subtest schody [%]	A	1,3	5,3	12,5	0,133
	B	13,9	10,4	9,6	
EFAP celkové skóre [%]	A	6,5	8,6	6,6	0,734
	B	9,7	9,3	5,3	
2MWT [%]	A	9,6	8,7	6,0	0,627
	B	5,3	8,0	9,6	
X <sub>V1</sub> [°]	A	0,0	4,6	6,6	0,234
	B	0,0	1,2	3,6	
X <sub>V3</sub> [°]	A	0,0	2,1	7,0	0,592
	B	5,0	2,3	5,6	
X <sub>A</sub> [°]	A	10,0	8,2	5,8	0,161
	B	10,0	5,0	5,8	

## 5 Diskuze

Převaha pacientů po cévní mozkové příhodě se sice v různém časovém horizontu po vzniku onemocnění navrátí k samostatné chůzi, její realizace je ale většinou narušována více či méně závažně vyjádřenou spasticko-paretickou poruchou hybnosti dolní končetiny. Jedním z charakteristických patologických projevů chůze hemiparetických pacientů je foot drop syndrom, tedy nedostatečná nebo zcela chybějící dorzální flexe ekvinovarovzně postavené nohy ve švihové fázi kroku spojená se zvýšeným rizikem zakopávání o špičku a opakovaných pádů, nestabilitou hlezenního i kolenního kloubu ve stojné fázi a odrazem s neadekvátní propulzí. Prenton (2018) uvádí, že foot drop syndrom je přítomen u 20-30 % pacientů po CMP, zkušenost z praxe na Klinice rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze (dále jen KRL) je ale ještě vyšší, s výskytem u více než poloviny pacientů. Důvodem tohoto rozdílu může být, že rehabilitační léčbu na specializovaném pracovišti pro pacienty po poškození mozku vyhledají a do ambulantní nebo stacionární péče jsou přijímáni pacienti s těžšími následky onemocnění.

Standardním postupem, jak foot drop syndrom kompenzovat, a tím zlepšit stabilitu, bezpečnost, rychlost a vytrvalost chůze, je vybavit pacienta některou z prefabrikovaných nebo individuálně zhotovených peroneálních ortéz, které pasivně udržují hlezenní kloub během švihové fáze kroku v neutrální pozici a ve stojné fázi ho pomáhají stabilizovat. Výběr konkrétního typu ortézy v praxi záleží na požadavcích, preferencích a subjektivních cílech pacienta, míře jeho postižení, stavu jeho kognitivních a psychických funkcí apod. Alternativním terapeutickým přístupem k peroneálnímu ortézování (AFO) je metoda peroneální funkční elektrostimulace (FES), při níž je k podpoře adekvátní dorzální flexe nohy využívána aplikace pulzního elektrického proudu do oblasti intaktního peroneálního nervu. Správně načasovaná kontrakce m. tibialis anterior a dalších svalů anterolaterální skupiny bérce pak zabezpečí hladký průběh švihové fáze kroku a alespoň částečně přiblíží celkový obraz chůze fyziologickému provedení. FES oproti AFO facilituje aktivní svalovou kontrakci, zvyšuje aferentní informaci do CNS a působí preventivně proti svalové hypotrofii a omezení pohybu v kloubu. Metoda u nás byla běžně využívána v průběhu 70. a 80. let minulého století a do klinické praxe se znovu vrací v posledních několika

letech v souvislosti s dostupností moderních, technologicky propracovaných a uživatelsky snadno ovladatelných systémů FES.

Od roku 2013 byl na KRL jako na jednom z prvních pracovišť v ČR k dispozici funkční elektrostimulátor WalkAide®. Postupně se získávaly zkušenosti s jeho použitím a trénink reedukace chůze s FES byl zařazen jako součást intenzivního rehabilitačního programu denního stacionáře i do běžných ambulantních terapií chronických pacientů po CMP. Kromě dobře prokázaného bezprostředního ortotického působení FES se totiž při dlouhodobém a pravidelném používání v literatuře uvažovalo i o přetrvávajícím efektu „terapeutickém“, který měl díky indukované neuroplasticitě a podpoře procesu motorického učení spočívat v alespoň částečné obnově ztracené pohybové funkce při chůzi i v období po přerušení používání stimulátoru. Tento efekt byl posléze u chronických pacientů po CMP prokázán v několika randomizovaných kontrolovaných studiích, a to na rychlost chůze, její vytrvalost, stabilitu a bezpečnost, funkční mobilitu a kvalitu života (Everaert, 2013; Kluding, 2013; Sheffler, 2013 & 2015b; Bethoux, 2014 & 2015). Poněkud překvapivě ale ani jedna z těchto studií neprokázala významně vyšší terapeutický efekt FES oproti používání AFO. Jeden z možných důvodů, proč tento rozdíl nebyl prokázán, uvádí Street (2017). Ve studiích, které hodnotí terapeutický efekt, totiž může docházet k zaměňování skutečného terapeutického efektu (souvisejícího s motorickým učením a obnovou řízené hybnosti) s bezprostředním krátkodobým zlepšením pohybové funkce po použití FES nebo AFO – tzv. carry-over efektem, který může přetrvávat až několik hodin. Carry-over efekt použité kompenzační pomůcky, který je chybně interpretován jako terapeutický efekt, pak vlastně maskuje jen její efekt ortotický.

Postupně byly publikovány i některé práce, které přínos FES na chůzi nepotvrzovaly. Jejich omezením nicméně může být nízký počet účastníků. Studie Wilkinsona et al. (2014) a Ghédiry et al. (2016), které porovnávaly terapeutický efekt FES vůči standardní fyzioterapii, nepozorovaly mezi skupinami významný rozdíl v rychlosti a vytrvalosti chůze nebo snížení její energetické náročnosti. Stejně tak studie Salisbury et al. (2013) neuvádí rozdíl v efektu na rychlost chůze a funkční mobilitu mezi fyzioterapií kombinovanou s FES a fyzioterapií kombinovanou s AFO. Ghédira et al. (2016) nicméně při použití FES oproti standardní fyzioterapii



prokazuje významné zvýšení aktivního i pasivního rozsahu pohybu hlezna a snížení spasticity plantárních flexorů.

V designu všech výše uvedených klinických studií byla FES aplikována způsobem, kdy byl každý pacient vybaven vlastním stimulátorem a po instruktáži ho používal neomezeně v průběhu celého dne v rámci své běžné chůze v domácím prostředí a komunitě. Dostupnost tohoto způsobu využití FES je u nás ale pro velkou řadu pacientů z finančních důvodů omezená. Náklady na pořízení vlastního stimulátoru s příslušenstvím a spotřebním materiálem se pohybují kolem 130 tis. Kč a nejsou hrazeny zdravotními pojišťovnami. V provozních nákladech je ale třeba počítat i s pravidelnou výměnou gelových elektrod, která je nutná cca každé 3 týdny, přičemž cena jednoho páru náhradních elektrod je přibližně 400 Kč. Pro pacienty existuje i možnost pronájmu stimulátoru přímo od distributora za 5500 Kč na jeden měsíc. Specializovaná zdravotnická zařízení nedisponují větším množstvím stimulátorů, aby je mohla pacientům, které mají ve své rehabilitační péči, pro domácí použití alespoň na omezenou dobu zapůjčovat.

V podmínkách současné klinické rehabilitační praxe je tedy FES častěji realizována zcela odlišným způsobem aplikace, a to v přesně časově ohraničených ambulantních terapiích, kdy jeden stimulátor během dne využívá více pacientů. Terapeutický efekt tohoto ambulantního způsobu použití FES na chůzi není v klinických studiích zcela uspokojivě prokázán. Tanović et al. (2009) a Sabut et al. (2011) sice u pacientů aplikovali FES pravidelně v přesně vymezených terapeutických jednotkách, ale nesledovali její efekt na rychlost ani vytrvalost chůze. Prokazují nicméně významné snížení spasticity plantárních flexorů nohy, zvýšení svalové síly dorzálních flexorů nohy (tím i zvětšení aktivního rozsahu pohybu v hlezenním kloubu) a zvýšenou aktivaci senzomotorického kortexu snímanou prostřednictvím EEG. Podobně dokumentuje změny v aktivaci senzomotorického kortexu a změny v aktivaci m. tibialis anterior snímané pomocí povrchové EMG u skupiny pacientů s pravidelnými ambulantními terapiemi s FES i Shendkar et al. (2015). V pracích Sabuta et al. (2010) a Shendkara et al. (2015) nebyl pozorován rozdíl v efektu na chůzi mezi FES a standardní fyzioterapií. Morone et al. (2012) naopak popisuje významné zvýšení rychlosti chůze a funkční mobility u pacientů s pravidelnou fyzioterapií kombinovanou s FES oproti fyzioterapii kombinované s AFO. V převaze studií (Tanović, 2009; Sabut, 2010 & 2011; Morone, 2012; Salisbury, 2013; Shendkar,

2015; Sharif, 2017) jsou zařazeni pacienti buď výhradně subakutní (do šesti měsíců od příhody), nebo se jedná o kombinaci subakutních a chronických pacientů. Omezení těchto studií spočívá ve faktu, že prvních šest měsíců od vzniku příhody je považováno za období, ve kterém dochází k rozsáhlé a poměrně variabilní spontánní restituci funkcí. Street (2017) proto uvádí, že změny pozorované v tomto období mohou být vyvolány běžnými neuroplastickými procesy a nikoliv rehabilitační intervencí. Dalším omezením některých z těchto prací může být, že výběr pacientů do studie nebyl randomizován (Tanović, 2009; Sabut, 2010 & 2011; Shendkar, 2015).

Cíl disertační práce byl stanoven na základě rozboru postupů a výsledků výše uvedených klinických studií<sup>2</sup> a jejich vztažením ke zkušenostem s využitím funkční elektrické stimulace v každodenní klinické praxi na KRL. Stanovená výzkumná otázka měla zodpovědět, zda lze u ambulantního přístupu aplikace FES (jehož efekt na chůzi chronických pacientů po CMP nebyl v klinických studiích zcela uspokojivě prokázán, ale v kontrastu s tím byl tento způsob běžně využíván v praxi) očekávat terapeutický efekt srovnatelný s aplikací FES v průběhu celého dne při chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity pacienta (tedy s přístupem, který v literatuře prokázán byl, ale v praxi byl z výše pojmenovaných finančních důvodů využíván v mnohem menší míře). Charakter práce byl zvolen tak, aby zcela kopíroval reálnou situaci použití dvou různých způsobů aplikace FES v praxi, a jednalo se tedy o kombinaci řízeného a pragmatického experimentu. Pacienti s ambulantním přístupem aplikace FES tvořili experimentální skupinu (skupina A), pacienti s aplikací FES v průběhu celého dne v domácím prostředí byli pro účely této studie považováni za skupinu kontrolní (skupina B). Takto kombinovaný charakter práce byl záměrně zvolen s plným vědomím, že podmínky a celkový objem stimulace (vč. dalších působících vlivů) jsou v obou skupinách zcela odlišné. Základní oporou pro předpoklad, že by oba způsoby aplikace mohly mít srovnatelný efekt, byla analýza literatury zabývající se plasticitou nervového systému, restitucí motorických funkcí a rehabilitační intervencí. Meimoun (2015) a Gál (2015) uvádí, že nezbytnou podmínkou indukce neuroplastických změn a obnovy řízené hybnosti je vysoká intenzita terapie. Té může být docíleno dvěma způsoby – buď délkou trvání, nebo náročností terapie. Výrazně kratší objem stimulace v ambulantní terapeutické jednotce může být vyvážen maximálně možnou rychlostí chůze při zachování podmínek bezpečnosti a stability.

---

<sup>2</sup> publikovaných do roku 2014

V domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity stimulace sice probíhá v průběhu celého dne, pacienti ale pro pohyb volí jen běžnou, subjektivně pohodlnou rychlost chůze.

Intervence pacientů ve skupině B nebyla nijak blíže ovlivňována (jedinou podmínkou bylo použití elektrostimulátoru alespoň jedenkrát denně při chůzi v exteriéru, zbytek při funkční mobilitě v domácnosti) a pro alespoň základní představu o použití přístroje (a tedy pravidelnosti a objemu intervence) byli pacienti vybaveni záznamovým deníkem a krokoměrem. To se i přesto, že nikdo z pacientů neměl diagnostikovanou těžkou míru kognitivní poruchy, ukázalo v průběhu studie jako zcela nepřínosné. Úplná data počtu kroků se podařilo získat jen u čtyř z třinácti pacientů a tato data nebyla dále analyzována. Nejčastěji uváděnými důvody nevyplnění dat bylo, že pacient krokoměr zapomněl použít nebo se mu nepovedlo nahraný počet kroků zobrazit. Pro ověření, zda je dlouhodobější terapeutický efekt FES úměrný době použití přístroje, tak jak naznačuje Street et al. (2017), případně stanovení minimální doby použití, která má ještě významný vliv, by bylo v dalších studiích nutné zajistit monitoring pohybové aktivity pacientů jiným způsobem (např. dálkově s využitím telemedicínských technologií).

Pro potvrzení, zda je pozorovaná změna rychlosti a vytrvalosti chůze a míry spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny skutečně ovlivněna použitím FES (a nikoliv jen vlastní chůzí), by bylo nezbytné do studie zařadit i faktickou kontrolní skupinu pacientů, kteří by ve stanoveném období absolvovali srovnatelný objem chůze, ale bez použití jakékoliv kompenzační pomůcky (FES nebo AFO). Takový přístup by ale mohl být u relativně závažně pohybově postižených pacientů po CMP, kteří byli přijati do ambulantní péče na KRL se spastickou parézou dolní končetiny a foot drop syndromem, považován za eticky sporný.

Stanovená čtyřtýdenní doba intervence se shoduje s jedinou studií (Morone, 2012), ve všech ostatních studiích je významně vyšší (max. 48 týdnů; medián 12 týdnů) a může být považována za jedno z omezení práce. Dunning et al. (2015) na základě systematického přehledu literatury doporučují k hodnocení skutečného rozdílu mezi efektem FES a kontrolní skupinou dobu minimálně 12 týdnů, nejlépe až 30 týdnů. Zvolená délka intervence ale brala v úvahu možnosti pracoviště, personální zajištění studie, zvolené postupy, požadovaný výsledný počet zařazených probandů a fakt, že v začátku studie byl k dispozici jeden elektrostimulátor, který byl střídavě

používán buď pro čtyřtýdenní domácí, nebo ambulantní intervence; přibližně od poloviny studie pak i druhý elektrostimulátor, který umožnil současný průběh obou intervencí. Indikační kritéria pro vstup do studie byla stanovena poměrně široce a mohou být také považována za omezení výsledků práce, respektovala ale dostupnost dospělých chronických pacientů po CMP, kteří byli přijímáni k rehabilitační léčbě na KRL (tak aby bylo možné realizovat stanovený záměr výsledného zařazení alespoň 30 probandů). Podobná indikační kritéria (co se týká věku, pohlaví, typu CMP, doby od CMP, laterality symptomatiky, kognice apod.) byla využita ve většině analyzovaných klinických studií (Sabut, 2011; Everaert, 2013; Kluding, 2013; Sheffler, 2013 & 2015b; Bethoux, 2014 & 2015). Jedním ze základních indikačních kritérií byla doba 6-36 měsíců po CMP. Spodní hranice vychází z definice subakutního a chronického pacienta, určení horní hranice se opírá o údaje z literatury, která označuje 3 roky po příhodě jako období, v němž mohou pacienti díky neuroplasticitě mozkové tkáně ještě smysluplně profitovat z rehabilitační intervence (Stinear, 2007; Hara, 2015).

Hodnocené výstupy pilotní studie byly vybrány na základě analýzy literatury. Rychlost a vytrvalost chůze jsou nejčastějšími parametry, které jsou v klinických studiích efektu FES u pacientů po CMP sledovány, významně totiž korelují se závažností zdravotního postižení. Rychlost chůze bývá označována i za jeden z hlavních prediktorů základní mobility chronických pacientů po CMP s významným vlivem na míru jejich nezávislosti, kvality života a participace v komunitě (Stein, 2015). Podobně jako v klíčových studiích Shefflera et al. (2013) a Bethoux et al. (2014) byl k jejímu hodnocení zvolen Emory Functional Ambulation Profile. Jeho výhodou oproti běžným klinickým testům rychlosti chůze (např. 10MWT) je možnost komplexně posoudit chůzi pacienta v různých podmínkách prostředí. Uvádí se, že může lépe odrážet drobné pokroky v chůzi (Liaw, 2006). Naopak jeho nevýhodou je, že nemá stanovena normativní data pro pacienty po CMP, ani hodnoty minimálního klinicky významného rozdílu MCID. Vytrvalost chůze je v klinických studiích efektu FES častěji sledována pomocí Šestiminutový test chůze (6-Minute Walk Test, 6MWT), pro účely disertační práce byla podobně jako ve studii Ghédiry et al. (2016) vybrána jeho kratší dvouminutová varianta (2-Minute Walk Test, 2MWT). Jedním z důvodů výběru také bylo, že v podmínkách administrace testu 6MWT je 30 metrů dlouhá rovná chodba, která nebyla na KRL k dispozici. Kratší varianta testu byla zvolena i s ohledem na časovou náročnost provedení, aby celková doba vyšetření

nepřesáhla 60 minut. Kosak (2005) navíc uvádí, že mezi testem 6MWT a 2MWT je vysoká míra korelace. Nevýhodou 2MWT, podobně jako u testu EFAP, nicméně může být, že nemá stanovena normativní data pro pacienty po CMP, ani hodnoty minimálního klinicky významného rozdílu (MCID). V řadě studií byl sledován i efekt FES na spasticitu, která byla ale většinou hodnocena pomocí modifikované Ashworthovy škály (Sabut, 2010 & 2011; Morone, 2012; Sharif, 2017). Její nevýhody jsou chronicky známé – neumožňuje odlišit neurální a viskoelastickou složku zvýšené svalové aktivity. Proto bylo v disertační práci využito hodnocení vycházející z modifikované Tardieuho škály a vyšetření spastické parézy dle Graciese (2010), které tyto nevýhody eliminuje, a na KRL je v současnosti preferovanou vyšetřovací metodou.

Ve výsledcích této pilotní studie došlo po dokončení čtyřtýdenní intervence ke zvýšení rychlosti chůze v testu EFAP průměrně o 8,6 % (medián změny 6,5 %) u skupiny A a o 9,3 % (medián změny 9,7 %) u skupiny B. Průměrný rozdíl vstupních a výstupních hodnot celkového skóre testu byl u skupiny A 9,4 s, medián tohoto rozdílu 5,1 s. U skupiny B byl průměrný rozdíl vstupních a výstupních hodnot celkového skóre testu 16,9 s, medián tohoto rozdílu 5,8 s. To může omezovat interpretaci významu pozorované změny u obou skupin, protože mediány rozdílu nedosahují ani hodnoty MDC (tedy minimální změny skóre, která odpovídá změně schopnosti pacienta, a není jen výsledkem chyby měření), která je 7,16 s (Liaw, 2006). Získané hodnoty jsou nižší než změny pozorované ve studii Shefflera et al. (2013), který zaznamenal rozdíl mezi vstupními a výstupními hodnotami skóre testu EFAP 10,2 s. Bethoux et al. (2014) zaznamenali změnu skóre dokonce 96 s, hodnotili ale kombinovaný (terapeutický i ortotický) efekt pomůcky. Důvodem, proč v této pilotní studii byly zaznamenány hodnoty výrazně nižší, může být délka intervence, která byla ve výše jmenovaných studiích 12, resp. 24 týdnů. Čtyřtýdenní intervence tak nemusí být pro pozorování rozdílů efektu FES na rychlost chůze dostačující.

Pokud bychom test EFAP hodnotili i z hlediska jeho subtestů, pak k výraznému zlepšení došlo u obou skupin při chůzi s překračováním a obcházením překážek, naopak nejméně výrazně se pacienti zlepšili při testu zvednutí ze židle, ujití třímetrového úseku a opětovném posazení (up & go test). Důvodem může být vyšší vliv FES na stabilitu chůze a schopnost lépe reagovat na požadavky prostředí, který je popisován i v literatuře (Van Swighchem, 2012; Nolan, 2015), než na schopnost

základní mobility pacienta při vstávání ze židle. Překvapivý může být i markantní rozdíl mezi skupinami ve změně skóre subtestu chůze do schodů, kde skupina B zaznamenala výrazné zlepšení a skupina A se nezlepšila prakticky vůbec (to bylo statisticky prokázáno i pomocí Wilcoxonova testu). Důvodem může být způsob tréninku chůze s FES v ambulantní intervenci, která probíhala jen na rovném tvrdém terénu, na rozdíl od chůze v domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity, kde se pacient běžně setkává s řadou schodů, obrubníků příp. jiných elevací terénu.

Ve výsledcích testu 2MWT došlo po dokončení čtyřtýdenní intervence ke zlepšení vytrvalosti (výkonnosti) chůze průměrně o 8,7 % (medián změny 9,6 %) u skupiny A a o 8,0 % (medián změny 5,3 %) u skupiny B. Průměrný rozdíl vstupních a výstupních hodnot celkového skóre testu byl u skupiny A 8,4 m, medián tohoto rozdílu 4,5 s. U skupiny B byl průměrný rozdíl vstupních a výstupních hodnot celkového skóre testu 5,5 m, medián tohoto rozdílu 12 m. To může podobně jako u testu EFAP omezovat interpretaci významu pozorované změny u obou skupin, protože mediány rozdílu nedosahují ani hodnoty MDC, která je 13,4 m (Hiengkaew, 2012). Ghédira (2016) podobně uvádí, že po deseti-týdenní intervenci nebyly zaznamenány změny v testu 2MWT, konkrétní data ale nezveřejňuje. Studie, které zaznamenaly významný rozdíl ve vytrvalosti chůze (Kluding, 2013; Bethoux, 2014 & 2015), probíhaly 30, resp. 24 a 48 týdnů. Čtyřtýdenní délka intervence tak může být (podobně jako u testu EFAP) nedostačující pro pozorování rozdílů efektu FES na vytrvalost chůze.

Při vyšetření spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny jsou průměrné hodnoty změn úhlů rozsahu pohybu hlezenního kloubu do dorzální flexe ( $X_{V1}$  i  $X_{V3}$ ) menší než  $5^\circ$  (mediány změn u obou skupin jsou buď nulové nebo  $5^\circ$ ). Tyto hodnoty jsou nižší než konvenčně přijímaná subjektivní chyba měření při goniometrickém vyšetření a míru změny tak nelze považovat za významnou. To se potvrzuje i při statistickém testování pomocí Wilcoxonova testu, kdy u skupiny A nebyly po dokončení intervence zaznamenány statisticky významné změny v parametru  $X_{V3}$  a u skupiny B v parametrech  $X_{V1}$  i  $X_{V3}$ . V této práci tedy nebyl pozorován významný efekt FES na míru zvýšené svalové aktivity (její neurální a viskoelastické složky) a shoduje se tak se studií Ghédiry (2016). U obou skupin byla pozorována změna aktivního rozsahu pohybu hlezenního kloubu do dorzální flexe ( $X_A$ ), a to průměrně o  $8,2^\circ$  u skupiny A a  $5^\circ$  u skupiny B (mediány změn jsou  $10^\circ$

u obou skupin). Tyto hodnoty naznačují, že by FES mohla mít přínos na zvýšení svalové síly dorzálních flexorů nohy, tak jak shodně uvádí studie Sabuta et al. (2011).

V testech EFAP a 2MWT bylo u jednotlivých pacientů v obou skupinách zaznamenáno poměrně velké rozptýlení hodnot zaznamenaných změn po čtyřtýdenní intervenci (názorně v grafech 4.1.1 a 4.1.2). Tento rozptyl může být dán širokými indikačními kritérii pilotní studie (věk pacientů byl 33-70 let, pacienti byli v rozmezí 8-36 měsíců po CMP, různá tíže a kombinace postižení apod.) a lze ho považovat za jedno z hlavních omezení práce. Měření probíhalo vždy za shodných podmínek prostředí a stejným vyšetřujícím, přesto mohou být výsledky ovlivněny dalšími zdravotními komplikacemi mimořádně variabilního klinického obrazu CMP (např. kognitivními a psychickými poruchami, senzitivními poruchami, bolestmi pohybového aparátu v subjektivním status praesens apod.) nebo různě rychle nastupující únavou pacientů s těžkým zdravotním postižením. I v některých studiích je snaha o odhalení tzv. „non-responders“ (tedy pacientů, kteří i při dodržení podobných podmínek aplikace z FES neprofitují) a o stanovení určitých prediktorů efektu FES. Těmi může být závažnost foot drop syndromu vyjádřená mírou aktivní dorzální flexe v hlezenním kloubu (Sota, 2018) nebo pacientova schopnost předvídat a zpětnovazebně vnímat provedení pohybu vyvolaného stimulací (Gandolla, 2016). Street (2017) uvádí, že nejlepší efekt na rychlost chůze byl pozorován u pacientů, kteří měli menší míru pohybového postižení. V této studii se na případech jednotlivých pacientů nepodařilo pozorovat vztah mezi tíží postižení a celkovou mírou zlepšení, kdy byli zahrnuti pacienti relativně těžce postižení (např. pacient ID 5), kteří se v testech EFAP a 2MWT výrazně zlepšili, a naopak pacienti s relativně lehkou mírou postižení (např. pacient ID 13), kteří se zlepšili minimálně. Podobně se z důvodu malého souboru pacientů nepodařilo pozorovat vztah mezi mírou zlepšení a přítomností senzitivních nebo kognitivních poruch. Lze nicméně sledovat určitou souvislost mezi změnou skóre v testech EFAP a 2MWT a přítomností depresivní poruchy. Ta byla diagnostikována u všech pacientů, kteří se v celkovém skóre testů zhoršili (pacienti ID 6, 17, 18, 26). V subjektivním status praesens při vstupních a výstupních vyšetřeních pacienti žádné limitující obtíže neuváděli, až na pacienta ID 18, který při výstupním vyšetření uváděl silné bolesti hlavy, a u kterého bylo pozorováno zhoršení ve skóre obou testů. Výstupní vyšetření tohoto pacienta nebylo možné opakovat jiný den z důvodu dojezdové vzdálenosti bydliště, nicméně lze spekulovat, že mohlo být touto subjektivní nepohodou pacienta významně ovlivněno.

U pacientů ve skupině A, kteří neuváděli žádné obtíže v subjektivním status praesens, byla zaznamenána častá stížnost na náročnost dojezdu a absolvování každodenní ambulantní terapie na KRL po celé čtyřtýdenní období intervence. I tyto praktické okolnosti je třeba brát v úvahu při hodnocení celkového přínosu ambulantního způsobu aplikace FES.

Ve statistickém testování se mezi změnami u obou skupin nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl v žádném ze sledovaných parametrů – v testech EFAP a 2MWT pro rychlost a vytrvalost chůze a ve vyšetření spastické parézy dle Graciese. Výsledky tedy naznačují, že obě intervence (ambulantní, přesně řízená terapeutická jednotka FES v rámci tréninku chůze a FES při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí v rámci komunity pacienta) by mohly být pro dospělé pacienty v chronické fázi CMP s foot drop syndromem srovnatelně přínosné.



## 6 Závěr

Obnovení maximální možné úrovně kvality chůze je jedním z nejčastějších rehabilitačních cílů, který si v klinické praxi u relativně těžce pohybově postižených pacientů po cévní mozkové příhodě stanovujeme. Samostatná, stabilní, bezpečná, adekvátně rychlá a vytrvalá chůze má zásadní vliv na kvalitu života pacientů, jejich fyzickou kondici, funkční mobilitu, soběstačnost a nezávislost v domácím prostředí při provádění všedních denních činností, i na jejich participaci v rámci komunity. Podstatnou součástí rehabilitace chůze je u pacientů s rozvinutým obrazem spastické hemiparézy dolní končetiny kompenzace foot drop syndromu, a to standardně pomocí peroneálního ortézování, alternativně pomocí metody peroneální funkční elektrostimulace. Dostupnost vlastního stimulátoru pro celodenní použití je ale pro řadu pacientů omezená, v současné praxi probíhá funkční elektrostimulace často i ambulantně, kdy jeden přístroj používá během dne v rámci přesně časově ohraničených terapeutických jednotek více pacientů. Ověření, zda kratší, ale intenzivnější ambulantní přístup může mít srovnatelný efekt na chůzi a míru spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny jako funkční elektrostimulace v průběhu celého dne při běžné chůzi v domácím prostředí a jeho okolí, bylo hlavním cílem této disertační práce vycházející ze zkušeností a požadavků klinické praxe.

Výsledky práce ukázaly, že mezi oběma skupinami není ve kterémkoliv ze sledovaných parametrů statisticky významný rozdíl. Byly přijaty všechny tři stanovené hypotézy, a to za prvé, že po dokončení intervence nebude mezi oběma přístupy nalezen rozdíl ve zvýšení rychlosti chůze, za druhé, že po dokončení intervence nebude mezi oběma přístupy nalezen rozdíl ve zvýšení vytrvalosti chůze, a za třetí, že po dokončení intervence nebude mezi oběma přístupy nalezen rozdíl v míře úpravy spasticko-paretické poruchy hybnosti akra dolní končetiny. Na položenou výzkumnou otázku lze odpovědět v tom smyslu, že u obou intervencí byl zaznamenán obdobný terapeutický efekt a výsledky tedy naznačují, že oba přístupy jsou pravděpodobně srovnatelně přínosné a v klinické praxi zaměnitelné.

Výsledky práce jsou vymezeny pro dospělé pacienty v chronické fázi první CMP s následkem spastické hemiparézy dolní končetiny a foot drop syndromem, kteří jsou

schopni samostatné chůze a v jejichž klinickém obrazu nejsou přítomny závažné kognitivní, senzorické nebo těžké senzitivní poruchy. Zásadním omezením práce je nízký počet probandů, který nedovoluje jednoznačné prokázání výsledků a ty lze interpretovat jen s určitou mírou pravděpodobnosti, a široká indikační kritéria a z nich vyplývající heterogenita pacientů ve skupinách (i přesto, že statisticky nebyla prokázána odlišnost pacientů v obou skupinách z hlediska základních demografických parametrů a vstupních hodnot všech sledovaných parametrů). Mimořádná variabilita klinického obrazu pacientů po CMP vyplývá z podstaty této diagnózy, kritéria by tedy bylo možné zúžit (se současným zajištěním dostatečného množství probandů) jen v případě rozsáhlejší multicentrické studie.

Na základě výsledků práce lze říci, že dospělí pacienti v chronickém stádiu po CMP s foot drop syndromem mohou i v případě, že nejsou kompenzačně vybaveni vlastním elektrostimulátorem pro celodenní použití, profitovat z pravidelných ambulantních terapií chůze s peroneální FES ve zdravotnických zařízeních. Jednoznačné prokázání tohoto trendu na větším souboru pacientů a přesnější stanovení parametrů terapií (např. minimální frekvence nebo doby použití, která má ještě významný vliv) je námětem pro další studie.

## 7 Seznam použité literatury

BETHOUX, F., ROGERS, H. L., NOLAN, K. J. et al., 2014. The effects of peroneal nerve functional electrical stimulation versus ankle-foot orthosis in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 28, 688-697

BETHOUX, F., ROGERS, H. L., NOLAN, K. J. et al., 2015. Long-term follow-up to a randomised controlled trial comparing peroneal nerve functional electrical stimulation to an ankle foot orthosis for patients with chronic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 29, 911-922

BURRIDGE, J. H., SWAIN, I. D. and P. N. TAYLOR, 1998. Functional electrical stimulation: a review of the literature published on common peroneal nerve stimulation for the correction of dropped foot. *Reviews in Clinical Gerontology*. 8, 155-161

CAMERON, M., 2010. The WalkAide Functional Electrical Stimulation System – a Novel Therapeutic Approach For Foot Drop in Central Nervous System Disorders. *European Neurological Review*. 5(2), 18-20

DUNNING, K., O´DELL, M. W., KLUDING, P. and K. McBRIDE, 2015. Peroneal stimulation for foot drop after stroke. A systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 94(8), 649-664

EVERAERT, D. G., STEIN, R. B., ABRAMS, G. M. et al., 2013. Effect of a foot-drop stimulator and ankle-foot orthosis on walking performance after stroke: a multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 27(7), 579-591

GÁL, O., HOSKOVCOVÁ, M a R. JECH, 2015. Neuroplasticita, restituce motorických funkcí a možnosti rehabilitace spastické parézy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 22 (3), 101-127

GANDOLLA, M., WARD, N. S., MOLTENI, F. et al., 2016. The neural correlates of long-term carryover following functional electrical stimulation for stroke. *Neural Plasticity*. Article No.: 4192718, 13 p., DOI:10.1155/2016/4192718

GHÉDIRA, M., ALBERTSEN, I. M., MARDALE, V. et al., 2016. Wireless, accelerometry-triggered functional electrical stimulation of the peroneal nerve in spastic paresis: a randomised, controlled pilot study. *Assistive Technology*. 29(2), 99-105

GRACIES, J. M., BAYLE, N., VINTI, M. et al., 2010. Five-step clinical assessment in spastic paresis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 46(3), 411-421

HARA, Y., 2015. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients. *Journal of Nippon Medical School*. 82(1), 4-13

HIENGKAEW, V., JITAREE, K. and P. CHAIYAWAT, 2012. Minimal detectable changes of the Berg Balance Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale, Timed "Up & Go" Test, Gait Speeds and 2-Minute Walk Test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 93(7), 1201-1208

CHEN, B., ZI, B., ZENG., Y. et al., 2018. Ankle-foot orthoses for rehabilitation and reducing metabolic cost of walking: Possibilities and challenges. *Mechatronics*. 53, 241-250

KLUDING, P. M., DUNNING, K., O' DELL, M. W. et al., 2013. Foot drop stimulation versus ankle foot orthosis after stroke: 30-week outcomes. *Stroke*, 44, 1660-1669

KOSAK, M. and T. SMITH, 2005. Comparison of the 2-, 6-, and 12-minute walk tests inpatients with stroke. *The Journal of Rehabilitation Research and Development* [online]. 41(1), 103-108 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <http://bit.ly/2Wyfdor>

LIAW, L. J., HSIEH, CH. L., LO, S. K. et al., 2006. Psychometric properties of the modified Emory Functional Ambulation Profile in stroke patients. *Clinical Rehabilitation*. 20, 429-437

LIBERSON, W. T., HOLMQUEST, H. J., SCOT, D. and M. DOW, 1961. Functional electrotherapy: Stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 42, 101-105

MEIMOUN, M., BAYLE, N., BAUDE, M. and J. M. GRACIES., 2015. Intensity in the neurorehabilitation of spastic paresis. *Revista de Neurología*. 171(2), 130-140

MORONE, G., FUSCO, A., CAPUA, P. et al., 2012. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: a randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke research and treatment*. *Stroke Research and Treatment*. Article No.: 523564, 5 p., DOI:10.1155/2012/523564

NOLAN, K. J., YAROSSE, M. and P. McLAUGHIN, 2015. Changes in center of pressure displacement with the use of a foot drop stimulator in individuals with stroke. *Clinical Biomechanics*. 30(7), 755-761

PERRY, J. and J. BURNFIELD, 2010. *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare: SLACK Incorporated. ISBN 978-1-55642-766-4

PRENTON, S., HOLLANDS, K. L., KENNEY, L. P. J. and P. ONMANEE, 2018. Functional electrical stimulation and ankle foot orthoses provide equivalent therapeutic effects on foot drop. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 50, 129-139

- SABUT, S. K., SIKHDAR, CH., MONDAL, R. et al., 2010. Restoration of gait and motor recovery by functional electrical stimulation therapy in persons with stroke. *Disability and Rehabilitation*. 32(19), 1594-1603
- SABUT, S. K., SIKHDAR, CH., KUMAR, R., and M. MAHADEVAPPA, 2011. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: Effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation*. 29, 393-400
- SALISBURY, L., SHIELS, J., TODD, I. and M. DENNIS, 2013. A feasibility study to investigate the clinical application of functional electrical stimulation (FES), for dropped foot, during the sub-acute phase of stroke – a randomized controlled trial. *Physiotherapy Theory and Practice*. 29(1), 31-40
- SEDOVA, P., BROWN, R. D., ZVOLSKY, M. et al., 2017. Incidence of Hospitalized Stroke in the Czech Republic: The National Registry of Hospitalized Patients. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 26(5), 979-986
- SHARIF, F., GHULAM, S., MALIK, A., N. and Q. SAEED, 2017. Effectiveness of functional electrical stimulation (FES) versus conventional electrical stimulation in gait rehabilitation of patients with stroke. *Journal of the College of Physicians and Surgeons*. 27(11), 703-706
- SHEFFLER, L. R., TAYLOR, P. N., GUNZLER, D. D. et al., 2013. Randomized controlled trial of surface peroneal nerve stimulation for motor relearning in lower limb hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 94, 1007-1014
- SHEFFLER, L. R. and J. CHAE, 2015a. Hemiparetic gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 26, 611-623
- SHEFFLER, L. R., TAYLOR, P. N., BAILEY, S. N. et al., 2015b. Surface peroneal nerve stimulation in lower limb hemiparesis. Effect on quantitative gait parameters. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 94(5), 341-353
- SHENDKAR, C. V., LENKA, P. K., BISWAS, A. et al., 2015. Therapeutic effect of functional electrical stimulation on gait, motor recovery and motor cortex in stroke survivors. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 33, 10-20
- SOTA, K., UCHIYAMA, Y., OCHI, M. et al., 2018. Examination of factors related to the effect of improving gait speed with functional electrical stimulation intervention for stroke patients. *PM&R: The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*. 10(8), 798-805
- STEIN, J., HARVEY, R. L., WINSTEIN, C. J. et al., 2015. *Stroke Recovery and Rehabilitation*. 2nd edition. New York: Demos Medical. ISBN: 978-1-62070-006-8

- STINEAR, C. M., BARBER, P. A., SMALE, P. R. et al., 2007. Functional potential in chronic stroke patients depends on corticospinal tract integrity. *Brain*. 130, 170-180
- STREET, T., SWAIN, I. and P. TAYLOR, 2017. Training and orthotic effects related to functional electrical stimulation of the peroneal nerve in stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 49, 113-119
- TANOVIĆ, E., 2009. Effects of functional electrical stimulation in rehabilitation with hemiparesis patients. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*. 9(1), 49-53
- TRÁVA, J., 2018. *Re: Žádost o analýzu dat* [elektronická pošta]. Příjemce: jakub.jenicek@lf1.cuni.cz. 21. prosince 2018 19:15 [cit. 2019-02-18]
- VAN SWIGHCHEM, R., DUIJNHOFEN, H. J. R., BOER, J. et al., 2012. Effect of peroneal electrical stimulation versus an ankle-foot orthosis on obstacle avoidance ability in people with stroke-related foot drop. *Physical Therapy*, 92(3), 398-406
- WILKINSON, I. A., BURRIDGE, J., STRIKE, P. and P. TAYLOR, 2015. A randomised controlled trial of integrated electrical stimulation and physiotherapy to improve mobility for people less than 6 months post stroke. *Disability and Rehabilitation Assistive Technology*. 10(6), 468-474
- WINSTEIN, C., STEIN, J. et al., 2016. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. *Stroke*. 47(6), 98-169