



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

# **Vliv facilitačních prvků u robotem asistované lokomoční terapie**

## **The Influence of Facilitating Elements in Robot-Assisted Locomotor Therapy**

Diplomová práce

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Autor diplomové práce: Bc. Tereza Hanušová

Vedoucí diplomové práce: as. Ing. Aleš Příhoda

---

**Kladno 2023**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	<b>Hanušová</b>	Jméno:	<b>Tereza</b>	Osobní číslo:	<b>473736</b>
Fakulta:	<b>Fakulta biomedicínského inženýrství</b>				
Garantující katedra:	<b>Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva</b>				
Studijní program:	<b>Aplikovaná fyzioterapie</b>				

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Vliv facilitačních prvků u robotem asistované lokomoční terapie**

Název diplomové práce anglicky:

**The Influence of Facilitating Elements in Robot-Assisted Locomotor Therapy**

Pokyny pro vypracování:

Práce se bude zabývat vlivem vybraných facilitačních prvků využívaných ve fyzioterapii ke zvýšení klinických přínosů lokomoční terapie. Facilitační metody budou vybrány na základě literární rešerše tuzemské i zahraniční odborné literatury. Efektivita metod bude hodnocena porovnáním kvantitativních i kvalitativních ukazatelů získaných přístrojovou analýzou chůze. Sběr dat bude probíhat v Laboratoři robotické rehabilitace na FBMI ČVUT a v rehabilitačních zdravotnických zařízeních disponujících obdobnými robotickými systémy. Výsledky práce budou diskutovány s doporučenými léčebnými postupy používanými v praxi v českém zdravotnictví.

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAVRÁTIL, Leoš, Aleš PŘÍHODA a kolektiv, Robotická rehabilitace, GRADA Publishing, 2022, ISBN 978-80-271-0665-3
- [2] KOLÁŘ, Pavel, Rehabilitace v klinické praxi., ed. 2, Praha: Galén, 2020, 714 s., ISBN 978-80-7492-500-9
- [3] KOLÁŘOVÁ, Barbora, Jiří STACHO, Martina JIRÁČKOVÁ, Petr KONEČNÝ a Lucie NAVRÁTILOVÁ, Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci, ed. 2., přepracované a doplněné vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019, ISBN 978-80-244-5403-0

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Aleš Příhoda**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Vliv facilitačních prvků u robotem asistované lokomoční terapie vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 17.05.2023

.....  
Bc. Tereza Hanušová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych touto formou poděkovala mému vedoucímu práce as. Ing. Alešovi Příhodovi za ochotný přístup, trpělivost, cenné rady a obětovanému času, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat FBMI ČVUT za poskytnutí přístupu do robotické laboratoře a dennímu stacionáři Druhý život za ochotnou spolupráci. V neposlední řadě děkuji svým blízkým, že mi byli po celou dobu vykonávání diplomové práce neocenitelnou oporou.

## **ABSTRAKT**

Řada odborníků naráží na problematiku, jak zvýšit efektivitu roboticky asistované rehabilitace pro motorické učení, z tohoto důvodu se práce zabývá problematikou facilitačních prvků užívaných při roboticky asistované rehabilitaci a jejich přehledem v literární rešerši tuzemské i zahraniční literatury. Cílem bylo zhodnocení klinického ovlivnění zdravotního stavu, lokomočních schopností a analýzy pohybu.

V teoretické části byla krátce popsána roboticky asistovaná rehabilitace, lokomoční terapie a biomechanika chůze. Nedílnou součástí je literární rešerše jejímž předmětem bylo odhalování metod sběru dat, výčet facilitačních intervencí, které lze využívat ve fyzioterapii v součinnosti se zvýšením klinických přínosů lokomoční terapie za pomoci roboticky asistované rehabilitace.

Následná aplikace do praxe byla popsána v metodice, kde byli rozdělení probandi na dvě skupiny. První s využitím facilitačních prvků, druhá nikoliv, za pomoci robotického přístroje pro lokomoční terapii exoskeletonového typu ReoAmbulatoru. Intervence probandů probíhala po dobu 7 měsíců, 2x týdně, každý po 10 terapiích.

Výsledky prokázaly zlepšení klinických funkcí u probandů využívajících facilitační prvky společně s roboticky asistovanou rehabilitací. Na základě výsledků byla provedena komparace dat se zahraničními studiemi, výčet limitací a porovnání efektu terapie.

## **Klíčová slova**

Roboticky asistovaná rehabilitace, facilitační prvky, ReoAmbulator, lokomoční terapie, klinický význam.

## **ABSTRACT**

A number of experts have encountered the issue of how to increase the effectiveness of robotic-assisted rehabilitation for motor learning; for this reason, this paper addresses the issue of facilitation elements used in robotic-assisted rehabilitation and their review in a literature search of domestic and foreign literature. The aim was to evaluate the clinical impact on health status, locomotor skills and movement analysis.

In the theoretical part, robotic-assisted rehabilitation, locomotion therapy and biomechanics of gait were briefly described. An integral part of the literature search was conducted to uncover methods of data collection, listing facilitative interventions that can be used in physiotherapy in conjunction with increasing the clinical benefits of robotic-assisted locomotion therapy.

The subsequent application to practice was described in the methodology, where probands were divided into two groups. The first using facilitation elements, the second not, using a robotic exoskeleton-type locomotion therapy device, the ReoAmbulator. The probands' interventions took place over a 7-month period, twice a week, with 10 sessions each.

The results showed an improvement in clinical function in probands using facilitation elements together with robot-assisted rehabilitation. Based on the results, the data were compared with foreign studies, limitations were listed and the effect of therapy was compared.

### **Keywords**

Robotic assisted rehabilitation, facilitation elements, ReoAmbulator, locomotion therapy, clinical relevance.

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce a výzkumné otázky .....	10
3	Přehled současného stavu.....	11
3.1	Pojem roboticky asistovaná rehabilitace .....	11
3.2	Literární rešerše.....	13
3.3	Protokol literární rešerše.....	13
3.4	Roboticky asistovaná rehabilitace .....	18
3.4.1	Literární rešerše zahraničních publikací.....	18
3.5	Lokomoční terapie.....	20
3.6	Biomechanika chůze.....	21
4	Metodika.....	25
4.1	Popis vyšetření a indukce pacientů.....	25
4.2	Průběh terapií.....	25
4.3	Speciální testy.....	27
4.3.1	Time Up and Go Test.....	27
4.3.2	RehaGait .....	28
4.3.3	Bioimpedance – měření poměru tuku v těle.....	29
4.3.4	Ashworthova škála.....	30
5	Výsledky.....	32
5.1	Analýza výsledků.....	32
6	Diskuze .....	45
7	Závěr .....	57
8	Seznam použitých zkratk.....	58

9	Seznam použité literatury .....	60
10	Seznam použitých obrázků.....	71
11	Seznam použitých tabulek.....	72
12	Seznam použitých grafů.....	73
13	Seznam Příloh .....	74



# 1 ÚVOD

Roboticky asistovaná rehabilitace je nový směr, který se v současných letech stále rozvíjí. Vysoký počet pacientů se léčí s poruchou pohybového aparátu, ať už s vážným postižením či lehčím. Rehabilitace za pomoci přístrojů může fyzioterapeutům ulehčit od fyzicky náročné práce, ale také navýšit počet opakování i intervencí, které by díky klasické fyzioterapii za daný čas nikdy nezvládli. Současně pomáhá podporovat motorickou funkci a obnovit fyzické schopnosti. Jedná se o specifický směr rehabilitace, který může pomoci dostat pacienta dříve do každodenních procesů.

Rozhodla jsem se toto téma zpracovat z důvodu zvýšeného zájmu o roboticky asistovanou rehabilitaci a robotický přístroj určený pro lokomoční terapii exoskeletonového typu ReoAmbulator. Často se na odborných praxích setkávám s přístroji určenými pro lokomoční terapii. Tento způsob rehabilitace se mi zdál velice zajímavý a vždy jsem si jej chtěla sama v praxi vyzkoušet s pacienty. Robotická laboratoř na FBMI ČVUT nám poskytuje tyto možnosti, z tohoto důvodu jsem se přiklonila k práci zde a nikoli na praxích v rehabilitačním ústavu, kde pracují spíše s Lokomatem.

Robotika je velice dobrý směr, který se bude stále vyvíjet a posouvat po řadu let. Ve spojení s facilitačními prvky, které lze využít u samotné robotické rehabilitace se může docílit významně vyšší efektivity terapie a zlepšení výsledků, které pacientovi pomohou pro vylepšení kvality života. Může být docíleno ovlivnění samotné lokomoce a zlepšení klinických funkcí.

## 2 CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Cílem diplomové práce je odpovědět na výzkumné otázky formou zpracování odborných studií a vyhodnocení získaných dat v praktické části v Robotické laboratoři na FBMI ČVUT. Předmětem hodnocení je klinické ovlivnění zdravotního stavu probandů, lokomočních schopností a analýzy pohybu. Výzkumné otázky ověřují názory odborníků, jejichž výsledky jsou zaznamenány v literární rešerši. V diskuzi je uvedena komparace analýzy dat včetně srovnání s výsledky tuzemské i zahraniční literatury pojednávající v kapitole číslo 3 Přehled současného stavu. Sběr dat se odehrává v robotické laboratoři, kam jsou probandi doprovázeni rodinnými příslušníky, či se dostavují samostatně.

Na základě výsledků nasbíraných dat v roboticky asistované rehabilitaci je taktéž cílem návrh metodického postupu léčebné rehabilitace pro pacienty s tělesným postižením za pomoci přístroje pro lokomoční terapii exoskeletonového typu ReoAmbulatoru a docílení následného klinického zlepšení. Dalším cílem je ověřit efektivitu metodiky léčebného postupu lokomoční terapie za pomoci přístroje ReoAmbulator s využitím facilitačních prvků před samotnou lokomoční terapií.

### **Výzkumné otázky:**

1. Jaké mohou být facilitační prvky využívané v roboticky asistované rehabilitaci?
2. Jak facilitační prvky při roboticky asistované rehabilitaci zvýší klinický přínos lokomoční terapie?
3. O jak veliký podíl lze docílit vlivu normalizace metabolismu a zlepšení tělesného složení?

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

### 3.1 Pojem roboticky asistovaná rehabilitace

Roboticky asistovaná terapie je moderní trend využívající intenzivní, vysoce repetitivní, úkolově orientovanou a kvantifikovanou pohybovou terapii, která nachází nejvyšší využití v neurorehabilitaci. Poruchy motoriky, stejně jako citlivosti, jsou častými symptomy neurologických onemocnění. Se ztrátou pohyblivosti přicházejí i obtíže s každodenními činnostmi, které pacienti popisují jako nejvíce omezující. Dopad na pacienty je obrovský a má negativní vliv na jejich účast ve společenských, profesních a rekreačních aktivitách. V současné klinické praxi je obnova chůze pomocí robotického zařízení součástí fyzioterapeutického programu v mnoha rehabilitačních zařízeních. Robotická terapie zahrnuje použití přístrojů z robotických zařízení exoskeletonového, nebo endefektorového typu, které pacientovi pomáhají trénovat motorické dovednosti prováděním dobře zaměřeného a pečlivě řízeného opakujícího se cvičení. [1, 2]

Populace pacientů s neurologickým postižením každým rokem přibývá. Dle studie Wang a kol. je předpokládáno, že v roce 2030 bude počet pacientů po cévní mozkové příhodě přes 70 milionů. Díky stárnutí populace je navyšována poptávka po rehabilitačních terapeutech, kterých je však v současné době nedostatek. Ideálním řešením je využití robotů pro pomoc rehabilitačním odborníkům při zvyšování efektivity a kapacity terapeutických sezení. Tito rehabilitační roboti mohou provádět terapii zaměřenou na úkoly pod dohledem lidského terapeuta. [3]

V literární rešerši (viz. kapitola č. 3.2) byl čteně popsán fakt, aby bylo docíleno účinnosti terapie, musí být neustále obměňována, z důvodu posilování

nervosvalového systému. [4, 5, 6] Trénink je zaměřen na sledování motorických i klinických funkcí a zlepšování fyzických dovedností. [7, 8]

Algoritmy pro rychlé a automatické vyhodnocení výsledku léčby jsou vysoce žádoucí, protože jsou důležité pro sledování zlepšení motorických funkcí pacienta při každém sezení, a optimální nastavení obtížnosti terapie na základě pokroku pacienta. [9] Navzdory těmto úvahám robotická řešení jsou mírně zasažena omezenými možnostmi nastavení, nebo když jsou dodána, je zapotřebí specializovaného fyzioterapeuta, který bude sledovat pokrok pacienta, a odpovídajícím způsobem upravovat terapii. [10]

Dle Wanga a kol. cílem nácviku chůze není získat normální, symetrickou chůzi, ale vytvořit nejúčinnější způsob v rámci omezení motorického postižení. Nastavitelnost úrovně asistence robotického přístroje umožňuje pacientům řešit změny v závažnosti motorického postižení. Mnohé z abnormálních vzorců chůze lze však připsat kompenzačním pohybům v reakci na motorické poškození. [11]

V robotické rehabilitaci bylo prokázáno, že klíčovým ovlivněním výsledku rehabilitační terapie je správná konfigurace. Aby se zvýšilo zapojení během terapie a zabránilo se demotivaci pacienta, je nezbytné navrhnout rehabilitační cvičení tak, aby odpovídala pacientově úrovni schopností, a terapie nebyla příliš jednoduchá, ani obtížná. [12] Studie motorického učení prokázaly, že přizpůsobení obtížnosti úkolu počáteční úrovni dovedností pacienta a jeho další přizpůsobení v průběhu učení, zvyšuje efektivitu učení. V klinických podmínkách je výběr obtížnosti cvičení a její přizpůsobení v průběhu terapie náročným úkolem, často ponechaným na zkušenostech vyškolených terapeutů a jejich subjektivní vnímání schopností pacienta. [7]

Kromě motivačních a dobře řízených cvičení mohou robotická zařízení poskytovat objektivní a přesné hodnocení funkce i postižení. Nabízejí možnost

nepřetržitě monitorovat výkon pacienta, odpovídajícím způsobem přizpůsobit intenzitu a obtížnost terapie po každém sezení, a to způsobem, který optimálně nastartuje pacienty v průběhu terapie. [13, 14, 15]

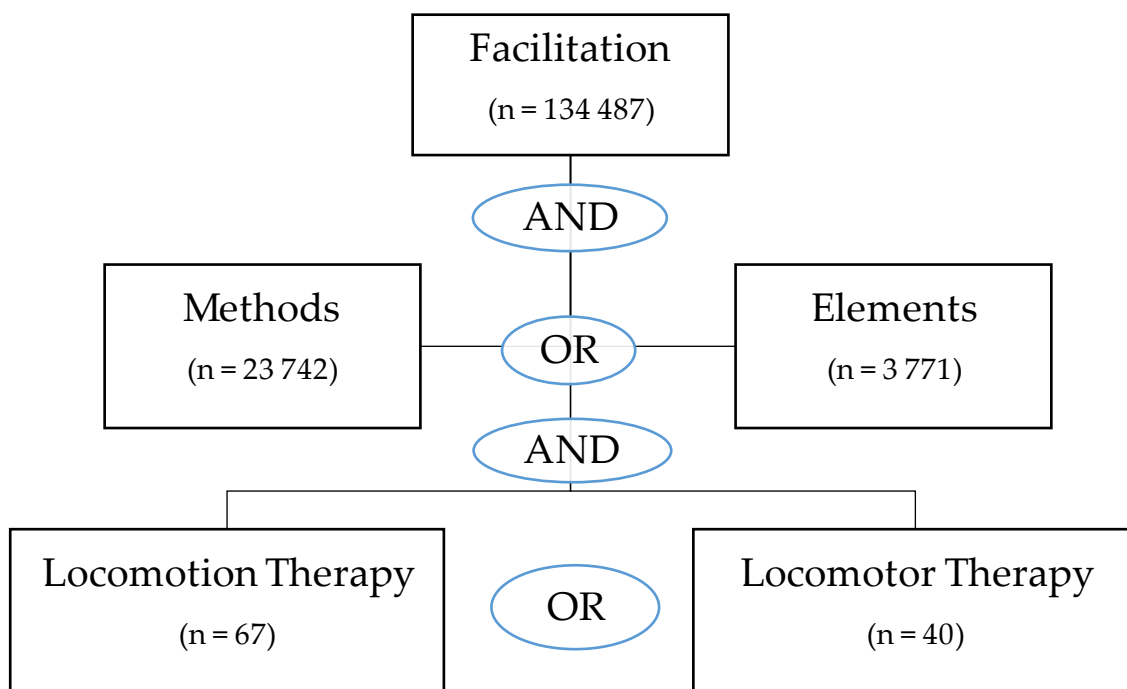
### **3.2 Literární rešerše**

V rámci analýzy současného stavu problematiky byla provedena systematická literární rešerše tuzemské a zahraniční literatury. Jejím předmětem bylo odhalování metod sběru dat, výčet facilitačních intervencí využívaných ve fyzioterapii ke zvýšení klinických přínosů lokomoční terapie, současně s využitím roboticky asistované rehabilitace. Nebylo však opomenuto zaměření se na kvantitu probandů v rámci následné relevantnosti vyhodnocených dat.

Vyhledávání relevantních studií proběhlo v databázi Národní lékařské knihovny v systému Medvik a také prostřednictvím databáze Summon. Pro adekvátní analýzu i restrikci dat byla důkladně nastavena klíčová slova a využity pouze studie od roku 2013 do současnosti. Evaluace údajů byla přehledně zpracována do systematických tabulek pro lepší orientaci.

### **3.3 Protokol literární rešerše**

Pro vyhotovení literární rešerše tuzemské i zahraniční literatury byla využita klíčová slova:



Obrázek 3.1 - Diagram - klíčová slova využita pro vyhotovení literární rešerše [zdroj vlastní]

Kvantifikace dat byla vymezena dalšími kritérii pro selekci informací a zvýšení klinického přínosu lokomoční terapie, jejichž efektivita byla vyhodnocena na základě výsledků získaných z přístrojové analýzy chůze.

- Literatura se zabývala facilitačními prvky využívanými v rehabilitaci
- Literatura se zabývala klinickým efektem u pacientů s využitím robotiky
- Literatura sama o sobě popisovala výčet facilitačních prvků v rámci lokomoční terapie

Pro diplomovou práci byly vybrány facilitační prvky využívané spolu s roboticky asistovanou rehabilitací, které lze aplikovat v rámci terapie pacienta. Odborná literatura pojednává o dalších možnostech využívaných v aplikované fyzikální terapii (např. Rebox, Elektrostimulace, Vysokoindukční magnetická stimulace Super inductive system, atd). [16] Nesmí být však opomenuty metody

manuální terapie, které jsou fyzioterapeuty využívány již řadu let, a také uznávány s ohledem na jejich tvůrce. Nejznámější z nich je metoda Proprioceptivní neuromuskulární facilitace dle Kabata, Dermo-neuromuskulární facilitace dle sestry Kenny, Vojtova reflexní lokomoce, též koncept Bobatových a mnoho dalších. [17]

Pro lokomoční terapii je významná schopnost neuroplasticity mozku ukládat a zpracovávat informace v závislosti na změně funkčního i strukturálního spojení mezi neurony. Synaptická facilitace je forma krátkodobé plasticity, která zvyšuje synaptický přenos na méně než sekundu. Facilitace je sama o sobě všudypřítomný fenomén, o kterém se předpokládá, že hraje zásadní roli v přenosu informací a nervovém zpracování. Naše chápání funkce facilitace však zůstává převážně teoretické. [18]

Při facilitaci dochází k implementaci podnětů aferentní povahy, vlivem kterých je docíleno ovlivnění samotné lokomoce (konvergence, prostorové i časové sumace nervových vzruchů). Základní zdroje facilitace jsou dle Krejčové exterocepce, bolest, druhosignální podněty (příklad, motivace, povel, citová vazba), propiocepce, akustické a optické vjemy, vestibulární aparát. [19] Holubářová a Pavlů ve své knize vyzdvihovaly protažení, maximální odpor, manuální kontakt svalů, dále také povely, trakci i kompresi. [20] Jejich klíčový význam pro facilitaci je stručně ozřejměn v tabulce číslo 3.1.

Tabulka 3.1 - Významy příkladů facilitačních prvků [zdroj vlastní]

Významy příkladů facilitačních prvků	
Facilitační prvek/metoda	Význam
Prosté protažení	Navýšení dostředivého toku impulzů, rychlá reflexní kontrakce, facilitace a kontrahace svalu.
Zvrat antagonistů	Recipročně-inervační vztahy, protažení a facilitace antagonisty, inhibice agonisty.
Maximální odpor facilitovanému svalu	Patří k nejsilnějším facilitačním prvkům, schopnost kontrahace svalu, zvýšení kontroly pohybu i svalové síly.
Rytmická stabilizace	Kontrakce agonistů a antagonistů.
Facilitace z povrchových receptorů	Dráždění kůže nad facilitovaným svalem (hlazení, ledování, kartáčování, teplo, dotyk, bolest).
Manuální doprovod	Stimulace manuálním kontaktem kožních receptorů.
Slovní doprovod (povely)	Opakování povelů navýšení stimulu, hlasitost ovlivní sílu kontrakce svalu.
Zrakový doprovod	Feedback zesílí kontrakce svalu, zvýší kognitivního vnímání.
Pohyb v představě	Aktivace oblastí mozku jako při samotném pohybu, nutné opakování.
Trakce a komprese kloubu	Facilitace kloubních receptorů.

Odborné studie pojednávají o možnosti účinků facilitace na obvodovou aktivitu, chování a neuropsychiatrická onemocnění. Dle Baola a kol. [21] je plasticita důrazně ovlivněna mechanismem facilitačních prvků závislých na předpokládaném cíli. Dynamické vlastnosti inhibice umožňují zesílení příchozí aktivity a selektivní generování charakteristických signálů. [22] Facilitace a inhibice může zvýšit mozkovou aktivitu společně s procesy souvisejícími se zpracováním aktivity pohybu. [23]

Dalším hlavním facilitátorem, který je v současné době čteně využíván pro robotickou rehabilitaci je virtuální realita. Objevila se jako novodobý nástroj podporující facilitaci pro usnadnění motorického učení i rovnováhy, rehabilitaci chůze, ale také implementaci kognitivních funkcí. Dále je dobrým prostředkem pro zvýšení motivace, napomáhá k představě pohybu a zvyšuje intenzitu cvičení. [24] Wei a kol. zaznamenali v rámci VR monitorování zlepšenou adherenci pacientů. [25] Klinické studie prokázaly, že se jedná o výrazně interaktivní, flexibilní, přizpůsobivé zařízení, které má slibné účinky pro facilitaci podnětů



a zefektivnění zdravotní péče. Z tohoto důvodu je vhodné propojení exoskeletonu s VR v mnoha případech prostřednictvím systému Kinect. [26]

Problematikou virtuální reality se zabýval i Kragting a kol. [27], který ve své studii popisuje ovlivnění muskuloskeletální bolesti na základě zpětnovazebného systému. Současně popisuje jako Holubářová s Pavlů [20] vysoký vliv vizuální zpětné vazby. Klinické zlepšení probandů s efektem zpětné vazby ve virtuálním prostředí za pomoci exoskeletonu vystihuje Kiper. Účinky terapie vykazaly výrazné zlepšení probandů s hemoragickou i ischemickou CMP, jejichž výsledné hodnoty byly srovnatelné. [28]

Již od prenatálního období dítěte autoři popisují důraz na motivaci a facilitaci, aby bylo docíleno otevřeného přístupu pro adekvátní vývoj. Žádná z těchto věcí nesmí být však opomenuta i v budoucím vývoji člověka, ačkoli bývá občas u řad pacientů opomíjena. [29] V rámci lokomoční terapie na robotickém zařízení musí být kladen důraz na správnou motivaci účastníka, jako jeden z faktorů ovlivňující intenzitu terapie. V odborné literatuře je popisován důraz na motivaci z psychologického hlediska, jehož následkem je zlepšení klinického stavu. Správné slovní instrukce pomohou iniciovat svalovou kontrakci a dopomoci motorické odpovědi. [30]

Pro zintenzivnění přínosu je dále využíván pohyb v představě. Příklady pramenů uvádí motorické a kognitivní funkce současně se schopností kinestetické představivosti. Je zdůrazněno, že je důležité používat instrumentální kvantitativní metody pro adekvátní posouzení rehabilitačního potenciálu a efektivity na exoskeletonu. [31] Bobrová a spol. pojednávají o identifikaci atributů, které mohou ovlivnit efekt terapie, jejichž hlavní příčinou je typologie osobnosti. Domnívají se, že melancholik bude reagovat na terapii jiným

způsobem, než např. sangvinik. I s tímto ohledem je velice důležitý slovní i zrakový doprovod, pro vytyčení zajištění adekvátní intervence. [32, 33]

Vařeka a kol. znázorňuje důraz v roboticky asistované rehabilitaci na aktivitu pacienta, užití zpětné vazby, vyvolání primitivní reakce, kladení odporu svalu, či jeho náhrada. „Bylo prokázáno, že efektivita využití časného terapeutického okna se zvyšuje při dodržení následujících podmínek:“ [32, str. 169]

1. „(Časově) intenzivní rehabilitace
2. Cílená rehabilitace (task-specific, goal-oriented) s měřitelnými výsledky
3. Multisenzorická zpětná vazba
4. Motivace pacienta“ [32, str. 169]

Tyto zásady by měly docílit požadovaných účinků robotem asistované rehabilitace. S jejich pomocí jsou pacienti schopni navýšit rychlost chůze, vlivem přístrojové analýzy upravit stereotyp pohybu, zvýšení fyzické kondice i automatizace chůze. [32, 33]

Facilitační prvky v lokomoční terapii usnadňují motorické učení v prostředí klinické péče, která může být pro pacienty jak fyzicky, tak i psychicky velice náročná. Probíhající afektivní a transformační procesy učení vyžadují zvláštní podporu. Mnoho studií vykazuje, že je v současné době malé povědomí o využití facilitačních prvků v roboticky asistované rehabilitaci, a jak výrazný účinek mají.

## **3.4 Roboticky asistovaná rehabilitace**

### **3.4.1 Literární rešerše zahraničních publikací**

Pro literární rešerši byla nastavena hlavní klíčová slova se specifickými výrazy:

- Robot assisted therapy
- Locomotor therapy
- Stroke or Cerebral palsy

Selekce zahraničních studií byla rozšířena po přečtení celého článku či textu na jejichž základě bylo vybráno 23 studií, které byly následně zpracovány do tabulky č. 13.1. Další kritéria pro vymezení adekvátních studií zpracování diplomové práce byla:

- Článek pojednával o roboticky asistované terapii ve spojení s facilitačními prvky
- Článek pojednával o využití robotické rehabilitace u více jak 10 probandů
- Článek pojednával o klinických výsledcích probandů pomocí roboticky asistované rehabilitace

Z tabulky číslo 13.1 si lze povšimnout četnosti výskytu cévní mozkové příhody. Z retrospektivního pozorování byla tato diagnóza z 70 % častější než dětská mozková obrna současně s využitím roboticky asistované rehabilitace. Současně nejvíce využívaný indikovaný přístroj byl Lokomat. Ze studií nelze vyčíst, z jakého důvodu je tento robotický přístroj nejvíce implementován.

Randomizované studie týkající se roboticky asistované rehabilitace jsou z velké části mladší 6 let, pouze část z nich je starších dat. Tato data názorně představují novodobé informace týkající se dané problematiky, jež se stále vyvíjí současně s moderními technologiemi.

### 3.5 Lokomoční terapie

Obnova lokomoce je hlavním cílem neurorehabilitace po CMP, traumatickém postižení mozku, poranění míchy, DMO i řady dalších diagnóz. Aby bylo dosaženo cíle terapie, je zapotřebí aplikovat funkční přístup motorických pohybů, nebo různých neurofacilitačních technik, které byly rozebrány v kapitole 3.3. Moderní technologie využívající principy motorického učení však upřednostňují časté opakování specifického úkonu. Doporučené počty opakování, které vedou k optimální neurální reorganizaci jsou pro horní končetinu 400–600 a pro zlepšení chůze 1000–2000. [34]

Metoda pohybové terapie aktivující okruhy CNS společně se spouštěním motorických programů s lokomočními složkami. Zachování specifického držení těla a stimulace specifických anatomických bodů ve svalu mohou stimulovat CNS prostřednictvím propioceptivní aferentace. Tento vjem spouští vrozenou odpověď lokomočních koordinačních komplexů, které člověk používá při chůzi. [35]

Poruchy spojené s onemocněním CNS mají značnou invalidní zátěž s dlouhodobými funkčními a psychosociálními problémy, které vyžadují vysoce specializovanou rehabilitační péči, cílenou na neuroplastické procesy.

Porozumění adaptivnímu chování v reakci na poranění nervového systému vyžaduje pochopit interakci mezi subsystemy těla, prostředí a nepřetržité zpětné vazby mezi nervovým systémem, tělem a prostředím. Poškození nervového systému může vést k podstatnému narušení neuronových sítí, které jsou základem motorických, sensorických a kognitivních funkcí. [36, 37, 38]

Zlepšení lokomoce pacienta z hlediska rychlosti i stability, může výrazně podnítit jeho soběstačnost. Osvojení samostatné, bezpečné a zautomatizované

chůze je tedy jakýsi primární cíl. Současné koncepty motorického učení prokazují, že opakující se specifický trénink umožní zlepšení schopnosti chůze. [36, 37, 38]

Současné moderní robotické přístroje zajišťují pacientovi podporu tělesné hmotnosti s fyziologickým rozvojem chůze. Pomocí mechanických ortéz je dosažena úprava správného stereotypu chůze a možnost analýzy dat za pomoci senzorů. [36, 37, 38]

Ve své studii Sanz-Esteban a kol. v roce 2021 zabývající se kortikální aktivitou při sensorické taktilní stimulaci pomocí Vojtovy metody prokázali, že na kortikální úrovni existují reakce na specifický hmatový vstup lokomočního tréninku, jež aktivují vrozené svalové odpovědi pomocí EMG. [39]

Scharzerová a kol. sledovali mentální vývoj u 6měsíčních kojenců. Pozorování dvou skupin odhalilo, že lokomoční trénink vykázal významnou změnu testovaných subjektů v rozvoji mentálního rozvoje. [40] Je vytvářeno motivační prostředí pro iniciaci pohybové aktivity, která je i skvělým podkladem pro rozvoj chůze. Z tohoto důvodu je virtuální realita již nedílnou součástí řady robotických přístrojů podporující lokomoční rozvoj. [40]

### **3.6 Biomechanika chůze**

Pozorování chůze dospělého člověka naznačuje, že koordinace tohoto úkonu se zdá být zdánlivě jednoduchá. Jednotlivé svaly ale plní mechanické požadavky lokomoční úlohy, které sleduje celá řada studií již mnoho let.

Rozbor měření chůze, získané analýzou mnoha jednotlivců jsou dnes zcela běžné. EMG aktivitu lze měřit povrchovými, nebo zabudovanými elektrodami, společně s měřením kinematiky těla a reakčních sil. Odborné laboratoře věnující

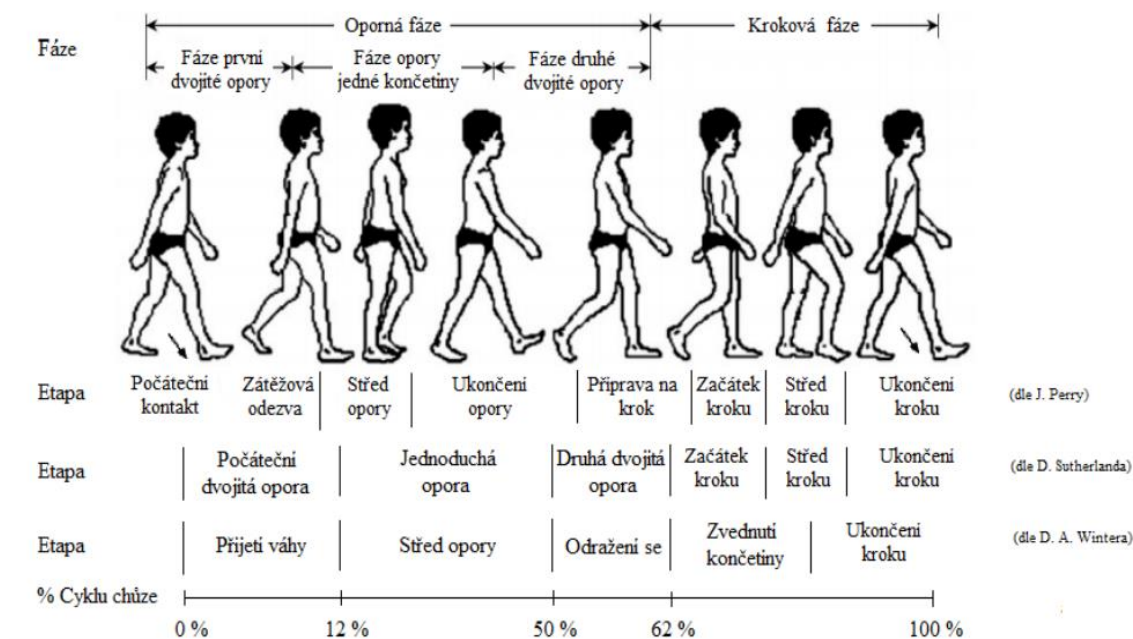
se studiím biomechaniky chůze jsou velmi dobře vybaveny k zaznamenávání následujících údajů: pozice, rychlost a zrychlení, reakční síla, tlak. Dále je také možnost odhadnout kinematiku segmentů těla a měření reakční síly pomocí inverzní dynamiky, jako je segmentální energetika těla a kloubní moment síly v kotníku, koleni a kyčli. [41]

Klinické laboratoře často porovnávají charakteristiky chůze jedinců s ortopedickými nebo neurologickými patologiemi. Toto srovnání kinematiky chůze, kinetiky a vzorců svalové aktivity mezi zdravými a postiženými jedinci slouží jako základ pro definování abnormální chůze. [41]

Samotná chůze je rozdělena na dva cykly kroku, jsou jimi fáze stojná a švihová. Dle Perryho se dělí na počáteční kontakt, stadium zatěžování, střed stoje, konečný stoj, před švihová fáze, počáteční švih, střed švihu a končený švih. [42, 45]

Naopak o něco méně starší verze dělení dle Sutherlanda je poněkud rozdílná, začínáme počáteční dvojitou oporou, jednoduchou oporou, dále druhou dvojitou oporou, začátkem kroku, středem kroku a ukončením kroku. [43, 45]

Nejméně používanou a nejstarší variantu vymyslel roku 1980 D. A. Winer, který ji velice zjednodušil. Jedná se o fázi přijetí váhy, středu opory, odražení se, zvednutí končetiny a ukončení kroku. [44, 45]



Obrázek 3.2 - Popis fází kroku [73]

Základní biomechanika chůze nastává, když je calcaneus v linii s osou nohy a kolmo k zemi. Rovina přední části chodidla je kolmá k zadní a rovnoběžná se zemí. Hlezenní kloub může mít dorziflexi  $10^\circ$ . Pro normální pohyb by měl být kyčelní kloub v sagitální i frontální rovině plynulý, nesmí být však opomenuta rotace. [45, 46]

Rychlost chůze se u normálních zdravých jedinců upírá v rozmezí 3,6 – 4,5 km/h. Celý proces chůzového cyklu se pohybuje z 60 % stojné fáze a 40 % švihové fáze, jehož dělení bylo již řečeno u cyklů kroku dle Perryho. [42]

Během celého procesu musí být zapojeny důležité systémy, které dbají o lokomoci. Prvními z nich jsou svaly dolní končetiny, jejichž hlavní funkcí je stabilizace, zrychlení i zpomalení chůzového mechanismu. Nesmí být však opomenuta plantární fascie zajišťující pevnou strukturu podpory dolní

končetiny mezi calcaneem, prsty nohy, ale i metatarzofalangeálními fasciemi i klouby. [46]

Některé současné přístroje roboticky asistované rehabilitace jsou již vybaveny systémy pro přesnou analýzu chůze v jakémkoliv terénu, umožňující sběr komplexních dat od široké škály pacientů. K vyšetření je také možné využít sensorický systém RehaGait, který byl využit při testování pacientů pro diplomovou práci, a je více popsán v kapitole č. 4 Metodika. [47]

Další skvělá metoda disponující zjištění statické i dynamické analýzy měření tlaku na podložku je baropodometrie, která je již více zaměřena na diagnostiku nohy a řešení následné problematiky kloubů končetin, prevenci úrazů a možnosti návrhu specifické protetické pomůcky. [48]



## **4 METODIKA**

### **4.1 Popis vyšetření a indukce pacientů**

Praktická část diplomové práce probíhala v Laboratoři robotické rehabilitace ČVUT na Kladně za použití robotického přístroje ReoAmbulator. Sběr dat probíhal od října 2022 do dubna 2023. Probandi dojížděli, nebo byly doprovázeni rodinnými příslušníky 2x týdně.

Součinnosti na diplomové práci se zúčastnili klienti z denního stacionáře Druhý život na Kladně, se kterými FBMI ČVUT již před pár lety navázala spolupráci. Výběr probandů byl zaměřen na dospělé pacienty neurologické diagnózy s vážnou poruchou motoriky heterogenního pohlaví.

Probandi byli rozděleni do dvou skupin. První skupina docházela na ReoAmbulator, společně s ním byly aplikovány facilitační prvky, které lze využít u RAR společně s virtuální realitou. Druhá skupina docházela pouze na terapii na ReoAmbulatoru, bez užití facilitačních prvků a virtuální reality.

### **4.2 Průběh terapií**

#### **Vstupní vyšetření**

První návštěva byla zaměřena na edukaci pacienta a seznámení s průběhem následujících terapií. Proband byl seznámen s robotickým přístrojem ReoAmbulator, na kterém byly vedeny další terapie. V rámci první terapie byl podepsán informovaný souhlas.

Základní vyšetření bylo rozděleno do 4 částí. Probandům byla změřena Modifikovaná Ashworthova škála, dále pomocí Bodystat naměřena bioimpedance. Následně se vyšetření přesunulo na chodbu, kde byl proveden

Time Up and Go Test a analýza chůze za pomoci přístroje RehaGait. V závěru byli rozděleni do dvou skupin.

1. Skupina: P 1 – P 5

- Reoambulator
- Facilitace z povrchových receptorů
- Manuální doprovod
- Slovní doprovod (povely)
- Zrakový doprovod
- Pohyb v představě
- Virtuální realita

2. Skupina: P 6 – P 10

- ReoAmbulator

### **Terapie**

Následné terapie byly zaměřeny přímo na terapii chůze za pomoci robotického přístroje určeného pro lokomoční terapii exoskeletonového typu ReoAmbulator. Každý proband byl při první terapii zaměřen, aby robotické ortézy přesně odpovídaly fyziologickým rozměrům. Dle jejich schopnosti byla nastavena asistence pohybu, která byla vybrána mezi plně asistovaným pohybem a samostatným pohybem, vybíráme mezi mody: guided, initiated, follow assist, free. Postupnou četností terapií bylo přecházeno z nejlehčího modu po těžší (pomocné).

Za pomoci robotického přístroje bylo dbáno na optimální symetrii dolních končetin při chůzovém stereotypu. V systému je zaměřeno na využití

repetitivních pohybů, správné nastavení pánve, stability, koordinace a stereotypu pohybu. Výhodou přístroje je analýza chůze, klinicky významnější práce s pacienty, bezpečná, efektivní a řízená lokomoční terapie.

### **Výstupní vyšetření**

Na konci terapií bylo provedeno výstupní vyšetření všech probandů. Jednalo se opět o stejné speciální testy, jako při první návštěvě. Následně bylo možné zhodnotit přínos terapií pomocí výsledných dat. Subjektivně bylo možné zhodnotit účinky terapií za pomoci samotných probandů, jejich rodinných příslušníků i fyzioterapeutů, ke kterým docházeli na pravidelné rehabilitace.

## **4.3 Speciální testy**

### **4.3.1 Time Up and Go Test**

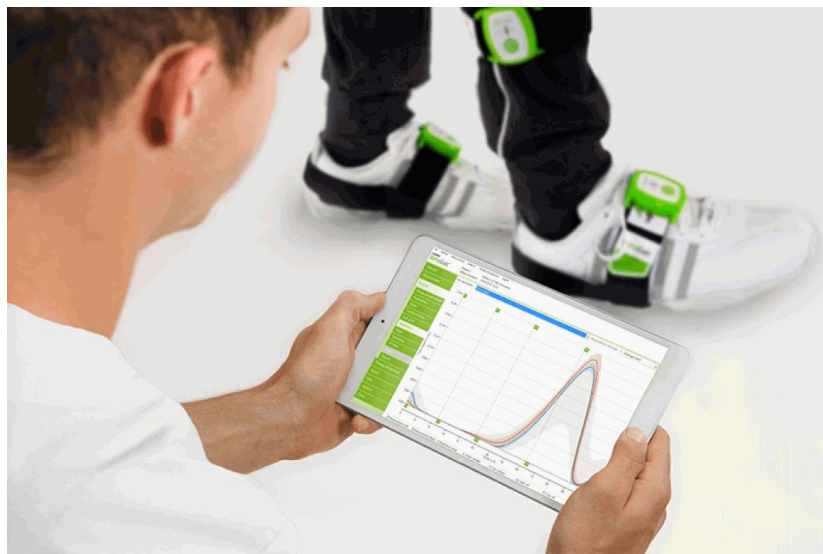
Specifický test, který se v odborné literatuře vyznačuje zkratkou TUG, je využíván k detekci rizika pádu a reformaci rovnováhy. Vlivem provedeného screeningu může být specificky za pomoci měřítka vyjádřena pravděpodobnost možnosti pádu testovaného. Konkrétněji je provedena klasifikace způsobilosti realizace motorického úkolu v poměru k samostatné chůzi i otáčení. [49, 50, 51]

Nejčastěji je test využíván u pacientů s neurologickým onemocněním, jako je cévní mozková příhoda a Parkinsonova choroba, dále u pacientů se spinálním onemocněním, u starších osob, ale také u vestibulárních poruch. U starších pacientů, kteří test provádí více jak 12 sekund je identifikováno zvýšené riziko pádu. [49, 50, 51]

### 4.3.2 RehaGait

Zařízení, které je řazeno mezi senzorické systémy, zajišťující analýzu chůze. Bezdrátový systém je propojen s přenosným tabletem. Modulární senzory analyzátoru jsou navrženy, aby zajišťovaly komplexní sběr dat u vysoké škály pacientů. [47, 48]

Podrobným rozborem nasbíraných dat může být detekován stereotyp chůze včetně funkčních omezení. Přístroj je schopný měřit veškeré časoprostorové parametry chůze a vytvořit i kinematickou analýzu krokového cyklu pacienta. V případě rozšíření verze přístroje, která však nebyla disponována, umí přístroj hodnotit kinematiku v jednotlivých kloubech dolních končetin. Způsob použití je rychlý a jednoduchý, proto není třeba vysoká časová náročnost a pacienti s těžšími diagnózami nejsou po terapii velice unavení. [47, 48]



Obrázek 4.1 – RehaGait [72]

### 4.3.3 Bioimpedance – měření poměru tuku v těle

Bioimpedance neboli Bioelectrical Impedance Analysis, využívající zkratku BIA, je analýza, široce využívaná pro měření tělesného složení a systémů hodnocení zdravotní péče. V posledních letech se dostává více do povědomí a její spektrum využití je již v řadě dalších oborů, včetně lékařských. V současné době se s ní může jedinec setkat ve fitness prostředí a nutričním poradenství. Převážná většina klientů je z řad připravujících se na závodní soutěž na mole (physique, bodyfitness, bikini fitness, atd.). Druhou skupinou jsou obézní pacienti, kteří se snaží o redukci váhy, a dochází na pravidelné kontroly. [52, 53, 54]

Princip je založen na neinvazivní metodě založené na vlastnostech vodivosti elektrického proudu tkání. Dle složení těla tukové hmoty společně s množstvím beztukové tělesné hmoty – FFM je identifikován poměr BIA vlivem odporu drobných elektrických proudů, které jsou schopny prostupovat vodou v těle. Na podkladě rozdílného odporu tkání je určeno jejich množství v těle. Jedním z nejčastěji využívaných přístrojů na měření je InBody. [52, 53, 54]

Pro diplomovou práci je tento způsob klinického vyšetření podstatný v rámci zhodnocení úbytku tělesného tuku a zvýšení poměru svalové hmoty vlivem pravidelné zátěže.



Obrázek 4.2 - Bodystat - přístroj pro měření tělesného složení [72]

#### 4.3.4 Ashworthova škála

Specifický test původně vytvořen pro hodnocení spasticity pacientů postižených roztroušenou sklerózou. Při samotném testování je analyzováno pasivní protažení svalu v jeho plné délce. Může být využita i modifikace dle Bohanna a Smithe, nebo dle Bobathových, kteří preferují dělení na střední, těžkou a lehkou. [55, 56]

##### 4.3.4.1 Modifikovaná Ashworthova škála

Pro diplomovou práci a testování probandů byla využita Modifikovaná Ashworthova škála dle Bohanna a Smithe, která je využívána již řadu let od roku 1986. Je rozdělena do 4 částí, jež začíná od navýšení svalového tonu, až po postižení části v trvalém abnormálním postavení. [56]

Tabulka 4.1 Modifikovaná Ashworthova škála [zdroj vlastní]

<b>Modifikovaná Ashworthova škála dle Bohanna a Smithe</b>	
0	Svalový tonus je navýšen.
1	Mírné zvýšení svalového tonu, zachytitelné nebo na konci rozsahu pohybu vyšetřené části končetin.
1+	Mírné zvýšení svalového tonu, patrné po asi polovinu času rozsahu pohybu vyšetřované končetiny.
2	Výrazné zvýšení svalového tonu, patrné po celou dobu rozsahu pohybu vyšetřované končetiny.
3	Zřetelné zvýšení svalového tonu, pasivní pohyb obtížný.
4	Postižená část je v trvalém abnormálním postavení, flexe či extenze apod.

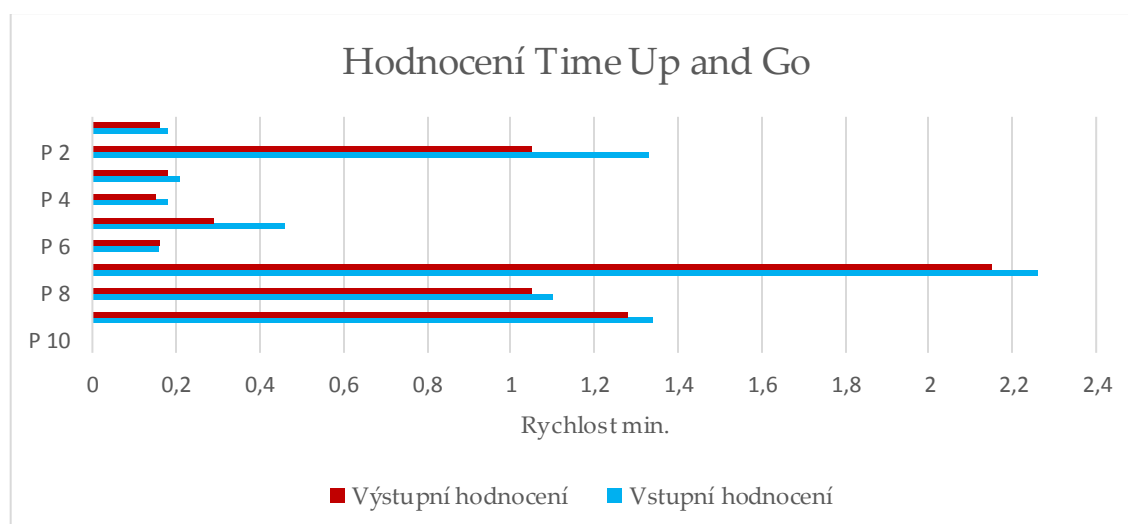
## 5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou přehledně zaznamenány výsledky vstupních i výstupních vyšetření v jednotlivých grafech i tabulkách. Jsou zde vyhodnocena data první i druhé skupiny s následným porovnáním v rámci jednotlivých kategorií. Není ani opomenuto vyhodnocení úspěšnosti terapií a srovnání analýzy získaných dat. V závěru jsou popsány limitace, se kterými je možné se setkat.

### 5.1 Analýza výsledků

V pruhovém grafu číslo 1 jsou přehledně zaznamenány rozdíly vstupního a výstupního hodnocení testování Time Up and Go, kde jsou názorně vidět výsledné hodnoty 9 probandů (P). Jeden z probandů se nemohl zúčastnit z důvodu vážného tělesného postižení. V grafu lze přehledně vidět zlepšení o několik vteřin všech probandů v rámci 10 terapií, ač už částečné, nebo výrazné. Je možné si také povšimnout, že první skupina P 1 – P 5 vykazuje na první pohled u probandů lepší hodnoty, než druhá skupina P 6 – P 10.

Graf 1 – Pruhový - Hodnocení Time Up and Go [zdroj vlastní]



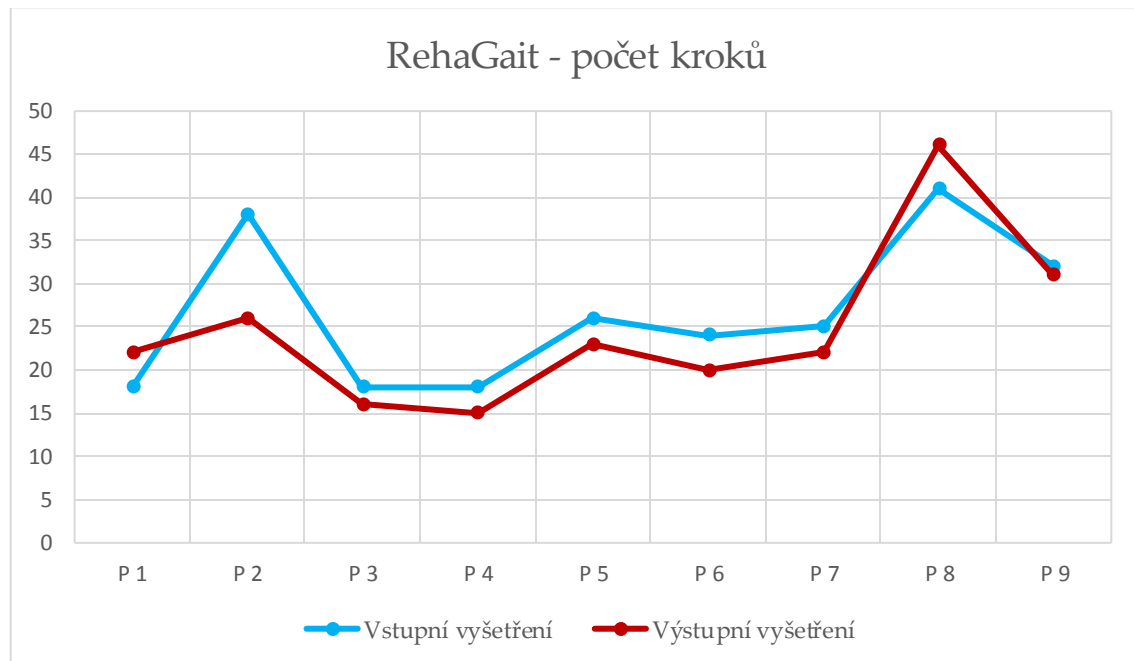
Analýza chůze za pomoci RehaGaitu zaznamenala velice zajímavé hodnoty. Ve výsledcích byly využity jen některé údaje, kde je možné vidět nejvyšší rozdíly



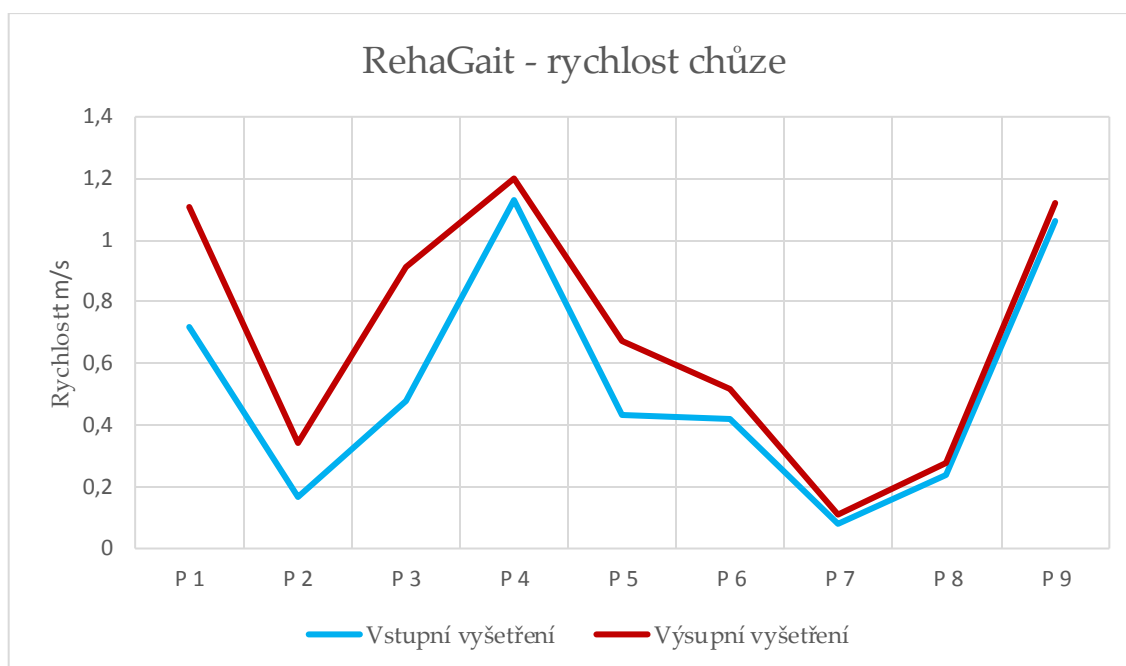
na počátku i na konci terapií. Další vybrané výsledky jsou pro přehlednost vloženy do příloh práce.

V mnoha hodnotách bylo zjištěno prodloužení délky kroku vlivem snížení počtu kroků za stejnou vzdálenost. Čtyři z pěti probandů první skupiny vykázali prodloužení kroku, naopak u druhé skupiny se jednalo pouze o dva z pěti. Jeden z probandů nemohl být testován kvůli neschopnosti samostatné chůze. Signifikantní zlepšení se nedostavilo.

Graf 2 – Spojnicový - Hodnocení RehaGait, počet kroků [zdroj vlastní]



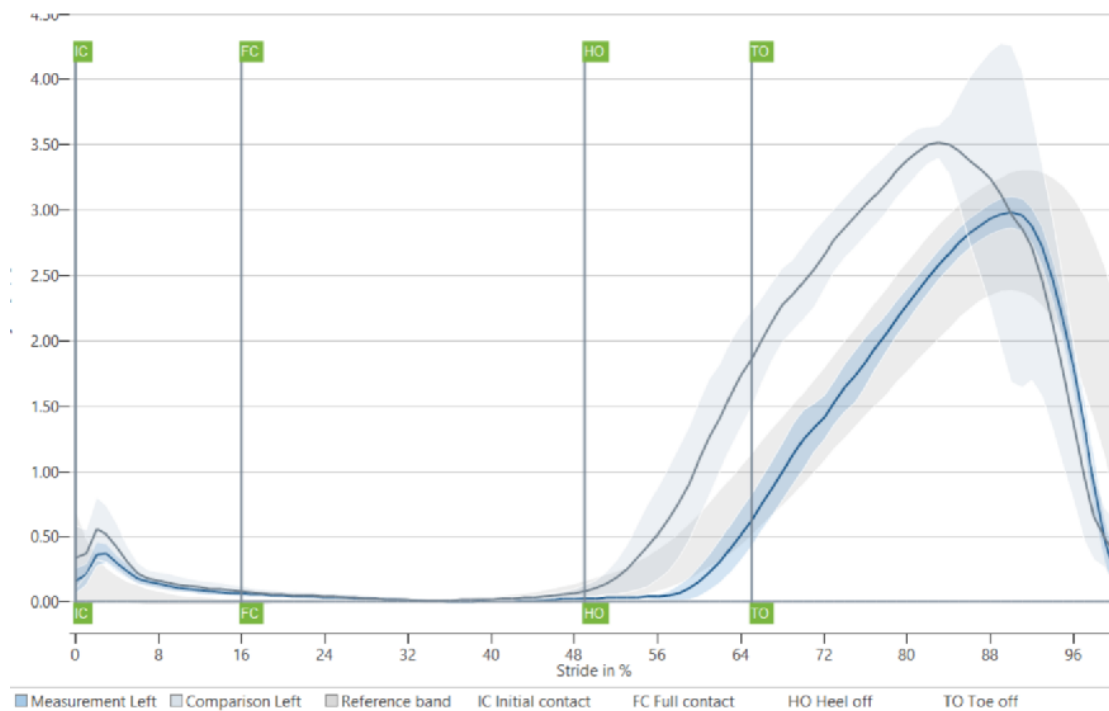
Za pomoci RehaGaitu bylo také možné zhodnotit rychlost chůze, která je v grafu číslo 3 uvedena v metrech za sekundu. Zrychlení lze názorně vidět v grafu u první skupiny prakticky u všech probandů vyjma jednoho. Rychlost chůze se zvýšila oproti vstupnímu vyšetření. Druhá skupina však neprojevila tak veliký pokrok. Hodnoty jsou srovnatelné a k pozorovanému zlepšení došlo pouze u jednoho probanda. Paprskový graf vyjadřuje hodnoty vstupního a výstupního hodnocení analyzované pomocí modulárních senzorů.



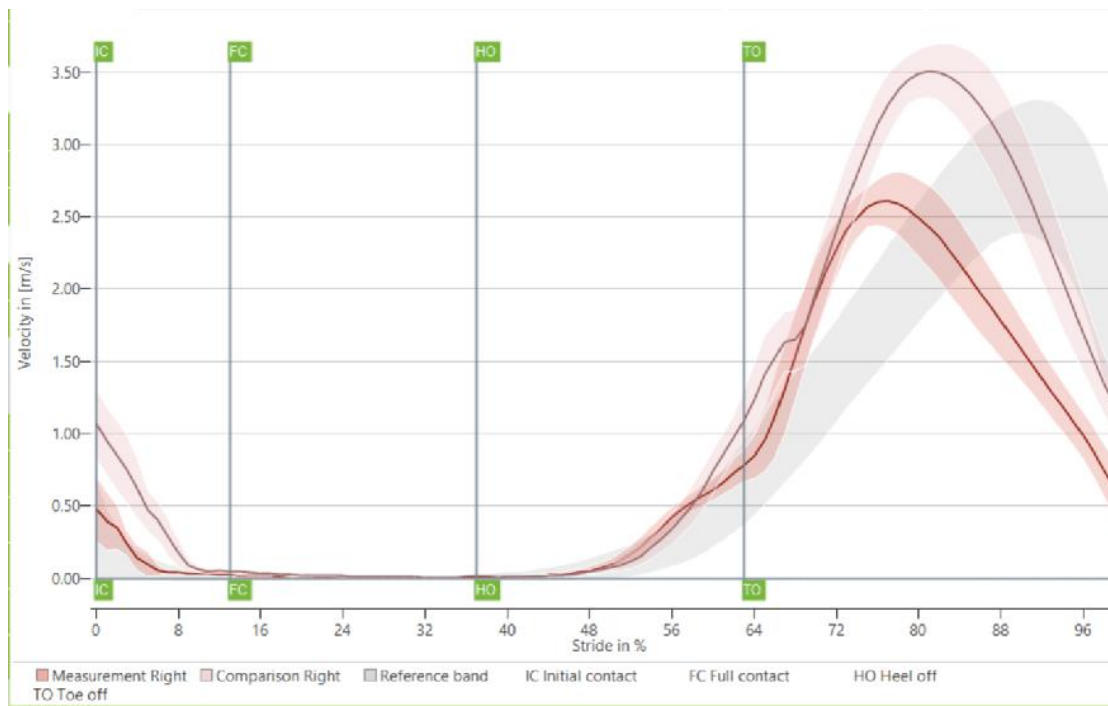
Pro lepší představivost je zde uvedeno srovnání probanda s kladnými výsledky výstupního hodnocení, a naopak druhého probanda, kterému výsledky nedopadly dle prvoplánových představ. Analýza je zpracována přehledně ze samotného systému RehaGait. Další výsledky jsou uvedeny tabulkovou formou v přílohách.

Následující dva obrázky znázorňují grafy, vyjadřují rychlost chůze levé a pravé dolní končetiny jednoho z probandů, u kterého došlo ke zlepšení dat. Analýza na RehaGaitu prokázala značné zvýšení rychlosti chůze, jak na pravé, tak i na levé dolní končetině. Data krásně znázorňují navyšování rychlosti kroku na obou křivkách jejich postupným navyšováním v rozsahu nad první křivku, která byla zaznamenána při vstupním hodnocení. Již od samého začátku je znázorněn počáteční kontakt, který je o více jak 0,50 m/s rychlejší u pravé dolní končetiny. Na levé dolní končetině nenastává tak vysoká změna, navyšování je cca 0,20 m/s. Kontakt celou ploškou, následně odlepení paty od podložky přetrvává ve stejné fázi, jako na počátku.

Razantní změna však nastává při postupném odlepování paty od podložky a dále posledním kontaktu palce u nohy. Zde je krásně vidět na grafu, že se hodnoty navyšují, nyní více u levé dolní končetiny, následně také pravé. Z grafu lze vyčíst, že navýšení rychlosti je u levé dolní končetiny o celý 1 m/s, následně u pravé dolní končetiny je hodnota zpočátku 0,5 m/s, dále 0 m/s, ale nakonec se vyzdvihne také o 1 m/s, jako u levé dolní končetiny.



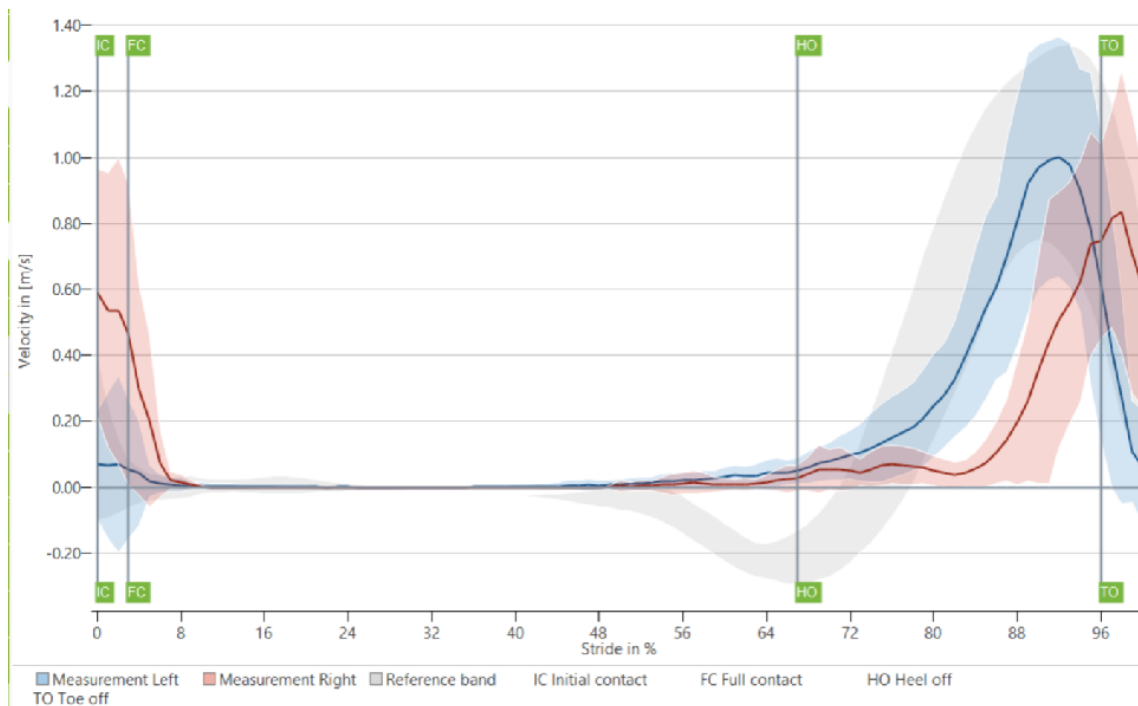
Obrázek 5.1 - RehaGait – Příklad hodnocení chůze levé dolní končetiny [zdroj vlastní]



Obrázek 5.2 - RehaGait – Příklad hodnocení chůze pravé dolní končetiny [zdroj vlastní]

Oproti předešlému hodnocení jsou výsledná data dalšího probanda zdánlivě horší. Z důvodu menších naměřených hodnot vyjadřující rozptýl hodnocených dat jsou výsledky vyjádřeny v jednom grafu. Naměřené hodnoty oproti vstupnímu vyšetření nevykazují žádné pokroky. V některých částech jsou i mírně zhoršeny. Může to však ovlivňovat fakt, že se probandi po chůzi na robotickém přístroji určeném pro lokomoční terapii exoskeletonového typu více soustředili na chůzi jako samotnou. Z tohoto důvodu se mohla rychlost snížit za účelem dosažení kvalitnější chůze, vyššímu zapojování motorických funkcí a samotné lokomoce.

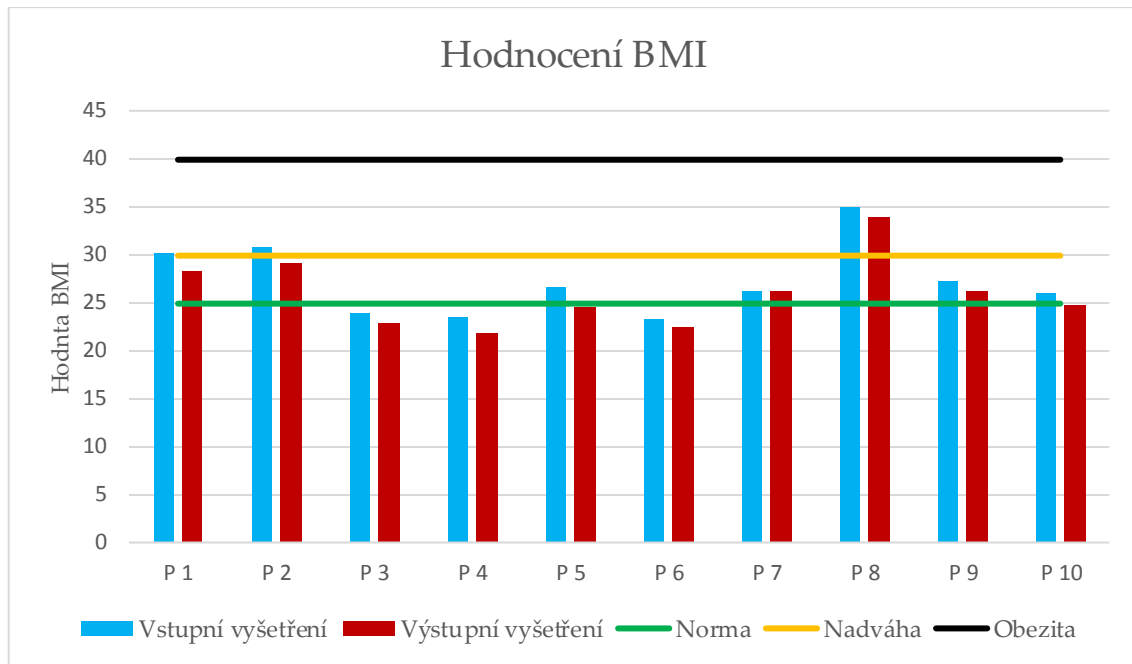
V souvislosti s předcházejícími výsledky se dá také hovořit o samotném zhoršení rychlosti chůze v rámci „špatného dnu“, kdy probandovy výsledky nebyly adekvátní jeho normálním parametrům. Také se mohla stát chyba v samotném měření z důvodu špatné kalibrace, nebo chybě při měření z autorčiny strany.



Obrázek 5.3 - RehaGait – Příklad hodnocení rychlosti chůze dolních končetin [zdroj vlastní]

V rámci hodnocení bioimpedance bylo za pomoci Bodystat mimo jiné hodnoceno BMI na počátku i na konci terapií. Výsledné údaje prokázaly zlepšení klinického stavu na normální hodnotu 20 – 24,9 u 50 % P, nadváhu 25 – 29,9 u 40 % P a obezitu 30 – 39,9 pouze u 10 % P. 90 % probandů se zlepšilo, 10 % však zůstalo na stejné hodnotě, jako na počátku terapií.

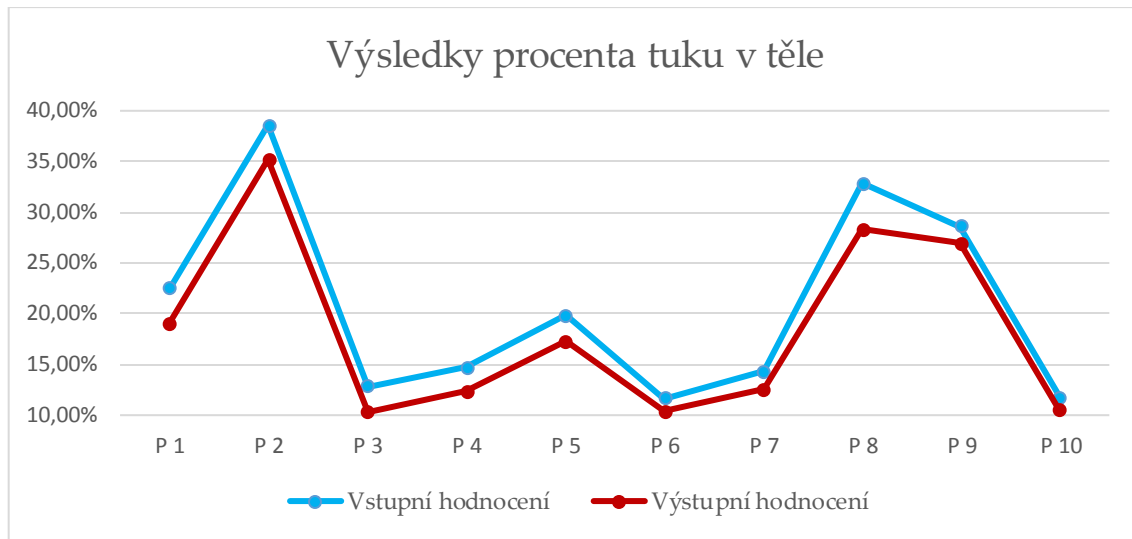
Graf 4 - Kombinovaný – BMI - vstupní, výstupní hodnocení [zdroj vlastní]



Vlivem navýšení pohybové aktivity, kalorické spotřeby a intenzivní chůze na robotickém přístroji bylo ovlivněno tělesné složení, snížení procent tuku, hmotnosti těla, navýšení vody a bazálního metabolismu. Spojnicový graf číslo 5 přehledně prokazuje snížení procenta tuku v těle u každého probanda po závěrečném vyhodnocení ukončení terapií. Všechny výsledné hodnoty získané z měření Bodystat jsou přiloženy v tabulce v přílohách.

Rozdíl mezi první a druhou skupinou je zde minimální. Výraznější hodnoty mohou být přičteny první skupině, ale také v mnoha údajích skupině druhé. Je zde však názorně vidět, že vlivem společných terapií a pravidelnému pohybu došlo ke snížení procent tuku v těle. Klinický stav probandů se tedy zlepšil u všech po dobu 10 terapií bez ohledu na využití facilitačních prvků v roboticky asistované rehabilitaci.

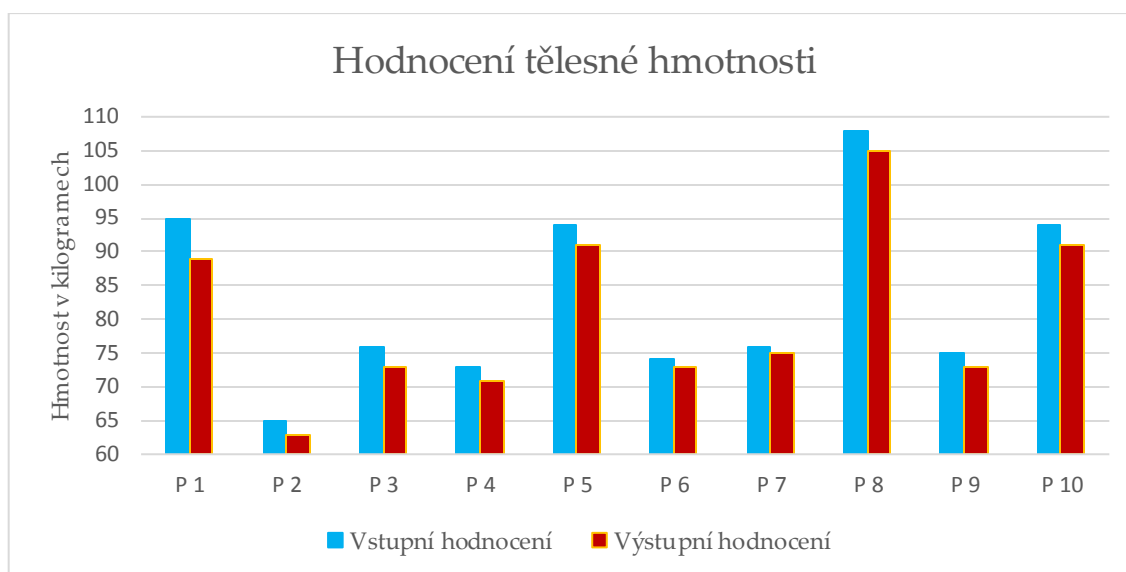
Graf 5 - Spojnicový – Bodystat - výsledky procenta tuku v těle [zdroj vlastní]



Tělesná hmotnost probandů se z mírné části snížila v rozmezí 1-6 kg. Sami probandi i jejich příbuzní subjektivně posoudili viditelný úbytek hmotnosti, i když převážná většina docházela na terapie v době okolo Vánočních svátků, kdy jejich výživové plány nebyly vzorové. S ohledem na tuto skutečnost se podařilo probandům v rámci navýšení pohybové aktivity shodit nadbytečné kilogramy. V rámci úbytku hmotnosti nesmí být opomenuto navýšení svalové hmoty, které však nelze přesně určit vlivem nedostatečných dat zajišťující Bodystat. Ačkoliv je svalová hmota těžší než tuková, i přes to bylo zaznamenáno úbytku hmotnosti.

Nelze však říci, o jak radikální zvrát se jedná vlivem nedostatečných informací v průběhu terapií, kdy se mohla tuková hmota snižovat, a svalová postupně zvyšovat. Kdyby se jednalo pouze o hmotnost tukové hmoty bez svalové, mohly by být data jiná, ne-li v některých parametrem vyšší. Porovnání mezi oběma skupinami je podobné jako u hodnocení procent tuku v těle. Ve výsledcích jsou zaznamenány opět nižší hodnoty u obou skupin. Rozdíl mezi skupinami je pouze pár kilogramů, jejichž vyšší procenta v rozdílu jsou viditelná u první skupiny, nelze však říci, že by byl tento rozdíl radikální.

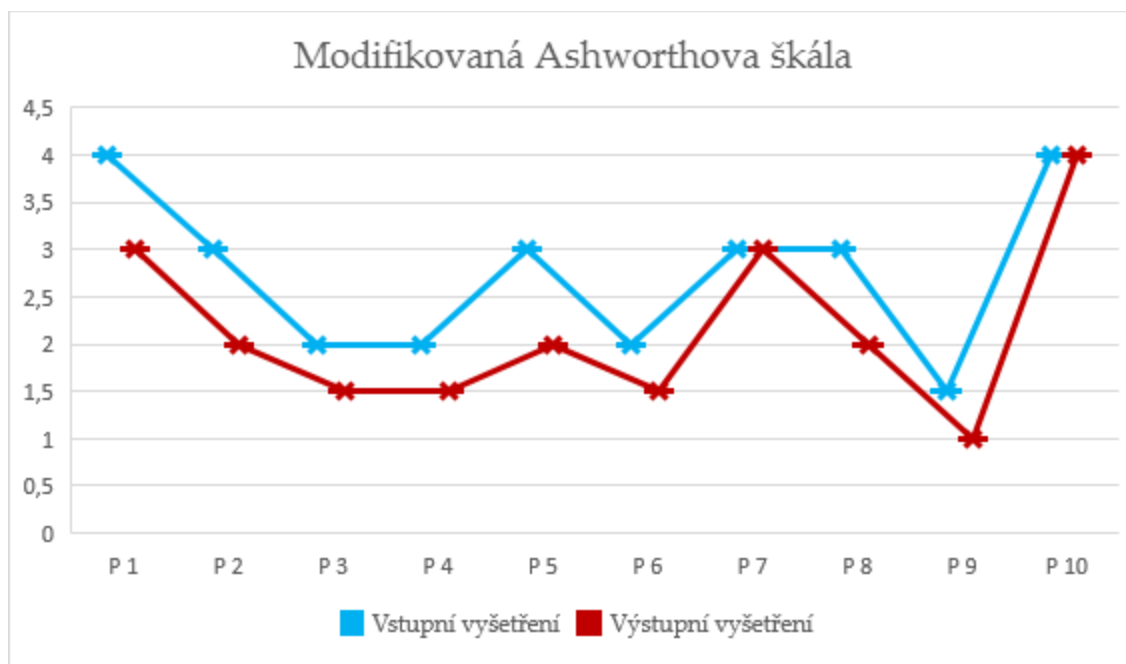
Graf 6 – Sloupcový - Hodnocení tělesné hmotnosti [zdroj vlastní]



V rámci kontrolního vyšetření bylo také využito hodnocení spasticity za pomoci Modifikované Ashworthovy škály, které prokázalo u většiny probandů zlepšení o jeden stupeň na dolní končetině viz krabicový graf číslo 7. Prokázalo se tedy, že přístroj pro lokomoční terapii exoskeletonového typu může mít vliv na spasticitu, ať už částečně, či výrazně. Někteří měli ale stejný výsledek na počátku i na konci sérií. Zlepšení bylo vyhodnoceno u všech probandů, vyjma dvou, kteří byli ve druhé skupině. Lze tak dojít k tvrzení, že facilitační prvky ve spojení s roboticky asistovanou rehabilitací dokážou více pomoci pacientům ovlivnit spasticitu, než když je terapie vedena bez nich.



Graf 7 - Krabicový – Modifikovaná Ashworthova škála - vstupní, výstupní hodnocení [zdroj vlastní]



Data zpracovaná z ReoAmbulatoru jsou znázorněna v tabulce 5.1. Jsou zde přehledně uvedeny minimální i maximální hodnoty po dobu všech terapií. Výraznější rozdíly mohou být viditelné u skupiny číslo 1.

Tabulka 5.1 - Porovnání maximální a minimální hodnoty na ReoAmbulatoru [zdroj vlastní]

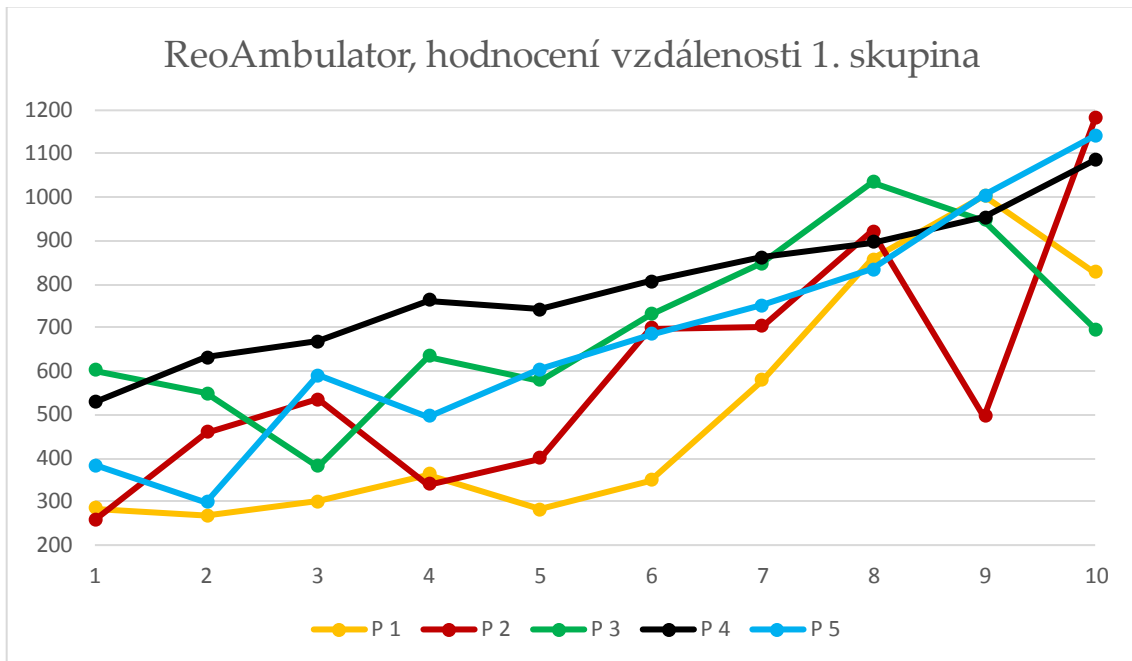
ReoAmbulator							
Proband	Skupina	Čas (min)	Distanc (m)	Kroky	Rychlost (km/h)	Cadence	Kalorie
1.	1	17,04	268	427	0,9	40	34
		27,46	1003	1860	2,6	88	79
2.	1	17,54	258	512	0,9	23	31
		49,25	1181	2337	1,4	47	95
3.	1	16,47	380	669	1,4	40	37
		35,2	1034	1824	1,8	52	85
4.	1	25,1	529	922	1,3	37	53
		40,21	1086	1892	1,7	48	91
5.	1	18,3	298	462	0,8	23	53
		36,9	1142	1904	1,5	49	97
6.	2	25,22	457	807	0,9	29	53
		37,11	786	1388	1,4	42	77
7.	2	18,09	250	415	0,6	16	30
		32,11	534	876	1,1	29	53
8.	2	19,17	335	555	0,9	25	57
		31,4	704	1162	1,4	39	96
9.	2	26,3	581	943	1,2	34	52
		41,8	935	1503	1,7	51	83
10.	2	40,21	841	1303	1,1	27	80
		47,44	1187	1830	1,5	38	94

Pro podrobnější analýzu byl využit bodový graf číslo 8, který názorně ukazuje všechny hodnoty určující vzdálenost po dobu všech 10 terapií. Pro lepší přehlednost byly skupiny rozděleny do dvou grafů. U obou skupin je přehledně vidět, že terapie nepostupovaly k přímému pravidelnému navyšování, ale postupnému zlepšování i zhoršování.

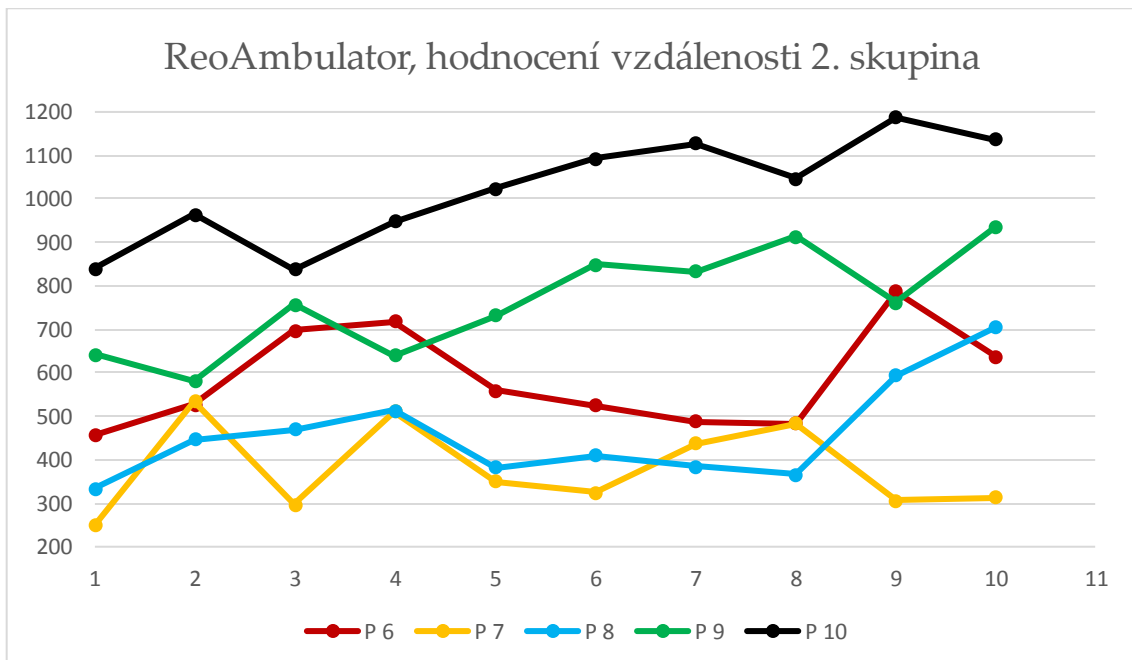
Můžeme však zhodnotit výsledek terapií za účinný, neboť výsledná data jsou pozitivního charakteru. ReoAmbulator má vliv na mnoho funkcí a díky jeho jedinečnému softwaru je možné sledovat po dobu terapie mnoho parametrů. Můžeme si povšimnout postupného navyšování rychlosti chůze, jejímž důsledkem se zlepšuje i počet kroků a ostatních hodnot. V tabulce i grafech je názorně zaznamenána skutečnost zlepšení výsledných hodnot navyšováním

počtu terapií. Vlivem pravidelného opakování dochází k navýšení fyzické kondice, zlepšení tělesné zdatnosti a dosažení lepších výkonů.

Graf 8 – Bodový - Hodnocení vzdálenosti na ReoAmbulatoru 1. skupina [zdroj vlastní]



Graf 9- Bodový - Hodnocení vzdálenosti na ReoAmbulatoru 2. skupina [zdroj vlastní]



Docílením pravidelné chůze u probandů, kteří jsou převážný čas upoutáni na invalidní vozík a nastavení pevného režimu způsobilo zlepšení klinického stavu probandů. V rámci porovnání mezi dvěma skupinami výsledné hodnoty prokázaly lepší údaje u první skupiny. Ačkoli některé výsledky byly shodné, většina byla však identifikována ať už o minimum, či výrazně vyšší progres u probandů P1 – P5.

Výsledky potvrdily teorii, že by bylo vhodné využít facilitační prvky v rámci roboticky asistované rehabilitace, abychom dosáhli lepších výsledků terapie.

## 6 DISKUZE

Vliv facilitačních prvků u roboticky asistované rehabilitace je v současné době společně s terapií i nadále jev, který se musí bezprostředně rozvíjet, za pomoci výzkumů a odborných studií rozšiřovat nové možnosti dalších přístupů. S ohledem na přibývající množství pacientů a nedostatek zdravotnického personálu je neustále vyšší poptávka po robotických přístrojích, jejichž modernizace se každým dnem navyšuje. Přístroj určený k lokomoční terapii exoskeletonového typu ReoAmbulator je jedním z vyhledávaných, ale i obávaných přístrojů své generace. Mnoho rehabilitačních zařízení si z velké části pořídí Lokomat, který je lépe dostupný, a i nadále se rozvíjí s novějšími parametry. ReoAmbulator pochází z Izraelské firmy, která již zanikla, z tohoto důvodu se již bohužel nedá koupit.

Dle výčtu facilitačních prvků Krejčové a Baola viz tabulka číslo 3.1 je možné využít velikou část z nich i na robotickém přístroji. Důležitým faktorem je však motivace i cílená instruktáž pacientů, která je nedílnou součástí terapií. Pacienti s vidinou zlepšení klinických výsledků odvedou větší výkon, jež je požadovaný k docílení předpovídaných hodnot. Včasné zařazení terapií je velice důležité pro zlepšení stavu pacienta. [19]

Vlivem neustálého opakování pohybů i navýšení pohybové aktivity dochází ke snížení tělesné hmotnosti včetně BMI. Nesmí být však opomenuto snížení tělesného tuku v těle, ale i navýšení svalové síly i hmotnosti. Pacienti tak zlepši svou fyzickou kondici, cítí se lépe, zvládají vyšší počty opakování a nejsou tolik unavení, jako na počátku terapií.

Odborné studie pojednávají o mnoha přístrojích určených pro lokomoční terapii exoskeletonového typu různých výrobců, však o ReoAmbulatoru se nezmiňují, či minimálně. V roboticky asistované rehabilitaci je celá řada

výzkumů, které se věnují analýze pohybu. O účelu zlepšení klinického stavu pojednává odborná studie od Fiedorové a kol., kde uvádí pouze jedna shodná data, která představují vliv pravidelného tréninku na složení těla, další jej vyvozují. [57]

Randomizovaná kontrolovaná pilotní studie zabývající se účinky lokomočního tréninku od Hausemannové a kol. ve výsledcích 30 probandů uvádí po 4týdenní intenzivní terapii na Lokomatu augmentovaný kompartment, snížení procent tuku v těle včetně tělesné hmotnosti v průměru o 1,3 kg. Přestože mezi skupinami nepozorovali žádný rozdíl funkčního skóre, skupina využívající Lokomat prokázala výhodu lokomočního tréninku oproti klasické fyzioterapii ve zlepšení abnormalit chůze i tělesné struktury. Výsledek tedy naznačuje nárůst svalové tkáně. [57, 58]

Studie potvrzuje získané výsledky diplomové práce, kde bylo též zjištěno snížení procenta tuku v těle, úbytek tělesné hmotnosti a zlepšení BMI. Ačkoliv převážná většina odborných studií neprokazuje stejné hodnoty, ani nevylučuje, o výsledcích by se dalo lehce polemizovat, s ohledem na navýšení svalové hmoty, která docílí navýšení tělesné hmotnosti, i přes současný úbytek procenta tuku v těle. V odborných studiích by bylo vhodné se více zacílit na využití facilitačních prvků v součinnosti s tělesnou strukturou těla a podrobnou analýzou tkáně. Úbytkem tělesné hmotnosti může dojít ke zlepšení fyzických zdatností i výkonů v lokomoční terapii. [57, 58]

Analýza dat odborné studie Hausemann a spol. prokazují významný nárůst pozitivních hodnot standardizovaných funkčních škál, které nasvědčují klinicky relevantnímu zvýšení motorických funkcí. Data též nastiňují delší dobu cvičení, provádění více cyklů chůze, navýšení rychlosti chůze po 8 týdnech tréninku. Následkem terapie na přístroji určenému pro lokomoční terapii

exoskeletonového typu společně s virtuální realitou jsou pacienti schopni se déle podpírat na paretické končetině, vlivem kterého se stává chůze symetričtější. [58]

Na robotickém exoskeletonu s podporou chůze na běžeckém pásu byly registrovány pozitivní účinky rychlosti chůze. Pravidelným opakováním je možné postupně při tréninku navyšovat tempo. S ohledem na výkonnost pacienta se dostáváme do přirozeného lokomočního pohybu, který lze řádnou repeticí vštípit do podvědomí. Motorické funkce se tak obnovují, protože snížení aktivity bylo nejvýraznější při nízkých rychlostech a vysokých úrovních podpory tělesné hmotnosti. [59]

Zvýšení rychlosti chůze se v rámci praktické části potvrdilo více u probandů, kteří byli ve skupině spojené s facilitačními prvky. V rámci terapie jsou jimi pacienti pobízeni, aby dosáhli co nejvyšších výkonů. Sama terapie je pro ně i proto záživnější, neboť se soustředí na více věcí najednou.

Kammen a spol. popisují zajímavá fakta ve studii z roku 2019 jež vyjadřuje různé vedení i podporu tělesné hmotnosti, které mají malý vliv na svalovou aktivitu, přičemž zvýšení rychlosti běžeckého pásu vede ke zvýšení aktivity postižené končetiny, tak ale i zdravé. Úroveň časové symetrie nebyla však ovlivněna nastavením parametrů. V závěru popisuje neúčinnost při formování krátkodobé svalové aktivity a symetrie kroku pacientů, protože rychlost je jediným parametrem, který ovlivňuje svalovou amplitudu. [59]

Studie prokazuje, že svalová amplituda je při chůzi obecně nízká, ale rychlost běžeckého trenažéru je hlavním tréninkovým parametrem ovlivňujícím svaly. Finální výkon může mít proměnlivé vedení a podpora hmotnosti může být v rámci klinického relevantního rozsahu minimálně ovlivněna svalovou aktivitu

a symetrii tréninkových parametrů. Hodnocení vyjadřuje doporučení zvýšit rychlost co nejdříve, jak je možné během terapie, nebo využít jiné prostředky pro stimulaci zapojení pacientů do tréninku. [59]

Dierick a kol. zaznamenali výsledky zlepšení rovnováhy a kognitivních schopností. I přes to popisuje významné zlepšení svalové síly dolních končetin, denních aktivit i mobility. Vyzdvihuje však veliký vliv konvenční terapie, která může být dle jeho slov efektivnější než robotická rehabilitace z mnoha důvodů. Spolu s terapeutem dochází k vysoce opakujícím se pohybům a podstupují přesný nácvik chůze. Fyzioterapeut poskytne manuální pomoc postižené končetině ve švihové i stojné fázi. Snížením naváděcí síly povzbuzuje pacienty k aktivnímu úsilí a vyvolání aktivnější svalové kontrakce během tréninku. [60]

Tuto teorii však vyvozuje Hidera a kol. kteří uvádí, že tradiční fyzioterapie pacientů s problémy s rovnováhou a pohyblivostí obvykle používá nízké dávky, malou intenzitu a tempo vedené praktikováním funkčních úkolů. Trénink na robotu však nezahrnuje několik aktivit důležitých pro zobecnění motorického učení, jako je kontrola držení těla a překračování předmětů. Proto jsou toho názoru, že by se měly tyto dvě terapie kombinovat, aby nebyly opomenuty zásadní aktivity. [61]

Nelze tak však vyloučit že nebudou výsledky ovlivněny, pokud dojde k propojení roboticky asistované rehabilitace a facilitačních prvků. Když bude řádně zacíleno na dané prvky, nelze tak vyloučit nezahrnutí aktivit důležitých pro motorické učení jak Hidera a kol. popisují. Facilitační prvky ve spojení s robotikou by mohly mít stejný ne-li vyšší účinek jako samotná manuální terapie. [61]



Lee a kol. uvádí zjištění, že je pro terapii nejlepší robotická rehabilitace. Naváděcí síla během tréninku chůze byla spojena se senzomotorickou kortexovou aktivitou, která se prokázala jako klíčová pro motorické učení. Dále také popisuje vyšší motorické učení a funkce chůze, které vede ke zvýšení rychlosti chůze na běžeckém pásu. Prokázalo se také navýšení svalové aktivity, jež je velice zásadní pro další rozvíjení a docílení významného vlivu na výsledky rehabilitace. [62]

Ve své studii však neuvádí, zda byla propojena s virtuální realitou či nikoliv. Pro motorické učení a kortexovou terapii by mohla docílit navýšení aktivity i rychlosti chůze. Vlivem odpoutání od pozornosti může být docíleno navýšení samotné lokomoce a významnému ovlivnění výsledků terapie. [62]

Navrhovaný mechanismus k aktivaci center popisují Nam a kol. K činnosti pohybových center jsou zapotřebí synchronní reciproční pohyby obou nohou, stimulující normální chůzi. K provádění recipročních pohybů, které by měly být symetrické a fyziologické, aby účinně stimulovaly pohybová centra. S podporou tělesné hmotnosti pro stimulaci pohybových center a tím aktivaci postižených svalů, dochází k navýšení rychlosti i kvantity chůze, zlepšení regenerace, došlapu i postižené končetiny. Skupina sledovaná v této studii prokázala významné zlepšení vzdálenosti chůze, síly, funkční úrovně mobility a nezávislosti. Byla také však zlepšena rovnováha a rychlost, která se ukázala jako slibná při obnově chůze. Zlepšení pohybových schopností tak může umožnit udržení zdravého životního stylu a zvýšení úrovně fyzické aktivity. [63]

Tyto odborné studie prokazují podobné hodnoty, které byly zaznamenány také v praktické části diplomové práce. Většina pacientů dosáhla zlepšení výkonu, ačkoliv některé teorie vylučují pozitivní přínos robotické rehabilitace, nebo se drží názoru, že je ideální spojení klasické rehabilitace s robotickou.

I přes to se data shodují při navýšení fyzického výkonu pacientů, lepšího času i navýšení vzdálenosti a rychlosti chůze. V rámci studií byly také v rámci facilitačních prvků využity reciproční pohyby, které mohou mít také veliký vliv na navýšení samotného výkonu.

Güemez a spol. také popisují, že není nejlepší způsob hodnocení tréninku na robotickém exoskeletonu pozorování rychlosti. Měly by se spíše sloučit výsledky ze samotného přístroje, pokroky v chůzi, síle i funkčnosti jako takové. Vzhledem k tomu že se jedná o dynamickou oblast neměl by být brán zřetel na rychlost a kvantitu, ale naopak na kvalitu pohybu, kterou lze za pomoci robotického přístroje a neustálým opakováním analyzovat a následně procvičovat. [64]

S ohledem na tuto skutečnost se vylučuje s tvrzením Lee a kol., kteří naopak podporují navýšení rychlosti z důvodu následného navýšení svalové aktivity. Tento názor také opětuje Kammen, který si zakládá na pravidelném navyšování rychlosti brzkou dobu, z důvodu svalové aktivity i stimulace při samotném tréninku. Postupné navyšování rychlosti by mělo pacientům pomoci se dříve a rychleji dostat do pravidelného režimu a vyvolat požadující motorickou odpověď. [59, 62]

Teorie všech studií se zdají být přínosné, avšak v průběhu součinnosti s pacienty diplomové práce se také osvědčil fakt, že postupné navyšování jim více než prospívá. Bylo by však zapotřebí užití facilitačních prvků, neboť výsledky z ReoAmbulatoru první skupiny prokázaly lepší hodnoty než druhá skupina. U některých vyvolaný podnět k větší motivaci, dosažením jimi nastaveného cíle, ale i nadále se plně rozvíjet. Pokud některé terapie zůstávali probandi na stejných hodnotách, někdy i horších, vyvolávalo to v nich spíše demotivaci. Z tohoto důvodu se také přikláním k autorům, kteří

jsou toho názoru, že je rychlost důležitá pro samotnou terapii, pokud ji pacienti zvládají a neovlivní se tím tak zhoršení ostatních parametrů. [64]

Robotická rehabilitace má také jednu z dalších výhod ovlivnit spasticitu končetiny pacienta, kterou popisují Alashram a kol. Vlivem neustálého motorického učení a tréninku může Lokomat i podobné přístroje exoskeletonového typu ovlivnit spasticitu dolních končetin v omezených účincích. Dle studie není možné spasticitu plně eliminovat, ale je možné ji z části snížit o stupeň či více. Studie prokazuje menší rozdíly v oblasti dolních končetin, však pouze u části pacientů, někteří neprojevili žádné změny. Výsledky však mohou být z části zkresleny, neboť pacienti docházeli v průběhu terapií i na klasickou manuální rehabilitaci. [65]

Studiem spasticity společně s roboticky asistovanou rehabilitací a lokomočním tréninkem se zabýval i Mirhaberi a kol. Sledovali účinky roboticky asistovaného lokomočního tréninku na spasticitu a volní kontrakci spastických svalů. Spasticita byla charakterizována ve smyslu neuromuskulárních abnormalit spojených s postiženým kloubem. Účinek byl stanoven měřením izometrické maximální kontrakce extenzorů a flexorů. Po 4týdenním tréninku výsledky ukazují, že je exoskeleton účinný při snižování spasticity a zlepšení volní kontroly. [66]

Pro diplomovou práci byla taktéž sledována spasticita za pomoci Modifikované Ashworthovy škály, která prokázala zlepšení po 10 trénincích, ale však převážně u probandů první skupiny. Výsledná data se shodují s Mirhaberim, který také sledoval ovlivnění spasticity. Hodnocení probíhalo na konci terapie po odchození na ReoAmbulatoru. Někteří z probandů reagovali na hezké počasí, či nepříznivé. Část z nich však nereagovala na počasí, momentální náladu ani zlepšení po ukončení terapie. Hodnoty první a druhé

skupiny byly ovlivněny i z části facilitačními prvky. Mnoho probandů reagovalo pozitivně na facilitaci z povrchových receptorů. Díky hlazení či poklepům docházelo k stimulaci končetin a mírnému snížení spasticity. Probandi velice příznivě reagovali.

Tyto data však vylučuje Shackletonová a kol. která pozorovala spasticitu u lokomočního tréninku za pomoci robota. Sledovali také vliv na bolest i kvalitu života. Ani jedna intervence nezměnila příznaky spasticity a intenzita bolesti se zvýšila o pár procent. Navzdory navýšeného hodnocení bolesti a žádným změnám symptomů spasticity za 24 dní, došlo pouze ke zvýšení kvality života. Studie bude však nadále pokračovat ve výzkumu a nadále pozorovat vliv spasticity na lokomoční trénink. [67]

Výsledky této studie nepotvrdily důkaz o ovlivnění spasticity, ale také jej ani nevyvrátily. Mnohá zjištění doplňují fakt, že velká část pacientů dochází pravidelně na botulotoxinové injekce k uvolnění spasticity, z tohoto důvodu mohou být výsledky poněkud zkreslené. Veliká část studií nadále pozoruje výsledky spasticity společně s robotickou rehabilitací. Do budoucích let se tyto hodnoty mohou potvrdit či vyvrátit úplně. [67]

Zdánlivá většina studií popisuje výrazné zlepšení v oblasti lokomočního pohybu na přístroji určenému k lokomoční terapii exoskeletonového typu. V rámci navýšení intenzity i opakování dochází k obnově motorických funkcí, které jsou nedílnou součástí pro navýšení pohybové schopnosti.

Důkladnou analýzou dat dochází postupně ke zlepšení rychlosti, poměru délky kroku, skóre rovnováhy a chůze jako takové. Prvotní výsledky se zdají být asymetrické, pomalé i metabolicky neefektivní. Tyto vlastnosti jsou spojeny s obtížemi při postupu a nesení váhy přes postiženou končetinu, která většinou vede k nestabilitě a zvýšení rizika pádu. [68]

Sekundárními problémy jsou včetně sníženého svalového tonu snížené kardiopulmonální kapacity, funkčního postižení chůze. Zlepšení lokomoce i chůze je jeden z nejčastějších formulovaných cílů rehabilitace i intervence, která účinně docílí lokomoční funkce, kvalitu života i denní aktivity. [68]

Efektivita lokomočního tréninku stále zůstává nejasná a bylo by vhodné provést studie s jednotlivými facilitačními prvky využívajícími v roboticky asistované rehabilitaci. Výhody přístupu spočívají v zásadním zahájení v co nejčasnější chvíli. Pro trénink je důležitá symetrie, rychlost, rovnováha, vytrvalost, motorika i tělesná konstrukce.

Za pomoci lokomočního tréninku je bilaterálně podpořen symetrický vzor chůze, neboť se pacient snaží aktivně zapojit obě končetiny. Předprogramovaný vzorec chůze odpovídá normální kinematice chůze, načasování cyklu, koordinace, vhodné zatížení i aferentní signalizace. V souladu se všemi studiemi se prokázalo, že rytmický opakující vzor poskytovaný robotickým přístrojem podporuje aktivní zatížení končetin i kinematickou konzistenci. [68]

Studie prokázaly, že pravidelný trénink lokomoční terapie s robotickým přístrojem je vhodný pro obnovení motorických schopností. Nedílnou součástí musí být však včasný terapeutický zásah a motivace pacientů. Samostatný trénink přispívá ke snížení tělesné hmotnosti, jak již bylo osvědčeno v odborných studiích i části diplomové práce.

Mnohá tvrzení části autorů se shodují s významnými výhodami lokomoční terapie ve spojení s facilitačními prvky, i když mají i nadále svá úskalí a musí se pravidelně modernizovat. Diplomová práce byla zaměřena na klinické ovlivnění pacientů v roboticky asistované rehabilitaci, jehož nedílnou součástí byl přístroj ReoAmbulator. Terapie byla zacílena na tento robotický přístroj

určený k lokomoční terapii exoskeletonového typu, díky kterému mohli pacienti pravidelně docházet na terapie a účastnit se tak cíleného ovlivnění chůze. [69, 70]

Výsledky prokázaly mnohá zlepšení, ale i stejné hodnoty po ukončení všech intervencí. Potvrdila se však teorie, že je chůze na robotickém přístroji více než vyhovující, ale mnohá zjištění by bylo třeba ještě do budoucích let lépe prozkoumat a zacílit se na specifické výsledky. Však s využitím facilitačních prvků by mohlo být docíleno zlepšení výkonů a výsledných hodnot.

V robotické rehabilitaci zůstává i nadále mnoho neprozkoumaných míst, které by bylo vhodné do budoucích let otevřít a plně se věnovat. V návaznosti na diplomovou práci by bylo vhodné více se věnovat studiím na ReoAmbulatoru, které v tuto dobu nejsou tolik dosaženy i z možného důvodu neustálého vzniku nových přístrojů pro lokomoční terapii exoskeletonového typu, které se zdají být atraktivnější pro následné výzkumy. Věda se posouvá neustále dopředu a přibývá i odborníků věnující se této problematice. V rehabilitačních zařízeních jsou tyto robotické přístroje nedílnou součástí vybavení, měly by se však dostat i do dalších pracovišť, aby pomáhaly vylepšit kvalitu péče. Tento úsudek je však nereálným řešením, protože finanční náklady jsou tak vysoké, že si jej nemůže dovolit každé pracoviště, i když představa by byla více než krásná. Současně není možné na každé pracoviště obstarat robotický přístroj z důvodu velikosti parametrů přístroje a možnosti dopravy na dané místo. Musíme však doufat, že výzkum půjde dopředu a vzniknou nové přístroje, které budou pomáhat pacientům ve zlepšení funkcí a kvalitě péče. Nesmíme se však bát pokroku a snažit se využít co nejvíce dostupných prostředků, abychom posunuli kvalitu péče na novou úroveň. [69, 70]

V rámci diplomové práce byly využity facilitační prvky, které lze začlenit v lokomoční terapii. Ač jsou i nadále úskalí, se kterými se musíme neustále

potýkat a nemůžeme je z části ovlivnit, snažíme se, aby byla terapie co nejvíce účinná. Z tohoto důvodu je důležité jim předcházet, pokud to však jde a vyvarovat se okolním vlivům, které by nám mohli uškodit.

Můžeme tak potvrdit teorii, že facilitační prvky mohou pomoci pacientům v rámci lokomoční terapie ke zlepšení klinickému stavu, a docílení vyšších výkonů. Důležitým faktem je udržovat pohybovou činnost nadále a neustále pokračovat v nabytém progresu.

Pro diplomovou práci bylo těžké sehnat více probandů z důvodu dojíždění do jiného města, neschopnosti dopravit se sami, nebo nemožnosti dopravit je rodinnými příslušníky do laboratoře. Někteří preferují více komplexní rehabilitaci v rehabilitačním ústavu než docházet pouze na jednu z terapií.

Další limitace, která ovlivnila sběr dat, byla poruchovost přístroje a nutnost opravy. Z tohoto důvodu musela být terapie několikrát odložena nebo zrušena. V návaznosti na následné pokračování a trénink došlo k zhoršení výsledků a postupnému vylepšování v následujících týdnech.

Nesmí být však opomenuta nemoc samotného probanda, nebo jeho rodinného příslušníka, který jej dovážel. Vzhledem k tomu, že všichni probandi dochází do stejného stacionáře došlo ve dvou týdnech k úplnému výpadku probandů díky rozšíření infekce mezi klienty a následné dlouhé léčby. Následkem onemocnění nebyla kondice probandů na vysoké úrovni a jejich hodnoty se opět snížily o několik procent.

Další omezení byla samotná motivace i nálada probandů. „Občas jsou lepší dny, ale někdy zas horší.“ Tento výrok plně vyjadřuje situaci vzniklou s okolností na daný den, naladění pacienta, zdravotní stav, venkovní počasí, spánek, menstruaci u žen, doprovod apod.

S ohledem na výsledky terapií by bylo vhodné začlenit facilitační prvky v co nejvyšším množství, abychom docílili zlepšení co nejvíce výsledků. Ve spojení s roboticky asistovanou rehabilitací by bylo možné s využitím virtuální reality odpoutat pacienta od pozornosti a docílit tak lepších výsledků. Facilitační prvky, které lze využívat v rámci robotiky by bylo vhodné neustále střídát, abychom nedošli k určitému stereotypu, na který si pacient navykne. V rámci diplomové práce byly zodpovězeny všechny výzkumné otázky.

V součinnosti se subjektivním hodnocením probandů i jejich rodinných příslušníků bylo možné zhodnotit výsledky terapie za velice úspěšné. Ačkoliv někteří měli hodnoty výrazně lepší a někteří naopak méně, všichni byli s výsledky, díky zlepšení motorických funkcí, celkové lokomoce, fyzické kondice i klinickému stavu spokojeni. Diplomová práce potvrdila teorii, že vlivem facilitačních prvků je možné docílit zlepšení klinického stavu v rámci lokomoční terapie.



## 7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo odpovědět na výzkumné otázky v rámci zpracování literární rešerše tuzemských i zahraničních studií a vyhodnocení dat získaných v rámci praktické části v robotické laboratoři. Také vyhodnocení klinického efektu lokomoční terapie s propojením facilitačních prvků v roboticky asistované rehabilitaci.

Na základě výsledků dvou skupin, jež jedna využívala v součinnosti s RAR facilitační prvky a druhá nikoliv, bylo objasněno, zda facilitační prvky mohou zlepšit výsledky probanda v robotické laboratoři FBMI ČVUT v rámci deseti terapií, na které probandi docházeli.

Vyhodnocení bylo statisticky zaznamenáno v přehledných tabulkách i grafech, pro lepší přehlednost. Ověřilo se tvrzení, že facilitační prvky mohou pomoci pacientům podat vyšší výkon v rámci robotické rehabilitace na robotickém přístroji určeném pro lokomoční terapii exoskeletonového typu při pravidelném opakování.

V diskuzi byla uvedena komparace výsledků statistických dat včetně srovnání s výsledky zahraniční literatury. Byly zde i udány limitace, které stále tíží zvýšení přínosu robotické rehabilitace. Závěrem byly zhodnoceny výsledky práce, motorické dovednosti a klinické funkce.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
BIA	Bioelectrical Impedance Analysis
BMI	Body Master Index
CMP	Cévní mozková příhoda
CNS	Centrální nervová soustava
Č.	Číslo
ČVUT	České vysoké učení technické
DMO	Dětská mozková obrna
EMG	Elektromyografie
FBMI	Fakulta biomedicínského inženýrství
FFM	Beztuková tělesná hmota
Kg	Kilogramy
Km/h	Kilometry za hodinu
Kol.	Kolektiv
M	Metry
MAŠ	Modifikovaná Ashworthova škála

Min.	Minut
Např.	Například
P	Proband
RAR	Roboticky asistovaná rehabilitace
TUG	Time Up and Go Test
Viz.	To znamená, jmenovitě
VR	Virtuální realita

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. MORONE, Giovanni. Robot-assisted therapy for arm recovery for stroke patients: state of the art and clinical implication. *Expert Rev Med Devices* [online]. 2020, 17(3), 223-233 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32107946/>
2. SALE, P. Use of the robot assisted gait therapy in rehabilitation of patients with stroke and spinal cord injury. *Eur J Phys Rehabil Med* [online]. 2014, 48(1), 111-121 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22543557/>
3. WANG, Wei Shi. Towards Data-Driven Autonomous Robot-Assisted Physical Rehabilitation Therapy. *IEEE Int Conf Rehabil Robot* [online]. 2019, 34-39 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8779555>
4. LI, Yongqiang. Efficacy of a Novel Exoskeletal Robot for Locomotor Rehabilitation in Stroke Patients: A Multi-center, Non-inferiority, Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience* [online]. 2021, (13) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2021.706569/full>
5. PARK, Chanhee. Effects of innovative hip-knee-ankle interlimb coordinated robot training on ambulation, cardiopulmonary function, depression, and fall confidence in acute hemiplegia. *NeuroRehabilitation* [online]. 2020, 46(4), 577-587 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/342142795\\_Effects\\_of\\_innovative\\_hip-knee-ankle\\_interlimb\\_coordinated\\_robot\\_training\\_on\\_ambulation\\_cardiopulmonary\\_function\\_depression\\_and\\_fall\\_confidence\\_in\\_acute\\_hemiplegia](https://www.researchgate.net/publication/342142795_Effects_of_innovative_hip-knee-ankle_interlimb_coordinated_robot_training_on_ambulation_cardiopulmonary_function_depression_and_fall_confidence_in_acute_hemiplegia)
6. LAVER, Kate E. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* [online]. 2017, 11(11) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z:

<https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD008349.pub4/full>

7. LAMBERTI, Nicola. Beneficial Effects of Robot-Assisted Gait Training on Functional Recovery in Women after Stroke: A Cohort Study. *Medicina* [online]. 2021, 57(11) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1648-9144/57/11/1200>
8. JIN, Li Hua. The Effect of Robot-Assisted Gait Training on Locomotor Function and Functional Capability for Daily Activities in Children with Cerebral Palsy: A Single-Blinded, Randomized Cross-Over Trial. *Brain Sci* [online]. 2020, 10(11), 801 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3425/10/11/801>
9. MORONE, Giovanni. Clinical features of patients who might benefit more from walking robotic training. *Restorative Neurology and Neuroscience* [online]. 2018, 36(2), 293-299 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/323673472\\_Clinical\\_features\\_of\\_patients\\_who\\_might\\_benefit\\_more\\_from\\_walking\\_robotic\\_training](https://www.researchgate.net/publication/323673472_Clinical_features_of_patients_who_might_benefit_more_from_walking_robotic_training)
10. PANARESE, Alessandro. Tracking Motor Improvement at the Subtask Level During Robot-Aided Neurorehabilitation of Stroke Patients. *Neurorehabil Neural Repair* [online]. 2014, 26(7), 822-833 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968311431966>
11. WANG, Yiji. Persistent Effect of Gait Exercise Assist Robot Training on Gait Ability and Lower Limb Function of Patients With Subacute Stroke: A Matched Case–Control Study With Three-Dimensional Gait Analysis. *Frontiers in Neurorobotics* [online]. 2020, (14) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2020.00042/full>
12. REIFFER, C. Ammann. Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC Pediatr* . [online]. 2017, 17(1) [cit. 2023-05-11].

Dostupné z: <https://bmcpediatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12887-017-0815-y>

13. COLOMBO, Roberto. Taking a Lesson From Patients' Recovery Strategies to Optimize Training During Robot-Aided Rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* [online]. 2018, 20(3), 276-85 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/47883151/Taking\\_a\\_Lesson\\_From\\_Patients\\_Recovery\\_Strategies\\_to\\_Optimize\\_Training\\_During\\_Robot\\_Aided\\_Rehabilitation](https://www.academia.edu/47883151/Taking_a_Lesson_From_Patients_Recovery_Strategies_to_Optimize_Training_During_Robot_Aided_Rehabilitation)
14. METZGER, Jean-Claude. Assessment-driven selection and adaptation of exercise difficulty in robot-assisted therapy: a pilot study with a hand rehabilitation robot. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation volume* [online]. 2014, 11(154) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-154>
15. NAVRÁTIL, Leoš, ed. *Fyzikální léčebné metody pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-0478-9.
16. KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Druhé vydání. Praha: Galén, [2020]. ISBN 978-80-7492-500-9.
17. JACKMAN, Skyler L. The Mechanisms and Functions of Synaptic Facilitation. *Neuron* [online]. 2017, 94(3), 447-464 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(17\)30155-1?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627317301551%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(17)30155-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627317301551%3Fshowall%3Dtrue)
18. KREJČOVÁ, Marie. *Základy reflexních technik a postupů* [online]. In: . s. 25 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/fsps/jaro2021/bp1849/Zaklady\\_reflexnich\\_metod\\_a\\_postupu.pdf](https://is.muni.cz/el/fsps/jaro2021/bp1849/Zaklady_reflexnich_metod_a_postupu.pdf)

19. HOLUBÁŘOVÁ, Jiřina a Dagmar PAVLŮ. *Propriocepční neuromuskulární facilitace*. 4. vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2022-. ISBN 978-80-246-5296-2.
20. BAO, Jin. Target-Dependent Feedforward Inhibition Mediated by Short-Term Synaptic Plasticity in the Cerebellum. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience* [online]. 2014, 30(24), 8171-8179 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/44679756\\_Target-Dependent\\_Feedforward\\_Inhibition\\_Mediated\\_by\\_Short-Term\\_Synaptic\\_Plasticity\\_in\\_the\\_Cerebellum](https://www.researchgate.net/publication/44679756_Target-Dependent_Feedforward_Inhibition_Mediated_by_Short-Term_Synaptic_Plasticity_in_the_Cerebellum)
21. MORENO, A. Frequency-Dependent Gating of Hippocampal-Neocortical Interactions. *Cerebral Cortex* [online]. 2015, 26(5), 2105-2114 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/25761637>
22. PROCHAZKOVA, Marie. Brain activity changes following neuroproprioceptive "facilitation, inhibition" physiotherapy in multiple sclerosis: a parallel group randomized comparison of two approaches. *Eur J Phys Rehabil Med* . [online]. 2021, 57(3), 356-365 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Brain-activity-changes-following-%22facilitation%2C-in-Prochazkova-Tint%C4%9Bra/0235e5fe15ded10f2748532359dc1470576fcbcf>
23. WEI, Wenchuan. Towards On-Demand Virtual Physical Therapist Machine Learning-Based Patient Action Understanding, Assessment and Task Recommendation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* [online]. 2019, 27(9), 1824-1835 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <http://cwc.ucsd.edu/sites/cwc.ucsd.edu/files/Towards%20On-Demand%20Virtual%20Physical%20Therapist.pdf>
24. PORRAS, Desiderio Cano. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait. *Neurology* [online]. 2018, 90(22), 1017-1025 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://n.neurology.org/content/90/22/1017>

25. IOANNOU, Androniki. Virtual Reality and Symptoms Management of Anxiety, Depression, Fatigue, and Pain: A Systematic Review. *SAGE Open Nurs* [online]. 2020, (6) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2377960820936163>
26. KRAGTING, Maaïke. Using Visual Feedback Manipulation in Virtual Reality to Influence Pain-Free Range of Motion in People with Nonspecific Neck Pain. *Pain Pract* [online]. 2021, 21(4), 428-437 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/papr.12971>
27. KIPER, Paweł. Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2018, 99(5), 834-842 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(18\)30099-6/fulltext](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(18)30099-6/fulltext)
28. PHILLIPPI, Julia C. The Motivation-Facilitation Theory of Prenatal Care Access. *J Midwifery Womens Health* [online]. 2013, 58(5), 509-515 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jmwh.12041>
29. TURNER, Ashley R. Intrinsic motivation in exercise: A concept analysis. *Nurs Forum* [online]. 2022, 57(1), 136-143 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nuf.12658>
30. KOTOV, S. V. Rehabilitation potential of post-stroke patients training for kinesthetic movement imagination: Motor and cognitive aspects. *SpringerLink* [online]. 2017, (43), 532-541 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1134/S0362119717050097>
31. BOBROVA, Elena V. Success of Hand Movement Imagination Depends on Personality Traits, Brain Asymmetry, and Degree of Handedness. *Brain Sci* [online]. 2021, 11(7) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3425/11/7/853>
32. VAŘEKA, Ivan. Robotická rehabilitace chůze. *Česká a Slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2016, 112(2), 168-172 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z:



[https://www.researchgate.net/publication/305220367\\_Roboticka\\_rehabilitace\\_chuze](https://www.researchgate.net/publication/305220367_Roboticka_rehabilitace_chuze)

33. HESSE, Stefan. Locomotor therapy in neurorehabilitation. *Neurorehabilitation* [online]. 2013, 16(3), 133-9 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/11567527\\_Locomotor\\_therapy\\_in\\_neurorehabilitation](https://www.researchgate.net/publication/11567527_Locomotor_therapy_in_neurorehabilitation)
34. TEJADA, María Carratalá. Reflex Locomotion Therapy for Balance, Gait, and Fatigue Rehabilitation in Subjects with Multiple Sclerosis. *J Clin Med* [online]. 2022, 11(3) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8836377/>
35. KHAN, Fary. Neurorehabilitation: applied neuroplasticity. *Journal of Neurology* [online]. 2017, 264(3), 603–615 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00415-016-8307-9>
36. DYLEVSKÝ, Ivan. *Klinická kineziologie a patokineziologie*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-0230-3.
37. ROACHE, Kelly. *Neuroplasticity: Newest Guide to Working Brain Plasticity*. 1. Bengion Cosalas, 2021. ISBN 9781774852941.
38. ESTEBAN, Ismael Sanz. Cortical activity during sensorial tactile stimulation in healthy adults through Vojta therapy. A randomized pilot controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* [online]. 2021, 18(1) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-021-00824-4>
39. SCHWARZER, Gudrun. Locomotion training contributes to 6-month-old infants' mental rotation ability. *Hum Mov Sci* [online]. 2022, (85) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35952408/>
40. BELLAMY, Anne Deblock. Virtual reality-based assessment of cognitive-locomotor interference in healthy young adults. *J Neuroeng Rehabil* [online]. 2021, 18(1) [cit. 2023-05-11]. Dostupné z:

<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-021-00834-2>

41. ZAJAC, Felix E. Biomechanics and muscle coordination of human walking: Part II: Lessons from dynamical simulations and clinical implications. *Gait and Posture* [online]. 2003, 17(1), 1-17 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636202000693?via%3Dihub>
42. PERRY, Jacquelin. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. 1. New Jersey: Slack Incorporated, 2010. ISBN 978- 1556427664.
43. SUTHERLAND, D. The development of mature gait. *Gait & Posture* [online]. 1997, 6(2), 163-170 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636297000295>
44. WINTER, D A. Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *Journal of Biomechanics* [online]. 1980, 13(11), 923-927 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0021929080901621?via%3Dihub>
45. VAŘEKA, I. Kineziologie chůze. *Rehabilitace a fyzikální vzdělání* [online]. 2018, 25(2), 81-86 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Vareka/publication/327594975\\_Kineziologie\\_chuze/links/5b990287299bf14ad4d307b3/Kineziologie-chuze.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Vareka/publication/327594975_Kineziologie_chuze/links/5b990287299bf14ad4d307b3/Kineziologie-chuze.pdf)
46. CHAN, Carl W. Foot Biomechanics During Walking and Running. *Mayo Clin Proc* [online]. 1994, 69(5), 448-461 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mayoclinicproceedings.org/action/showPdf?pii=S0025-6196%2812%2961642-5>
47. REHAGAIT. *BTL* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.btl.sk/produkty-fyzioterapia-pokrocile-rehabilitacne-systemy-rehagait>

48. Physical Gait System (PGS). *ERGON* [online]. Praha [cit. 2023-05-12].  
Dostupné z: <https://www.ergon.cz/cz/pgs.asp>
49. Timed Up and Go Test (TUG). *Physiopedia* [online]. UK [cit. 2023-05-12].  
Dostupné z: [https://www.physiopedia.com/Timed\\_Up\\_and\\_Go\\_Test\\_\(TUG\)](https://www.physiopedia.com/Timed_Up_and_Go_Test_(TUG))
50. ZELTZER, Lisa. Timed Up and Go (TUG). *Stroke Engine* [online]. 2008 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://strokengine.ca/en/assessments/timed-up-and-go-tug/>
51. VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
52. RONNIE. *Instruktor fitness trenér kulturistiky: skripta z kurzu*. Praha, 2022.
53. KYLE, Ursula G. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Scinapse* [online]. 2004, 23(5), 1226 - 1243 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.scinapse.io/papers/2101713668>
54. KHALIL, Sami F. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel)* [online]. 2014, 14(6), 10895-10928 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/14/6/10895/htm>
55. EHLER, Edvard. Spasticita – klinické škály. *Neurol. praxi* [online]. 2015, 16(1), 20-23 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2015/01/05.pdf>
56. FIGUEIREDO, Sabrina. Modified Ashworth Scale. *Stroke Engine* [online]. 2011 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://strokengine.ca/en/assessments/modified-ashworth-scale/>
57. FIEDOROVÁ, I. Studijní protokol – robotická terapie chůze pomocí přístroje Lokomat Pro FreeD u pacientů v subakutní fázi ischemické cévní mozkové příhody. *Neurologie a neurochirurgie* [online]. 2021, 117(4), 361-366 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.csn.eu/casopisy/ceska->

slovenska-neurologie/2021-4-9/studijni-protokol-roboticka-terapie-chuze-pomoci-pristroje-lokomat-pro-freed-u-pacientu-v-subakutni-fazi-ischemicke-cevni-mozkove-prihody-128175/download?hl=cs

58. HUSEMANN, Britta. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke* [online]. 2007, 38(2), 349-354 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17204680/>
59. KAMMEN, Klaske van. The combined effects of guidance force, bodyweight support and gait speed on muscle activity during able-bodied walking in the Lokomat. *Clinical Biomechanics* [online]. 2016, 23, 65-73 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(16\)30052-3/fulltext](https://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(16)30052-3/fulltext)
60. DIERICK, Frédéric. Hemorrhagic versus ischemic stroke: Who can best benefit from blended conventional physiotherapy with robotic-assisted gait therapy?. *PLoS One* [online]. 2017, 12(2) [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178636>
61. HIDLER, Joseph. Role of Robotics in Neurorehabilitation. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation* [online]. 2011, 17(1), 42-49 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/51586586\\_Role\\_of\\_Robotics\\_in\\_Neurorehabilitation](https://www.researchgate.net/publication/51586586_Role_of_Robotics_in_Neurorehabilitation)
62. LEE, Kyoung Hwan. Efficacy of Intensive Neurodevelopmental Treatment for Children With Developmental Delay, With or Without Cerebral Palsy. *Ann Rehabil Med* [online]. 2017, 41(1), 90-96 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5344832/>
63. NAM, Ki Yeun. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil* [online]. 2017, 14(1) [cit. 2023-05-12]. Dostupné z:

<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-017-0232-3>

64. GÜEMEZ, Ana Valeria Aguirre. Walking speed is not the best outcome to evaluate the effect of robotic assisted gait training in people with motor incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review with meta-analysis. *J Spinal Cord Med* [online]. 2019, 42(2), 142-154 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10790268.2017.1390644>
65. ALASHRAM, Anas R. Robot-assisted gait training in individuals with spinal cord injury: A systematic review for the clinical effectiveness of Lokomat. *Journal of Clinical Neuroscience* [online]. 2021, 91, 260-269 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868\(21\)00371-4/fulltext](https://www.jocn-journal.com/article/S0967-5868(21)00371-4/fulltext)
66. MIRBAGHERI, M M. The effects of Robotic-Assisted Locomotor training on spasticity and volitional control. *IEEE Int Conf Rehabil Robot* [online]. 2011 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5975443>
67. SHACKLETON, Claire. Robotic locomotor training for spasticity, pain, and quality of life in individuals with chronic SCI: A pilot randomized controlled trial. *Front Rehabil Sci* [online]. 2023, 4 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fresc.2023.1003360/full>
68. WESTLAKE, Kelly P. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation volume* [online]. 2009, 6(18) [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-6-18>
69. NAVRÁTIL, Leoš, Aleš PŘÍHODA a kolektiv. *Robotická rehabilitace*. GRADA Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-0665-3.
70. KOLÁŘOVÁ, Barbora, Jiří STACHO, Martina JIRÁČKOVÁ, Petr KONEČNÝ a Lucie NAVRÁTILOVÁ. *Počítačové a robotické technologie v*

*klinické rehabilitaci*. 2., přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2019. ISBN 978-80-244-5403-0.

71. RehaGait. In: *Hasomed* [online]. 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://hasomed.de/fr/rehagait-produktuebersichtsseite-2/>
72. TOMÁŠ, Filip. Vyšetření složení těla Bodystat. In: *Kondiční příprava* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.kondicnipriprava.cz/sluzby/vysetreni-slozeni-tela-bodystat/>
73. SULOVSÁ, Kateřina. *Výzkum biometrických systémů z hlediska jejich důvěryhodnosti a integrity: Analýza změn ve vzorcích chůze* [online]. In: . 2018 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/43763/sulovsk%C3%A1\\_2018\\_teze.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/43763/sulovsk%C3%A1_2018_teze.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1 - Diagram - klíčová slova využita pro vyhotovení literární rešerše [zdroj vlastní].....	14
Obrázek 3.2 - Popis fází kroku [73].....	23
Obrázek 4.1 – RehaGait [72].....	28
Obrázek 4.2 - Bodystat - přístroj pro měření tělesného složení [72] .....	30
Obrázek 5.1 - RehaGait – Příklad hodnocení chůze levé dolní končetiny [zdroj vlastní] .....	35
Obrázek 5.2 - RehaGait – Příklad hodnocení chůze pravé dolní končetiny [zdroj vlastní].....	36
Obrázek 5.3 - RehaGait – Příklad hodnocení rychlosti chůze dolních končetin [zdroj vlastní].....	37

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 3.1 - Významy příkladů facilitačních prvků [zdroj vlastní] .....	16
Tabulka 4.1 Modifikovaná Ashworthova škála [zdroj vlastní].....	31
Tabulka 5.1 - Porovnání maximální a minimální hodnoty na ReoAmbulatoru [zdroj vlastní].....	42
Tabulka 13.1 - Výčet dat literárních zahraničních zdrojů literární rešerše [zdroj vlastní] .....	74
Tabulka 13.2 - Základní hodnoty vyšetření [zdroj vlastní].....	75
Tabulka 13.3 - RehaGait - vstupní a výstupní hodnocení skupina 1 [zdroj vlastní] .....	75
Tabulka 13.4 - RehaGait - vstupní a výstupní hodnocení skupina 2 [zdroj vlastní] .....	76
Tabulka 13.5 - Bodystat - vstupní a výstupní hodnocení skupina 1 [zdroj vlastní] .....	77
Tabulka 13.6 - Tabulka 13.5 - Bodystat - vstupní a výstupní hodnocení skupina 2 [zdroj vlastní].....	78



## 12 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1 – Pruhový - Hodnocení Time Up and Go [zdroj vlastní].....	32
Graf 2 – Spojnicový - Hodnocení RehaGait, počet kroků [zdroj vlastní] .....	33
Graf 3 – Spojnicový - Hodnocení RehaGait, rychlost chůze [zdroj vlastní]....	34
Graf 4 - Kombinovaný – BMI - vstupní, výstupní hodnocení [zdroj vlastní].	38
Graf 5 - Spojnicový – Bodystat - výsledky procenta tuku v těle [zdroj vlastní] .....	39
Graf 6 – Sloupcový - Hodnocení tělesné hmotnosti [zdroj vlastní] .....	40
Graf 7 - Krabicový – Modifikovaná Ashworthova škála - vstupní, výstupní hodnocení [zdroj vlastní] .....	41
Graf 8 – Bodový - Hodnocení vzdálenosti na ReoAmbulatoru 1. skupina [zdroj vlastní].....	43
Graf 9- Bodový - Hodnocení vzdálenosti na ReoAmbulatoru 2. skupina [zdroj vlastní].....	43

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

1. Výčet dat literárních zahraničních zdrojů
2. Základní hodnoty vyšetření
3. Výsledky RehaGait 1. skupina
4. Výsledky RehaGait 2. skupina
5. Výsledky Bodystat 1. skupina
6. Výsledky Boystat 2. skupina

Tabulka 13.1 - Výčet dat literárních zahraničních zdrojů literární rešerše [zdroj vlastní]

Výčet dat literárních zahraničních zdrojů						
Číslo	Autor	Rok	Stát	Diagnóza	Probandů	Přístroj
1.	Esquenazi	2017	USA	CMP	22	Lokomat
2.	Reiffer et al.	2017	Švýcarsko	DMO	88	Lokomat
3.	Jin et al.	2020	Korea	DMO	20	Walkbot-K
4.	Nikityuk et al.	2016	Rusko	DMO	27	Lokomat
5.	Dierick et al.	2017	USA	CMP	40	Lokomat
6.	Park et al.	2020	USA	CMP	14	Walkbot
7.	Chung	2017	Čína	CMP	41	Lokomat
8.	Matsuda et al.	2018	Japonsko	DMO	14	HAL
9.	Erbil et al.	2018	Turecko	CMP	48	RoboGait
10.	Gilliaux et al.	2014	Belgie	DMO	16	REAP
11.	Mayr et al.	2018	Rakousko	CMP	74	Lokomat
12.	Li et al.	2021	Čína	CMP	130	BEAR-H1
13.	Lamberti et al.	2021	Itálie	CMP	236	Lokomat
14.	Mehrholtz, Pohl	2012	Německo	CMP	885	G-EO-Systém
15.	Moll et al.	2022	Německo	DMO	30	HAL
16.	Laver	2017	Austrálie	CMP	100	VR
17.	Pohl et al.	2016	Německo	CMP	155	Gait Training Machine
18.	Morone et al.	2018	Itálie	CMP	100	BWS
19.	Wall et al.	2015	Švédsko	CMP	140	HAL
20.	Lathan et al.	2015	USA	CMP	81	Alter-G
21.	Rheinfeldten et al.	2018	Švýcarsko	DMO	34	Lokomat
22.	Wang et al.	2020	Japonsko	CMP	10	GEAR
23.	Colombo et al.	2018	Itálie	CMP	22	ReoAmbulator

Tabulka 13.2 - Základní hodnoty vyšetření [zdroj vlastní]

Základní hodnoty vyšetření										
Proband	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Skupina	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
TUG	0:18:32	1:33:57	0:21:05	0:18:58	0:46:31	0:16:26	2:26:43	1:10:39	1:34:48	0:00:00
	0:16:46	1:05:03	0:18:48	0:15:41	0:29:46	0:16:05	2:16:39	1:05:17	1:28:12	0:00:00
Pas (cm)	115	98	95	84	103	99	106	126	96	96
	113	89	93	81	99	95	101	121	93	93
Boky (cm)	110	95	97	94	100	103	100	120	98	102
	107	91	95	90	98	97	95	117	94	99

Tabulka 13.3 - RehaGait - vstupní a výstupní hodnocení skupina 1 [zdroj vlastní]

RehaGait					
Proband	P1	P2	P3	P4	P5
Skupina	1				
Délka měření (s)	39,05	161,93	34,51	27,17	143,7
	29,23	91,29	28,36	41,1	129,51
Analýza kroku L	22	38	18	15	26
	18	26	16	18	23
Analýza kroku P	20	36	18	15	25
	18	25	16	12	22
Trvání kroku (s)	1,42	2,3	1,18	1,21	2,15
	1,16	3,3	1,27	1,83	2,48
Délka kroku (m)	1,3	0,51	1,7	1,37	0,54
	1,19	0,78	1,21	2,38	1,04
Rychlost (m/s)	0,72	0,17	0,91	1,13	0,43
	1,3	0,34	0,96	1,2	0,67
Kadence (/m)	84,43	39,63	94,52	65,49	43,2
	103,77	52,1	101,7	99,33	47,31
Max. výška nohy L (m)	0,17	0,09	0,06	0,19	0,08
	0,18	0	0,01	0,18	0,1
Max. výška nohy P (m)	0,14	0,04	0,11	0,18	0,03
	0,16	0,04	0,15	0,1	0,04
Max. cirkumdukce L (m)	0,03	0,04	0,27	0,04	0,04
	0,08	1,37	0,33	0,04	0,28
Max. cirkumdukce P (m)	0,03	0,02	0,09	0,03	0,03
	0,07	0,1	0,07	0,96	0,16

Tabulka 13.4 - RehaGait - vstupní a výstupní hodnocení skupina 2 [zdroj vlastní]

<b>RehaGait</b>				
<b>Proband</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>
<b>Skupina</b>	<b>2</b>			
<b>Délka měření (s)</b>	62,39	288,66	104,34	36,41
	37,72	218,94	102,42	32,18
<b>Analýza kroku L</b>	24	25	41	32
	20	22	46	31
<b>Analýza kroku P</b>	23	24	39	29
	21	20	45	27
<b>Trvání kroku (s)</b>	1,88	5,95	2,24	1,26
	1,13	5,29	2,35	1,38
<b>Délka kroku (m)</b>	0,79	0,45	0,63	0,73
	1,73	0,57	0,57	0,76
<b>Rychlost (m/s)</b>	0,42	0,08	0,28	1,06
	1,52	0,11	0,24	1,12
<b>Kadence (/m)</b>	63,9	20,18	53,49	83,51
	106,05	22,69	51,02	86,7
<b>Max. výška nohy L (m)</b>	0,01	0,08	0,14	0,16
	0,04	0,1	0,1	0,17
<b>Max. výška nohy P (m)</b>	0,08	0,04	0,02	0,13
	0,08	0,09	0,02	0,15
<b>Max. cirkumdukce L (m)</b>	0,31	0,04	0,04	0,04
	0,55	0,06	0,02	0,09
<b>Max. cirkumdukce P (m)</b>	0,08	0,03	0,18	0,03
	0,21	0,05	0,05	0,06

Tabulka 13.5 - Bodystat - vstupní a výstupní hodnocení skupina 1 [zdroj vlastní]

<b>Bodystat</b>					
<b>Proband</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>Skupina</b>	<b>1</b>				
<b>Tuk %</b>	22,50%	38,60%	12,80%	14,70%	19,80%
	19,00%	35,50%	10,30%	12,30%	17,30%
<b>Tuk kg</b>	21,4 kg	25,1 kg	9,5 kg	13,7 kg	17,3 kg
	17 kg	23,1 kg	7,5 kg	12,4 kg	16,5 kg
<b>ATH %</b>	81,00%	64,50%	89,70%	80,40%	67,40%
	77,50%	61,40%	87,20%	78,60%	65,80%
<b>ATH kg</b>	73,6 kg	41,9 kg	65,5 kg	71,8 kg	46,3 kg
	72,3 kg	39,9 kg	64,5 kg	69,5 kg	45,9 kg
<b>Celkem kg</b>	95,0 kg	65 kg	76,3 kg	73,0 kg	94,8 kg
	89,3 kg	63,0 kg	73,4 kg	71,4 kg	91,7 kg
<b>Bezvoda</b>	18,0 kg	10,5 kg	16,1 kg	18,8 kg	24,5 kg
	17,1 kg	8,9 kg	15,1 kg	17,9 kg	23,7 kg
<b>Voda %</b>	58,50%	48,30%	65,40%	72,60%	64,80%
	61,80%	48,30%	69,00%	73,40%	66,20%
<b>Voda lt</b>	55,2 l	31,0 l	48,4 l	53,0 l	56,8 l
	55,6 l	31,4 l	50,4 l	54,9 l	57,6 l
<b>Bazal. met.</b>	2075 kcal	1394 kcal	1877 kcal	2178 kcal	2437 kcal
	2108 kcal	1442 kcal	1903 kcal	2264 kcal	2589 kcal
<b>Baz.met/Tel.</b>	22,2 kcal/kg	21,4 kcal/kg	25,4 kcal/kg	29,8 kcal/ kg	25,7 kcal/kg
	23,2 kcal/kg	22,2 kcal/kg	26,1 kcal/kg	30,4 kcal/kg	26,3 kcal/kg
<b>Met.potřeba</b>	2905 kcal	2018 kcal	2816 kcal	3485 kcal	3247 kcal
	3162 kcal	2090 kcal	2954 kcal	3571 kcal	3346 kcal
<b>BMI</b>	30,2	30,9	24	23,6	26,7
	28,2	29,1	22,8	21,9	24,6

Tabulka 13.6 - Tabulka 13.5 - Bodystat - vstupní a výstupní hodnocení skupina 2 [zdroj vlastní]

<b>Bodystat</b>					
<b>Proband</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>
<b>Skupina</b>	<b>2</b>				
<b>Tuk %</b>	11,60%	14,30%	32,30%	28,60%	11,70%
	10,40%	11,10%	28,30%	26,90%	10,50%
<b>Tuk kg</b>	7,9 kg	10,9 kg	34,9 kg	23,8 kg	11,0 kg
	7,1 kg	8,4 kg	29,7 kg	21,6 kg	10,4 kg
<b>ATH %</b>	89,60%	88,90%	71,70%	74,30%	88,30%
	84,40%	85,70%	67,70%	73,60%	85,90%
<b>ATH kg</b>	68,1 kg	67,6 kg	75,3 kg	76,2 kg	83,0 kg
	67,2 kg	65,1 kg	73,1 kg	74,8 kg	81,8 kg
<b>Celkem kg</b>	74,8 kg	76,0 kg	108,0 kg	75,6 kg	94,0 kg
	73,1	75,3 kg	105,7 kg	73,9 kg	91,4 kg
<b>Bezvoda</b>	16,4 kg	17,2 kg	19,4 kg	19,6 kg	23,1 kg
	15,7 kg	16,7 kg	18,9 kg	18,4 kg	21,8 kg
<b>Voda %</b>	68,00%	63,00%	49,70%	59,30%	63,70%
	69,80%	67,00%	53,70%	62,70%	65,40%
<b>Voda lt</b>	51,7 l	47,9 l	53,7 l	49,5 l	59,9 l
	53,5 l	50,9 l	56,4 l	50,4 l	61,3 l
<b>Bazal. met.</b>	1968 kcal	1993 kcal	2095 kcal	2045 kcal	2489 kcal
	2148 kcal	2062 kcal	2151 kcal	2197 kcal	2538 kcal
<b>Baz.met/Tel.</b>	25,9 kcal/kg	26,2 kcal/kg	19,4 kcal/kg	21,8 kcal/kg	26,5 kcal/kg
	16,7 kcal/kg	27,1 kcal/kg	20,5 kcal/kg	22,7 kcal/kg	27,9 kcal/kg
<b>Met.potřeba</b>	2856 kcal	2790 kcal	2933 kcal	2978 kcal	3484 kcal
	2967 kcal	2887 kcal	3011 kcal	1056 kcal	3598 kcal
<b>BMI</b>	23,4	26,3	34,9	27,3	26
	22,5	26,3	33,9	26,2	24,8