

V Praze dne 27.7.2021

FTVS UK v Praze
Katedra biomechaniky a anatomie
oddělení vědy a výzkumu
Martihů 31
162 52 Praha 6

Oponentský posudek
na disertační práci

NEURO BIOMECHANICAL PRINCIPLES IN ROBOT-ASSISTED GAIT TRAINING FOR PEDIATRIC PATIENTS

Autor práce: Mgr. Dragana Žarkovič
Vedoucí – mentor: doc. Ing. Monika Šorfová, Ph.D.
Spolumentor: Katja Groleger Sršen, M.D., MSc.

Obor studia: Biomechanika

Katedra anatomie a biomechaniky
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Univerzita Karlova v Praze

&

University Rehabilitation Institute of Republic Slovenia – Soča

Oponentovi byla předložena k posouzení a hodnocení originální výzkumná disertační práce v anglickém jazyce o celkovém rozsahu 156 stran, která zahrnuje 124 relevantních citací k řešenému výzkumnému problému (pouze tři práce byly publikované v českém písemnictví), 18 tabulek a 29 obrázků.

V příloze k výzkumné práci je připojen informovaný souhlas rodičů (nebo opatrovníků) dětí s intrakraniální postižením (CP) s výzkumným šetřením, souhlas etické komise Fakulty tělesné výchovy a sportu UK v Praze (ze dne 31.7.2015) a komise lékařské etiky University Rehabilitation Institute of Republic Slovenia v Soči (ze dne 5.10.2015).

Aktuálnost výzkumného téma

Téma výzkumného projektu je vysoce aktuální. Cerebral palsy - mozková obrna (CP) je nejčastější poruchou pohybu u dětí následkem poškození mozku (zvláště hypoxie) v raném stadiu vývoje. Vyskytuje se asi u 2 na 1 000 živě narozených. Zdravotní postižení pohybového aparátu je různě závažné, hodnotí se na základě Klasifikačního systému hrubé motorické funkce (Gross Motor Function Classification System – GMFCS, úroveň I-V). Kromě opožděného pohybového vývoje postižené děti mají problémy psychologické, nesnadno se zařazují do společnosti vrstevníků. Velmi často je CP doprovázena snížením inteligence, smyslovými vadami a epilepsií. Komplexní léčení je symptomatické a vyžaduje mezioborovou spolupráci zainteresovaných odborníků různých oborů včetně speciální péče a výchovy. Čím dříve je komplexní léčba zahájena, tím větší má dítě šanci překonat vývojovou poruchu nebo se naučit zvládat různé úkoly alternativními způsoby. Používá se řada rehabilitačních metodik. Nejlepší výsledky jsou dosaženy při zahájení fyzioterapie do 6 měsíců věku dítěte. Začíná se obvykle s reflexním plazením. Po 5. roce věku již nelze očekávat zlepšení motoriky a změnu úrovně GMFCS.

Výzkumná studie zkoumala účinnost čtyřtýdenní intervence roboticky asistovaným tréninkem chůze (RAGT) u dvanácti dětí (10 chlapců a 2 dívky, věk $10,8 \pm 2,6$ let) se spastickou diparézou (CP; systém klasifikace hrubé motoriky I-III) pomocí metody počítačové analýzy chůze (CGA), pasivního rozsahu pohybu v kloubech (PROM), selektivní analýzy chůze (SGA), selektivního hodnocení kontroly dolních končetin (SCALE) a šestiminutového testu chůze (6MWT).

Dodnes nejsou jednotné názory na medikamentosní, rehabilitační, operační a biomechanické (ortotické, robotické) léčení poruchy vývoje neuro-muskulo-kloubně-skeletálního vývoje dětí s CP.

Plnění cílů řešení

Výzkumná práce si klade za cíl objektivně zhodnotit, jak roboticky asistovaný trénink chůze (RAGT) může ovlivnit a změnit stereotyp chůze u dětí s mozkovou obrnou (CP). Autorka cituje 10 prací publikovaných v zahraniční literatuře v letech 2013-2020, které hodnotí RAGT u dětí s CP. Dodnes chybí přesvědčivá literární data pro objektivní hodnocení výsledků robotické rehabilitace (rehabilitační přístroj Lokomat) u dětí s CP. Vlastní zkušenosti uveřejnila spolu s doc. Ing. Šorfovou v práci ŽARKOVIĆ, D. and M. ŠORFOVÁ, 2017. Neurobiomechanické aspekty roboticky asistované chůze. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 24(1), 43-49. O svých zkušenostech s RAGT u dětí s CP a předběžných výsledcích výzkumné studie referovala na symposiu Kubátovy dny a mezinárodním Praha -Lublin -Sydney-St. Petersburg symposiu v Praze. Její sdělení byla živě diskutována přítomnými dětskými neurology, ortopedy a specialisty v ortopedické protetice.

Formální zpracování

Autorka dodržela správné formální zpracování disertační práce, co se týče rozsahu a úpravy textu, členění kapitol a podkapitol. K přehlednosti přispívá desetinné číslování kapitol, na začátku práce uvedený přehled použitých značek a symbolů, dále vřazení tabulek, obrázků a grafů do textu, což čtenářům a oponentovi usnadňuje pochopení teoretických recentních poznatků i hodnocených výsledků. Oponent posuzuje srozumitelně zpracovanou vědeckou práci týkající se zadaného tématu, rozdělenou podle požadavků, které jsou kladeny na disertační práce a práce uveřejňované v recenzovaných časopisech. Práce je napsána bezchybným odborným anglickým jazykem. V práci jsou předloženy původní výsledky studie, které dokládají stanovené cíle a hypotézy (H0 – H6) a které jsou podrobně rozebrány a interpretovány v diskusi.

Teoretický a praktický přínos disertace

Jedná se o první výzkumnou studii, ve které bylo prokázáno, že RAGT jako mono-terapie může indukovat fyziologičtější chůzi u ambulantních dětí se spastickou diparézou (GMFCS I-III), a to zlepšením fyziologické svalové aktivity a trajektorií kloubní kinematiky, ekonomičtějším energetickým výdejem v časoprostorových parametrech chůze, zlepšením selektivní volní motorické kontroly (SVMC), tj. zvýšením kvality vzoru chůze pomocí soustředného (lépe centrovaného) postavení kloubů dolních končetin. Dále byla prokázána schopnost chůze na delší vzdálenosti a snížení kloubních kontraktur.

Soubor pacientů je malý a pro statisticky významné zhodnocení nedostatečný. Hlavní řešitel studie si je vědom omezení studie (malá velikost vzorku, nekontrolovaná studie, nedostatek informací o studii, dlouhodobé sledování). Proto nepřeceňuje a nezobecňuje výsledky studie na širší spektrum dětí s CP.

Přesto výzkumná studie poskytuje základ pro další výzkumy roboticky asistovaného tréninku chůze (RAGT) u dětí s CP.

Tato biomechanická metoda je perspektivní součástí rehabilitace chůze nejen u dětí.

Připomínky a poznámky oponenta

Název práce „NEURO BIOMECHANICAL PRINCIPLES IN ROBOT-ASSISTED GAIT TRAINING FOR PEDIATRIC PATIENTS“

Doporučuji zúžit na děti s CP, protože byl hodnocen soubor 12 dětí s CP (spastickou diparézou; GMFCS I-III).

Seznam zkratk a jejich užití v textu

Zařazení zkratk na začátku práce je pro orientaci čtenáře – oponenta správné, ale je vhodnější v alfabetském pořadí napřed uvést zkratku a pak její vysvětlení: např. BF, biceps femoris
Za termín, který bude v dalším textu uváděn zkratkou, je nutné tuto zkratu vždy uvést v závorce. Správně je takto uvedeno na s. 8 : Introductiona na s. 20: These were administered as “more impaired limb” (MIL) and “lessimpaired limb” (LIL).V ostatním textu často postrádám.
Zkratky by měly být znovu vysvětleny **u všech tabulek a obrázků** pro snazší orientaci čtenáře – oponenta.

V seznamu zkratk chybí „**center of mass (COM)**“, **M** (male), **F** (female), **A** (adult), **P** (pediatric), **V** (Volts), **Deg** (degree).Dále nevysvětlena zkratka **rho-value** v Table 9, **Var** a **Val** – viz Figure 10, **COM** v Table 12.

Nejednotné označení v **Table 8 a 9** a v seznamu zkratk: Midstance (MSTx**MDST**) a Initial swing (ISWx**IS**)

Přesto, že paní magistra Dragana Žarkovič během svého doktorského studia ze své aktivity stážovala déle než 1 rok v Ambulantním centru pro vady pohybového aparátu, s.r.o v Praze, kde byla přítomna klinicko-antropologicko-radiologickému vyšetřování dětí s cílem jednak určit či potvrdit diagnózu u dětí s vrozenými a získanými vadami pohybového ústrojí a jednak hodnotit krátkodobé a dlouhodobé výsledky komplexního léčení pomocí antropometrického vyšetření, nevyužila získané vědomosti a praktické dovednosti k hodnocení vlastního soboru 12 dětí s CP.

Otázky

1. Pochopil jsem správně, že všech 12 dětí jste osobně vyšetřovala společně se 2 fyzioterapeuty a 2 biomechaniky v University Rehabilitation Institute of Republic Slovenia - Soča (URIS), a to sběr dat pro výpočetní analýzu chůze (CGA), antropometrická data, klinické testy (PROM, SCALE a 6MWT), aplikovala jste roboticky asistovaný trénink chůze (RAGT)? Zpracování dat výpočetní analýzy chůze bylo provedeno 2 biomechaniky (Kineziologická a biomechanická laboratoř URIS) s kterými jste provedla statistické hodnocení dat CGA, klinických testů, sEMG během cyklu chůze ve vybraných svalech dolních končetin na více a méně postižené straně, hodnocení kinematických a kinetických výsledků, výsledků korelace kinematických a kinetických výsledků (kyčelních a kolenních kloubů aj.), výsledků časově-prostorových parametrů aj.?
2. Byly dílčí výsledky výzkumné studie již publikovány (Vámi či spolupracovníky) v zahraničí kromě Vaší práce „Neurobiomechanické aspekty roboticky asistované chůze“ publikované v recenzovaném časopise Rehabilitace a fyzikální lékařství v roce 2017?
3. Byl přijat nebo odmítnut Váš rukopis "Comprehensive Assessment of Selective Voluntary Motor Control in Cerebral Palsy" odeslaný do časopisu s IF International Journal of Experimental and Computational Biomechanics v roce 2017? Rukopis jsem recenzoval a doporučil k přijetí po úpravách.
4. Byla byste nyní schopna samostatně vést tento výzkumný projekt na statisticky významném souboru dětí s CP na pracovišti v ČR vybaveném přístrojem Lokomat?
5. Uvádíte, že přístroje pro roboticky asistovaný trénink chůze (RAGT) se používají jako běžná součást RHB chůze u dospělých a dětských pacientů téměř 30 let. V kterých zemích v Evropě se kromě Slovinska používají? Užívá se „Lokomat“ v některém českém ambulatním rehabilitačním pracovišti nebo v lázeňském zařízení? Jaká je cena tohoto přístroje?
6. Nabízí se srovnání RAGT přístrojem Lokomat s nácvikem správného stereotypu chůze v bazénu, jak se provádí v některých lázeňských zařízeních. Jaký máte názor?
7. Klasifikační systém „Gross Motor Function Classification System“ I-V je běžně specialisty užívaný. Uvádí se, že děti starší 5 let již nezlepší úroveň jejich GMFCS-E&R , např. 6leté dítě klasifikované na úroveň IV bude pravděpodobně potřebovat vozík po celý další život. Jaký je Váš názor k indikaci léčení pomocí RAGT u těchto dětí, tj. dětí s CP hodnocených GMFCS IV, ale mladších 5let? Lze očekávat zlepšení? Zařadila byste je do perspektivní studie?

Výše uvedené připomínky, poznámky a otázky oponenta nikterak nesnižují vědeckou úroveň předložené výzkumné studie k oponentuře.

Význam vědecké studie pro obor biomechanika a fyzioterapie

Velmi oceňuji výzkumný projekt „*Neuro biomechanical principles in robot-assisted gait training for pediatric patients*“ předložený k obhajobě jako doktorská disertační práce z hlediska aktuálního tématu a perfektního zpracování výsledků. Autorka (et al.) prokázala, že roboticky asistovaný trénink chůze (jako monoterapie) u dětí s mozkovou obrnou (spastickou diparézou GMFCS I-III) má objektivně příznivý vliv na zlepšení selektivní volní motorické kontroly – SVMC (tj. fyziologičtější svalová aktivita a kinematika kloubních trajektorií vede k zvýšení SVMC a snížení kloubních kontraktur, což zvyšuje schopnost chůze na delší vzdálenost – viz 6MWT). Autorka prokázala, že RAGT je suverénní biomechanická léčebná metoda pro děti s CP, která příznivě ovlivňuje funkční adaptaci pohybového ústrojí a má široké využití v rehabilitaci poruchy chůze

Doporučení

Za velmi žádoucí považuji statisticky významné rozšíření souboru dětí s CP, jeho rozdělení do skupin podle věku (do 5 let a starších) a rozdělení podle úrovně GMFCS I-III, dlouhodobější aplikaci (ideálně po celé růstové období) biomechanické léčebné metody RAGT s ověřením výsledků léčení za 1, 2 a více let a s průběžným hodnocením růstových parametrů léčených dětí s odstupem času (dlouhodobé výsledky). Rozšíření studie z těchto aspektů přispěje k další evidenci a upřesnění indikace RAGT jako suverénní biomechanické léčebné metody, která příznivě ovlivní funkční, tj. neuro-muskulo-kloubně-skeletální adaptaci pohybového ústrojí a nalezne široké využití v rehabilitaci poruchy chůze z nejrůznějších příčin (např. po akutních centrálních příhodách, úrazech dolních končetin a páteře, amputacích dolních končetin (DK), operačních náhradách nosných kloubů DK aj.).

Takto komplexně pojatý výzkumný projekt by měl být mezioborově řešen zainteresovanými odborníky na mezinárodní úrovni.

Předložená doktorská práce splňuje nároky disertace podle Řádu DS. Navrhuji a doporučuji vědecké radě FTVS UK v Praze, aby po úspěšné obhajobě disertační práce byl udělen

paní Mgr. Draganě Žarkovič
akademický titul **Ph.D.**



prof. MUDr. Ivo Mařík, CSc.
Katedra rehabilitačních oborů
Fakulta zdravotnických studií ZČU
Husova 664/11, 301 00 Plzeň
&

Ambulantní centrum pro vady pohybového aparátu s.r.o.
Olšanská 7, 130 00 Praha 3