

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ЗА СПЕЦИЈАЛНУ ЕДУКАЦИЈУ И
РЕХАБИЛИТАЦИЈУ

Драгана Д. Ђурић

**РОБОТСКИ ПОТПОМОГНУТИ
ТРЕНИНГ ХОДА КОД ДЕЦЕ СА
ЦЕРЕБРАЛНОМ ПАРАЛИЗОМ**

Докторска дисертација

Београд 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPECIAL EDUCATION AND
REHABILITATION

Dragana D. Djuric

**ROBOT- ASSISTED GAIT
TRANING IN CHILDREN WITH
CEREBRAL PALSY**

Doctoral dissertation

Belgrade 2022.

Ментор:

др Снежана Илић, ванредни професор, Универзитет у Београду- Факултет за едукацију и рехабилитацију.

Чланови комисије:

др Снежана Николић, редовни професор, Универзитет у Београду- Факултет за едукацију и рехабилитацију.

др Драган Рапайћ, редовни професор, Универзитет у Београду- Факултет за едукацију и рехабилитацију.

др Лидија Димитријевић, редовни професор, Универзитет у Нишу- Медицински факултет- Катедра за физикалну медицину и рехабилитацију.

Датум одбране: _____

Желела бих да се захвалим менаџменту установе *Zayed Higher Organization for People of Determination* у Абу Дабију на подршци, истрајности и приоритету да се истраживање не одложи током тешких дана пандемије корона вирусом. Неизмерно хвала тиму процене и тиму задуженом за третмане поменуте установе на професионализму, посвећености, прековременом раду и подршци родитељима да не одустану од истраживања током повећања ковид оболелих.

Неизмерно хвала и проф. др Лидији Димитријевић и њеном тиму која је такође у тешким данима пандемије уложила велики напор да окупи контролну групу испитаника и организује процес процене и третмана.

Велико хвала и свим родитељима и деци који су учествовали у овој студији.

Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са церебралном парализом

Резиме

Деца са церебралном парализом имају развојне сметње и тешкоће који се различито одражавају на њихову функционалност. Немогућност самосталног кретања негативно утиче на партиципацију и квалитет живота детета и породице. Тренинзи хода на традиционални начин или са парцијалним ослоном на покретној траци захтевни су за терапеуте и напорни за пацијенте. Роботски потпомогнути тренинг хода (Локомат) омогућава велики број понављања физиолошког покрета хода и интензивни третман. Мотивација и активно учешће пацијента се повећавају видео игрицама захваљујући којима Локомат тренинг има забавни карактер. Локомат терапија је индивидуално креирана и могуће је применити је и код деце са већим функционалним дефицитом и нижим когнитивним функцијама.

Циљ ове студије је био да утврди утицај роботски потпомогнутог тренинга хода на моторичке функције, баланс и ход, на обим покрета, мишићну снагу и спастичитет доњих екстремитета деце са церебралном парализом. Други циљ је био да испита перцепцију родитеља о утицају Локомат третмана на квалитет живота детета.

Истраживањем је обухваћен 41 испитаник, узраста од 4 - 14 година, који су подељени у две групе: експериментална - 26 и контролна - 15 испитаника. Експериментална група је имала 20 Локомат тренинга и 20 тренинга традиционалне терапије, а контролна група само 20 тренинга традиционалне терапије. Терапија хода Локоматом и конвенционални тренинг трајали су 40 минута.

Према свим варијаблама истраживања на свим испитиваним функционалним тестовима показао се значајан позитиван ефекат у експерименталној групи. Резултати процене грубе моторичке функције на тесту GMFM димензији D показују позитиван ефекат на постуралну контролу у стојећем положају (44,84 vs 52,56), GMFM димензији E показује побољшање хода (20,13 vs 23,60). На шестоминутном тесту хода, издржљивост у ходу је повећана (93,37 vs 148,15 метара), на скали баланса (PBS) постурална контрола је побољшана (17,50 vs 21,00) и 10 метара тесту хода повећана је брзина хода (0,37 vs 0,55 метара у секунди). Упитник квалитета живота је показао позитиван ефекат на свим испитиваним доменима за експерименталну групу. Резултати контролне групе нису статистички значајни осим на димензији E на GMFM и тесту ходу на 10 метара.

Добијени резултати за децу нивоа I-IV на GMFCS показују позитиван утицај роботски потпомогнутог тренинга хода на моторичке функције, баланс, функционалност хода и на квалитет живота детета са церебралном парализом. Треба размотрити увођење роботски потпомогнутог тренинга хода као комплементарну методу конвенционалном тренингу у рехабилитацији деце са церебралном парализом.

Кључне речи: церебрална парализа, роботски потпомогнути тренинг хода, ход, функција, квалитет живота

Научна област : Специјална едукација и рехабилитација

Ужа научна област: Соматопедија

Robot- Assisted Gait Training in Children with Cerebral Palsy

Abstract

Children with cerebral palsy have impairments that differently affect their functioning. Walking difficulties negatively affects children's participation and their families quality of life. Overground gait training or partially supported weight bearing treadmill training is difficult for the therapist and demanding for children as well. Robot-assisted gait training (Lokomat) is a type of intensive training which enables a great number of physiological walking pattern repetitions. Motivation and active participation by the children is increased by video games, which makes the training more engaging. Lokomat training is individually tailored and suitable for children with severe functional deficits and lower cognitive ability.

The aim of this study was to determine the effect of robot-assisted gait training on motor functions and walking, range of motion, muscle strength, and the spasticity of lower extremities. Another aim was to examine the parents' perception of the impact of Lokomat treatment on their quality of life.

This study included 41 participants aged 4-14 divided into two groups: the experimental group (26) and the control group (15). The experimental group underwent 20 Lokomat and 20 traditional training sessions, while the control group underwent only 20 traditional training sessions. The duration of each training session type was 40 minutes.

The experimental group showed a significant improvement in all examined functional tests. Positive effects in the GMFM test dimension D (44.84 vs. 52.56) and GMFM dimension E (20.13 vs. 23.60) were seen, as well as in the 6-minute walk test (93.37 vs. 148.15 met), PBS (17.50 vs 21.00) and 10-meter walk test (0.37 vs. 0.55 m/s). The CP QOL showed improvement in all the dimensions examined. The results of the control group were minimal and practically insignificant compared with the experimental group, except on GMFM dimension E and 10 met walk test.

Robot-assisted treadmill training is effective for children with cerebral palsy in levels I—IV on the GMFCS for motor function, balance, walking, and quality of life for the children. The implementation of robot-assisted gait training as a complementary method to the traditional training in the rehabilitation of children with cerebral palsy should be strongly considered.

Keywords: cerebral palsy, robot-assisted gait training, gait, gross motor function, quality of life

Scientific Field: Special education and rehabilitation

Scientific Subfield: Special education and rehabilitation of persons with motor disabilities

САДРЖАЈ

УВОД.....	1
I ТЕОРИЈСКИ ПРИСТУП ПРОБЛЕМУ ИСТРАЖИВАЊА.....	2
Теоријска разматрања основних појмова.....	3
Церебрална парализа	3
Ход.....	7
Роботски потпомогнути тренинг хода- Локомат	10
Савремени концепт рехабилитације деце са ЦП	15
II ЦИЉ, ЗАДАЦИ, ХИПОТЕЗЕ, ИСТРАЖИВАЊА	18
Циљ истраживања	19
Задачи истраживања	19
Хипотезе истраживања.....	19
Варијабле истраживања.....	20
III МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА	21
План и организација истраживања.....	22
Место и време истраживања	22
Дизајн истраживања	23
Опис узорка	23
Етичка разматрања.....	25
Концептуални оквир истраживања	25
Инструменти процене.....	26
Процедура тестирања	28
Опис студије	29
Статистичка анализа и обрада података	29
Протокол роботски потпомогнутог тренинга хода	30
Протокол традиционалног тренинга	31
IV РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	33
Општи демографски подаци	34
Основне карактеристике узорка	35
Анализа резултата за домен активности.....	40
Анализа GMFM теста димензија D (Стајање).....	40
Анализа GMFM теста димензија E (Ход).....	41
Скала баланса за дечју популацији (PBS)	42

Шестоминутни тест хода.....	43
Тест хода на 10 метара	44
Корелација GMFCS нивоа и функционалних тестова.....	45
Корелација узраста и функционалних тестова за експерименталну групу	47
Анализа за домен телесна структура и функција	48
Обим покрета.....	48
Мишићна снага.....	49
Спастицитет.....	53
Анализа резултата квалитета живота.....	54
Резултати анкете за експерименталну групу.....	60
V ДИСКУСИЈА	64
VI ЗАКЉУЧАК.....	83
ЛИТЕРАТУРА.....	88
ПРИЛОЗИ	103
Прилог 1. Дозвола за истраживање	104
Прилог 2. Одобрење етичког одбора за истраживање	105
Прилог 3. Писана сагласност родитеља	106
Прилог 4. Локомат извештај	108
Прилог 5. Протокол традиционалног тренинга	111
Прилог 6. Преглед иностраних студија	112
Прилог 7 Приказ промена на функционалним тестовима	119
Прилог 8. Биографија	122
Прилог 9. Изјава о ауторству	123
Прилог 10. Изјава о истоветности	124
Прилог 11. Изјава о коришћењу	125

Листа скраћеница

ЦП- церебрална парализа

ДЕ- доњи екстремитети

ГЕ- горњи екстремитети

SCPE (*Surveillance of Cerebral Palsy in Europe*)-Мрежа регистара церебралне парализе у Европи

GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) - Класификациони систем грубих моторичких функција за церебралну парализу

3DGA (*The Three-Dimensional Gait Analysis*)- Тродимензионална компјутерска анализа хода

GDI (*Gait Deviation Index*)- Нумеричка вредност процене девијације хода након компјутерске анализе

BWSTT (*Body Weigh Supported Treadmill Training*) - Тренинг на покретној траци са контролом телесне тежине

PBWSTT (*Partial Body Weight Support Treadmill Training*) - Тренинг на покретној траци са контролом телесне тежине и парцијалним ослоном

Носома- Швајцарска компанија која производи Локомат

Augmented Performance Feedback- Појачана повратна спрега (назив за виртуелну реалност (видео- игрице) у Локомат уређају)

ZHO for POD (*Zayed Higher Organisation for People of Determination*)- назив установе у којој је спроведено истраживање за експерименталну групу

САД- Сједињене Америчке Државе

ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*) Међународна класификација функционисања, онеспособљености и здравља

ICF- CY (*International Classification of Functioning, Disability and Health for Children and Youth*) - Међународна класификација функционисања, онеспособљености и здравља за децу и младе

GMFM (*Gross Motor Classification System*)- Тест процене грубих моторичких функција

PBS (*Paediatric Balance Scale*) - Скала баланса за децу популацију

MAS (*Modified Ashworth Scale*) -Модификована скала процене по Ашворту

CP QOL (*Cerebral Palsy Quality of Life*) - Упитник квалитета живота за децу и тинејџере са ЦП

АС- Аритметичка средина

СД- Стандардна девијација

Перц- Перцентили

MCID (*The minimum clinically important difference*)- минимална клинички важна разлика

WHO (*World Health Organisation*) - Светска здравствена организација

УАЕ- Уједињени Арапски Емирати

УВОД

У последњих неколико деценија фокус истраживача широм света усмерен је на развој и примену технологије у неурорехабилитацији. Интезивни развој софтверских програма и констатно усавршавање роботских техничких карактеристика резултирају новим моделима и перформансама робота на светском тржишту. Роботски уређаји су са својим карактеристикама специјално дизајнирани за неуролошке пацијенте. Њихова примена омогућава покрет који пацијент не може да изведе или делимично изводи уз патолошку шему који робот коригује. Тако пацијент изводи правилнији покрет. Роботски потпомогнути тренинг хода се примењује код пацијената са трауматским повредама главе, спиналним лезијама, последицама можданог удара, Паркинсоновом болешћу, мултиплом склерозом и церебралном парализом (ЦП) (Calabro et al., 2016). Употреба робота у рехабилитацији педијатријске популације у свету започела је 2006. године (Druzicki et al., 2013) са основним циљем да побољша функцију хода.

Церебрална парализа (ЦП) је најчешћи неуроразвојни поремећај код деце која узрокује комплексне тешкоће у области физичког, когитивног и социјалног функционисања. Најпрепознатљивија тешкоћа код деце са ЦП је проблем кретања. Немогућност хода утиче на свакодневне активности детета, на активности самозбрињавања попут облачења, тоалета и одражава се на социјални живот те деце ограничавајући им игру и интеракцију са вршњацима. Проблем кретања одражава се на квалитет живота детета и његове породице.

У научној литератури има контроверзних резултата ефикасности роботске рехабилитације. Досадашња истраживања не истичу супериорност роботски потпомогнутог тренинга хода код деце са ЦП.

Основни мотив и изазов овог истраживања је да покаже да ли је и у којој мери роботски потпомогнути тренинг хода ефикасан за децу са блажом и тежом спастичном формом ЦП.

I

ТЕОРИЈСКИ ПРИСТУП ПРОБЛЕМУ ИСТРАЖИВАЊА

Теоријска разматрања основних појмова

За разумевање роботски потпомогнутог тренинга хода за децу са ЦП потребно је размотрити основне појмове истраживачког и теоријског концепта овог пројекта. Кроз теоријски оквир и на основу релевантне литературе биће објашњени следећи концепти: церебрална парализа, ход деце са спастичном формом ЦП и Локомат терапија.

Церебрална парализа

Дефиниција

Церебрална парализа (ЦП) најчешћи је неуроразвојни поремећај код деце, подразумева лепезу поремећаја моторике и постуре који су резултат непрогресивне лезије мозга у развоју и водећи су узрок физичке онеспособљености у детињству (Hirtz et al., 2007). Церебрална парализа је хронично стање које захтева здравствене, образовне и социјалне подршке. Постоје многобројне дефиниције церебралне парализе. Данас се ЦП описује као “група трајних поремећаја развоја покрета и постуре, која узрокује ограничење у извођењу активности и настаје као последица непрогресивних поремећаја незрелог мозга или мозга у раној фази развоја” (Rosenbaum et al., 2007, p.6). “Моторички проблеми су често удружени са поремећајима сензорике, когниције, комуникације, перцепције, са епилепсијом и појавом секундарних мишићно скелетних поремећаја” (Rosenbaum et al., 2007, Novak et al., 2012, Oskoui et al., 2013).

Придружени поремећаји

Постоје различити статистички подаци учесталости придружених поремећаја код деце са ЦП. Количник интелигенције мањи од 70 је присутан код 23 до 44%, проблеми вида код 62 до 71%, проблеми говора код 42 до 81% деце. Напади епилепсије забележени код 22 до 40%, проблеми слуха код 25 % , поремећаји понашања код 25% деце са ЦП. Сензорни проблеми су у распону од 44 до 51%, док су визуелно перцептивни проблеми уочени код 60 % деце са ЦП (Palisano et al., 2017). У другом истраживању Новак наводи да троје од четворо деце има бол, једно од двоје деце има когнитивну сметњу, једно од троје деце не хода, једно од троје има промену у зглобу кука, једно од четворо не говори, једно од четворо има епилепсију, једно од четворо има проблем у понашању, једно од четворо има проблем контроле сфинктера, једно од петоро деце има проблем везан за спавање. (Novak et al., 2012). Секундарни мускулоскелетни поремећаји подразумевају контрактуре, торзију костију, сублуксације, дислокације кука, деформитете дисталних зглобова и деформитете кичменог стуба (Gajdosik & Cicirello, 2002) који се најчешће испољавају у периоду пубертета и адолесценције.

Горе поменута дефиниција указује на мултидимензионе проблеме и оштећења, који се одражавају на смањену активност и функционалност пацијента. У функционалном смислу постоји широка лепеза стања од оних високо функционалних са малим бројем придружених сметњи до оних са израженим манифестацијама моторичких и других поремећаја. Клиничко искуство и праћење показују да иако имају исту дијагнозу, деца са ЦП се међусобно јако разликују у погледу њихових функционалних могућности. Нека деца се могу без проблема интегрисати у вртиће или школе, а друга имају великих потешкоћа у обављању активности свакодневног живота и интеграцији у здравствени и образовни систем.

Преваленца

Церебрална парализа се сматра најчешћим неуроразвојним поремећајем. У систематском прегледу и мета-анализи која је обухватила 49 студија преваленца је 2,1 на 1000 живорођене деце (Oskoui et al, 2013).

Превенција и фактори ризика за развој ЦП код превремено рођене деце

Прематуритет је један од значајних фактора ризика за развој ЦП. Од хиљаду рођене деце преваленца ЦП износи 82 код беба рођених пре 28 недеље и опада до 1,4 код беба рођених у 36 гестацијској недељи (Stavsky et al., 2017). Висока је инциденца развоја ЦП код превремено рођене деце са телесном масом на рођењу испод 1250 грама и гестацијске старости испод 32 гестацијске недеље (Linsell et al., 2016). То је везано са високом стопом ризика коју овај узраст превремено рођене деце има због појаве интравентрикуларне хеморагије нивоа III и IV и развоја перивентрикуларне леукомалације. Висока могућност у развоју ЦП повезује се са изостанком антенаталне кортикостероидне терапије у превенцији и терапији бронхопулмоналне диспације (Linsell et al., 2016). Показано је да је превентивна мера за развој ЦП код превремено рођене деце терапија магнезијум сулфатом која се даје трудницама у ризику за превремени порођај (Linsell et al., 2016).

Етиологија

У односу на време деловања на незрели централни нервни систем (ЦНС), узроци ЦП се деле на пренаталне, перинаталне и постнаталне. Најчешћи узрок је пренаталне природе у 80% случајева, перинатални узрок односно асфиксија новорођенчади је заступљен само код 10% терминских беба коју потврђује налаз енцефалопатије, 10% припада постнаталним узроцима попут можданог инсульта и мождане инфекције (Wimalasundera & Stevenson, 2016).

Некада се сматрало да је главни узрок ЦП хипоксија током порођаја, међутим нови докази показују да се већина лезија ЦНС дешава у другој половини трудноће током интензивног развоја мозга (Hadders-Alga, 2014). Захваљујући магнетној резонанци бележе се лезије мозга код 86 % деце, док код 14 % нема лезија, а најчешћа је лезија беле масе која је заступљена код 83% деце са ЦП (Korzeniewski et al. 2007).

Новија истраживања указују на етиолошку и генетску хетерогеност ЦП која је под утицајем мултиплих фактора спољне средине.

Генетска предиспозиција

Постоји генетска предиспозиција за настанак ЦП (MacLennan et al, 2015), али су потребна нова генетска истраживања која би потврдила везу генетике и међудејства пренаталних фактора ризика (Fahey et al., 2017). Нова знања проистекла из генетских открића довешће у 21. веку до бољег разумевања патофизиологије ЦП (Fahey et al., 2017). Уколико новооткривени гени имају прогресивни карактер, то ће утицати на промену у приступу деци са ЦП првенствено у погледу планирања потомства, промене прогнозе тока болести и промене у примени медикаментозне терапије.

Клиничка слика

Деца са ЦП су класификована према типу моторичког поремећаја на спастичну, дискинетичку, атаксичну и мешовиту форму (Sanger, 2006; Wimalasundera & Stevenson, 2016). Према дистрибуцији моторичког дефицита ЦП је подељена на

унилатералну и билатералну форму. Унилатерална форма представља хемиплегични облик, а билатерална форма подразумева спастичну диплегију или квадриплегију. Спастична форма је најчешћи облик ЦП.

Од 1998. године у Европи је формирана мрежа регистара ЦП под називом *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE)*. Према SCPE бази података, 88% особа има спастични облик, од којих 58% има билатерални и 30% унилатерални облик. Дискинетички тип има 7% особа, 4% атаксични, док 1% није могуће класификовати нити у један од подтипова (Wimalasundera & Stevenson, 2016).

Дијагноза

Постављању дијагнозе ЦП претходи тимски дијагностички приступ и нема консензуса о томе до ког узраста се поставља дијагноза, мада је већина аутора сагласна да је то узраст пре другог рођендана или раније уколико је теже оштећење (Paneth, 2008). Дијагноза се поставља на основу анамнезе и клиничке неуролошке процене. У постављању дијагнозе помажу налази неуроимицинг дијагностике попут прегледа ендокранијума ултразвуком, компјутеризованом томографијом, нуклеарном магнетном резонанцом код терминске и код превремено рођене деце.

Три инструмента процене који су највалиднији за предвиђање ЦП код превремено рођених беба млађих од 4 месеца су Процена спонтане покретљивости по Прехтлу (*Prechtl's Assessment of General Movement*), Процена моторичког статуса беба (*Movement Assessment of infants*), Тест моторичких перформанси (*Test of Infant Motor Performance -TIMP*). Према Spittle et al., (2008), најбољу предикцију између 8- 12 месеци има Алберта- скала моторичког развоја беба (*Alberta Infant Motor Scale*) и Процена неуро- сензомоторног развоја (*Neuro Sensory Motor Development Assessment, NSMSA*),

Прогноза хода

Прогноза грубих моторичких функција је прво питање које занима родитеље деце са ЦП: да ли ће дете самостално ходати, у ком узрасту ће проhodати. Прогноза хода зависи од форме. Деца са хемиплегичном и атаксичном формом ће највероватније ходати, док су мање шансе за децу са дискинетичном и билатералном формом. Прогностички фактори хода су самостално седење пре друге године, одсуство визуелних и когнитивних сметњи, одсуство епилепсије (Palisano et al., 2017). Значајни услов да дете самостално направи три корака су функционална снага мишића и одржавање динамичке постуре при активности устајања из седа у стојећи положај и обрнуто. Дете које самостално савлада ту активност може бити спремно за увежбавање самосталног хода. Други важни фактори су мотивација детета и подршка родитеља (Begnoche et al., 2016).

Класификациони систем грубих моторичких функција (*Gross Motor Function Classification System-GMFCS*)

GMFCS описује ниво мобилности и способност за ход деце и адолесцената са ЦП. Примена GMFCS је многострука, олакшава комуникацију међу стручњацима, има утицај на одлуку о избору третмана, примењује се у клиничко истраживачким радовима и документацији за базе података и регистре (Palisano et al., 2008).

Крива моторичког раста

Класификација деце по GMFCS је погодна за праћење моторичког развоја од рођења до 18. године, у зависности од тежине оштећења (Smits et al., 2013). У циљу

добиања јаснијих предикција за прогнозу моторичких функција под покровитељством *CanChild* центра за истраживање неуроразвојних проблема установљена је тзв. Крива моторичког раста (Rosenbaum et al, 2002). Крива показује да деца која припадају нивоу III на GMFCS у 90% испуне потенцијал до узраста 3-7 година и у просеку постигну 90% своје моторичке функције око пете године живота, у зависности од нивоа GMFCS (Rosenbaum et al, 2002). У другој студији истиче се распон 5–7 година за максимална моторичка постигнућа на GMFM тесту (Beckung et al., 2007). Трећа важна студија је показала да је врх криве постигнут са 7 година и 11 месеци (ниво III) и 6 година и 11 месеци (ниво IV-V). Праћењем те деце у адолесценцији показано је да код нивоа I-II нема пада функционалности кретања, за разлику од деце нивоа III-IV код којих резултати на GMFM тесту благо опадају у адолесценцији за 4,7(ниво III), 7,8 (ниво IV), и 6,4 поена (ниво V) на GMFM-66. (Hanna et al, 2009).

Важност познавања моторичке криве је да помаже у постављању реалистичних циљева терапије, утиче на процес одлуке о избору третмана, и помаже родитељима и стручњацима да анализирају резултате интервенције поредећи развој детета са очекиваним променама током времена (Rosenbaum et al, 2002).

Моторичке дисфункције

Код деце са спастичном ЦП основне моторичке дисфункције се одражавају на успорен и лоше организован развој постуралне контроле, баланса и покрета. Због оштећења делова ЦНС покрети деце са ЦП су неконтролисани и неефикасни, јер патолошки мишићни тонус и промене у инервацији мишића доводе до атипичне мишићне контракције и сувишне контракције мишића агониста и антагониста. Те промене праћене су слабијом мишићном снагом и утичу на немогућност или измењену селективну моторну контролу (СМК). Оштећена СМК се дефинише као немогућност изоловане активације мишића у одабраном обрасцу као одговор на захтев постуре или моторног вољног покрета (Sanger, et al., 2006).

Секундарне мускулоскелетне промене код деце са спастичном формом ЦП

Секундарни мускулоскелетни проблеми, као што је назначено у извештају ревизије Дефиниције и класификације ЦП (Rosenbaum et al., 2007) негативно утичу на многе аспекте живота смањењем физичке активности, партиципације и квалитета живота.

У прве две године живота је најинтезивнији развој грубих моторичких функција, а у периоду 6-12 година опадају моторичке функције нивоа III-V због појава мускулоскелетних компликација (Graham et al., 2021).

Диспропорција односа спастичних мишића и костију у пубертету доводи до смањења обима покрета, које може резултирати контрактуром. Ограничење покретљивости у зглобовима узроковано је променом у мишићној контроли, променама у мишићном и везивном ткиву и зависи од нивоа спастичитета. Контрактуре су чешће код виших нивоа на GMFCS, које прати смањена мобилност и отежани трансфери. Већина деце са контрактурама имаће и промене на костима попут торзионих деформитета фемура и тибије, нестабилности у зглобу (Graham et al., 2021). Код мање функционалних пацијената нивоа IV -V у каснијем добу могуће су дислокације и дегенеративне промене.

Класификациони систем мускулоскелетних промена за децу нивоа I-III описује јасне разлике на ДЕ у 4 нивоа означених као хипертонија, контрактура, деформација костију и декомпензација које се идентификују од четврте године старости (Graham et al., 2021). Познавање карактеристика нивоа мускулоскелетних промена олакшаће избор најадекватнијих терапијских опција.

Ход

Карактеристике нормалног хода

Ход је основна локомоторна функција која је јединствено обележје људске врсте. Нормалан ход подразумева синхроно деловање и координацију ДЕ, ГЕ, уз минималну потрошњу енергије и зато је енергетски ефикасан. За ход је потребна равнотежа – могућност да се заузме и одржи усправан положај и локомоција – могућност да се иницира и одржи ритмичко корачање активацијом мишића ДЕ. Ход је сложена моторичка активност која захтева потпорни механички систем, као и контролу многих неуралних структура попут можданог стабла, базалних ганглија и кортекса (Levangie & Norkin, 2005).

Циклус и фазе хода

Ход се састоји од две фазе: фазе ослонаца и фазе њихања које имају неколико подфаза. Фаза ослонаца износи 60% укупног циклуса хода, а фаза њихања 40%. Ход започиње иницијалним контактом пете са подлогом, затим следи спуштање стопала на подлогу и преузимање телесне тежине на носећој нози – међуослонац, а затим одвајањем пете започиње период одбацивања уз активност флексије у куку и колену, који се употпуњује одвајањем палца од подлоге, те ће до тада носећа нога прећи у фазу њихања. Важно је напоменути да је пре одвајања палца друга нога спремна за иницијални контакт и да постоји краткотрајни ослонац на обе ноге. Фаза њихања подељена је на: иницијално њихање, међуњихање (при чему је важан минималан активан покрет дорзи флексије стопала) и завршно њихање када m. quadriceps контролише екстензију колена (Levangie & Norkin, 2005).

Матурација хода код деце типичног развоја

Сматра се да већина деце типичног развоја може да направи 10 корака у узрасту од 12 до 16 месеци. У узрасту од 15 до 18 месеци постоји иницијални контакт пете о подлогу и реципрочни покрети ГЕ који прате ход (Sutherland, 1997). Ход код деце се мења због матурације нервног система и промене раста. Код деце типичног развоја ход се развија постепено негде до седме године (Bach et al., 2021), када се постоја и образац хода сматрају дефинисаним и константним и имају карактеристике хода одрасле особе.

Компјутерска процена хода - тродимензионална анализа хода

Идентификовани су различити обрасци хода код деце са ЦП захваљујући компјутерској анализи, тз. тродимензионалној анализи хода (*The Three-Dimensional Gait Analysis, 3DGA*) (Rooda et al., 2004). Она представља златни стандард за свеобухватну процену хода и одлучивање о хирушком третману деце са ЦП и процени након оперативних захвата (Armand et al., 2016). 3DGA мери и графички приказује обим покрета у ДЕ и карлици у циклусу хода. Мери параметре хода попут брзине хода, броја корака у јединици времена, дужине искорак, тежишта тела, силе мишићне контракције, идентификује тип мишићне контракције, утрошак енергије при ходу. Подаци се могу видети преко анимације скелета и графичких приказа кинематичких и кинетичких вредности за сваку ногу посебно. Индекс девијације (*Gait Deviation Index (GDI)*) је нумеричка вредност која процењује девијацију хода у односу на референтну вредност на основу кинематских налаза на 3DGA.

Захваљујући 3DGA и GDI омогућен је прецизнији и софистициранији третман девијације хода код деце са ЦП у високо развијеним земљама (Armand et al., 2016). Велики број истраживачких радова о роботско асистираном тренингу хода користи резултате 3DGA, али у овом истраживању није примењена.

Процена хода у клиничком раду

Процена хода у клиничком раду започиње опсервацијом хода у сагиталној, фронталној и трансферзалној равни. Опсервацијом се уочава трајање циклуса хода, брзина хода, компензаторни механизми хода. У клиничком раду код деце са ЦП се често користи Единбург визуелна скала процене (*Edinburgh Visual Gait Score (EVGS)*) која обухвата анализу хода уз помоћ видео записа снимљених мобилним телефоном, уз коришћење једноставног софтвера који даје слике у различитим фазама хода. Единбург скала је много прецизнија и објективнија од визуелне опсервације пацијента током хода. За процену хода користе се функционални тестови, при чему се анализирају временски и просторни параметри хода : број корака у јединици времена, пређени број метара у јединици времена, брзина или издржљивост у ходу, тест хода уз и низ степенице, тест устани и ходај.

Ход деце са хемиплегичном формом ЦП

Класификована су 4 обрасца хода у циљу идентификације проблема хода и потенцијалног третмана (Winters, 1987):

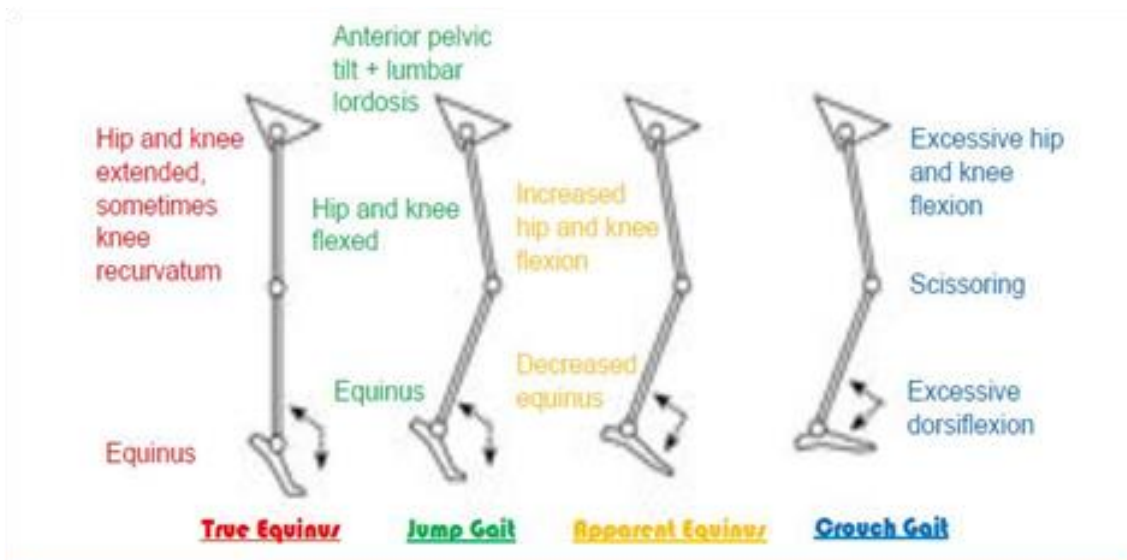
- Тип 1- стопало је у equinus позицији и покрет дорзифлексије је отежан
- Тип 2- осим истог положаја стопала као у типу 1, мишићи задње ложе потколенице су у контрактури
- Тип 3 - поред горе поменутих карактеристика типа 2, изражен је спастицитет mm.hamstrings и/или m. rectus femoris.
- Тип 4- задржава све одлике типа 3 уз спастичне мишиће адукторе и флексоре кука (Winters, 1987).

Мишићи са повећаним спастицитетом који су и склони контрактурама су биартикуларни мишићи, попут флексора кука (m.psoas), флексора и екстензора колена (mm. hamstrings/m. rectus femoris), платарног флексора стопала (m. gastrocnemius) и њихова активност и еластичност утичу на образац хода.

Ход деце са диплегичном формом ЦП

Постоји 5 различитих образаца хода деце са диплегичном формом ЦП.

1. Прави еквинус – положај стопала је у еквинусу, док је колено потпуно опружено или у рекурвату, кук је у пуној екстензији, карлица је у нормалној позицији или у предњој инклинацији
2. Jump gait – положај стопала је у еквинусу посебно при ослонцу, али су колено и кук у флексији, посебно у фази започињања ослонца, али никада не постижу пуну екстензију покрета, карлица је у нормалној позицији или у предњој инклинацији
3. Привидни еквинус – положај стопала је у еквинусу који је мање изражен у односу на претходну категорију, стопало има пуни обим покрета, колено и кук су у флексији у фази ослонца, карлица је у нормалној позицији или у предњој инклинацији
4. Crouch gate – стопало је у дорзифлексији кроз фазу ослонца, док су колено и кук у израженој флексији, карлица је у нормалној позицији или у задњој инклинацији
5. Асиметричан ход – образац хода на левој и десној нози је различит, на пример образац леве ноге припада категорији 2, а образац десне ноге категорији 3 (Rodda et al., 2004)



Слика 1: Класификација хода код спастичке диплегије (преузето са сајта Physiopedia)

Важност хода за децу са ЦП и нове методе тренинга хода

Физиотерапија је основа у третману ЦП, са главним циљем одржавања обима покрета и дужине мишића, повећања мишићне снаге, баланса и координације, кретања (Armand, 2016). Кретање код деце са ЦП је веома важно, јер превенира мишићну атрофију, остеопорозу, смањење обима покрета, скраћење мишића, тетива, зглобне капсуле, смањује спастичитет и повећава кардиоваскуларну издржљивост (Esquenazi & Talaty, 2019). Нека клиничка искуства показују да вертикализација и ход деце нивоа IV и V смањују ризик од сублуксације кука и оперативних захвата на кичменом стубу.

Новија метода у рехабилитацији је ход на покретној траци за трчање са контролом телесне тежине (*Body Weigh Supported Treadmill Training (BWSTT)*) која се примењује од почетка 90-их година прошлог века (Cherni & Ziane, 2022). Суспензиони систем изнад пацијента регулише ослонац пацијента и пружа могућност корачања и деци која то не могу самостално. Познато је да тренинг хода са регулацијом ослонаца утиче на повећање кардиоваскуларне издржљивости, баланса, снаге, моторног планирања. Ова метода хода захтева асистенцију једног до два терапеута који ће фацилиитирати покрет ДЕ при ходу и зато је физички напорна за терапеуте. Најновија метода тренинга је ход на покретној траци уз роботску подршку или помоћу роботског уређаја који омогућава кретање у слободном простору.

Корекција хода код деце са спастичном ЦП

Ортозе за скочни зглоб и стопало

Ортозе за скочни зглоб и стопало су стандардне методе за побољшање хода код спастичне форме ЦП. Два основна разлога за апликацију ортозе су да утиче на побољшање стабилности и функционалности хода и да превенира скраћење и контрактуру мишића (Wingstrand et al., 2014). Многобројне студије потврђују значај примене ортоза и код три четвртине деце поправља се или одржава обим дорзи флексије (Wingstrand et al., 2014). Нови докази потврђују да употреба различитих типова ортозе повећава дужину корака, брзину хода, побољшава степен дорзи

флексије стопала до 5 степени и доводи до мање потрошње енергије код спастичне билатералне форме (Ricardo et al., 2021).

Ботулински токсин тип А

Ботулински токсин тип А има примарни ефекат на смањење спастичитета који траје од 3 до 6 месеци, ефекат на ход је задовољавајући у том периоду, јер посредно побољшава стабилност у ходу (Molenaers, 2006).

У последње две деценије третман инјекцијама ботулинског токсина тип А је стандардна терапеутска интервенција која се препоручује у узрасту од друге до шесте године, када се може највише утицати на ход деце са ЦП (Friedman & Goldman, 2011). Испитивање хода компјутерском анализом је показало значајно повећање брзине и броја корака у минути код спастичне диплегије узраста 3-7 година (Wong et al., 2004) након ове интервенције.

Функционална електростимулација (FES) дорзи флексора стопала

Код деце са спастичном ЦП нивоа I-III функционална електростимулација *m. tibialis anteriora* побољшава ход (Moll et al., 2017), повећава задовољство, сигурност, брзину хода и смањује бол (Pool et al., 2015). FES може бити алтернатива ортози за скочни зглоб посебно код деце школског узраста (Singleton, 2019; Mall, 2017).

Оперативни захвати

Постоје многобројне оперативне технике на меким ткивима које утичу на побољшање квалитета хода, попут Улзибатовог метода фазне фибротомије, елонгације Ахилове тетиве, и других инвазивних захвата за смањење или корекцију деформитета. У западној литератури све је више радова који се односе на оперативни захват што подразумева корекције на више нивоа једног екстремитета у једном акту - кук, колено, скочни зглоб (*Single-event multilevel surgery (SEMLS)*) јер такви захвати захтевају само једну хоспитализацију и један период рехабилитације (Rodda et al., 2006).

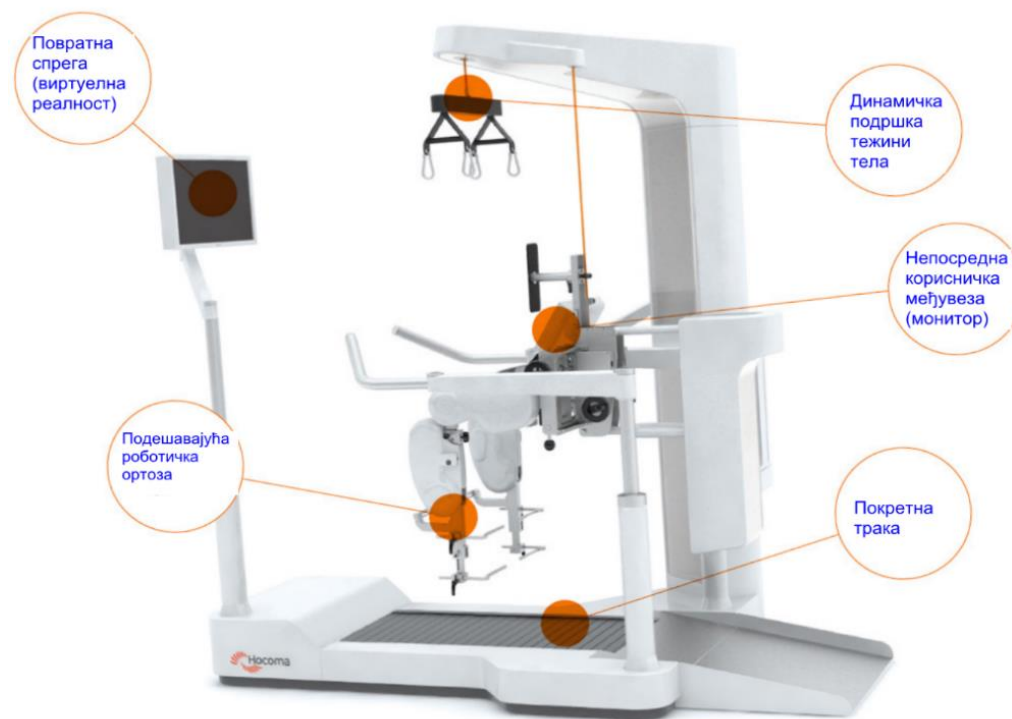
Роботски потпомогнути тренинг хода- Локомат

Апликација електронског, компјутерског система контроле механичког уређаја, дизајнираног да изводи функције специфичне човеку, дефинише се као роботска примена (Kwakkel, 2008). Роботски уређаји се заснивају на високом интезитету, специфичном задатку, контролисаном тренингу. Локомат је дизајниран у Носома швајцарској компанији и један је од најчешћих и најпознатијих роботских платформи у рехабилитационим клиничким центрима широм света за тренинг хода. Интезивни развој нових софтверских перформанси у Носома компанији доводи до усавршавања техничких могућности. После основног *LokomatPro* модела креиран је *Lokomat FreeD* модел и *Lokomat Pro Sensation* модел у 2021. години.

Опис LokomatPro уређаја

Ово истраживање је рађено на LokomatPro уређају. LokomatPro се састоји од подесивих роботичких ортоза (*eng. exoskeleton*) за сваку ногу појединачно, суспензионог система који контролише телесну тежину (*dynamic body weight support*), покретне траке за ход, екрана који пружа фидбек пацијенту и монитора којим управља терапеут (Borggraefe et al, 2010). Покрети роботичке ортозе синхронизовани су са брзином покретне траке уз софтверско праћење покрета у

зглобу кука и колена (Druzbecki et al., 2013). Контролисана сила егзоскелетона на карлични појас и ДЕ омогућава образац физиолошког хода који деца са ЦП не могу самостално изводити у слободном ходу, при чему су јасно дефинисане фазе хода – фаза ослонца и фаза клађења. Ход је омогућен *Lokocontrol 6.5* софтверским системом који је побољшан 2017. године - садржи нове видео- игрице и омогућава аутоматско чување података терапије.



Слика 2. Локомат (преузето са <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/#product>)

Предност и препреке за имплементацију Локомата

Локомат се може користити код пацијената са лакшом и тежом клиничком сликом, могуће је појачавати интезитет и дужину тренинга одржавајући физиолошки тип хода и примену фидбека (feedback-повратна информација о успешности извођења одређене активности). Сигурна је терапија и прилагодљива потреби пацијената (Borggrafee et al. 2010 b).

Основна мана је висока цена Локомата. Цена Локомат FreeD модела, напредније верзије LokomatPro уређаја која током хода омогућава латерално померање и ротацију карлице, износи 330.000 еура за италијанско тржиште (Esquenazi, 2018). Препреке за примену Локомата су физичке димензије које захтевају велики простор, скупо одржавање, дуготрајене едукације терапеута, као и ограниченост примене због недовољне покривености здравственог осигурања. Да би се имплементирала роботска терапија у свакодневну клиничку праксу потребна је припремна фаза за прихватање ове интервенције од стране терапеута, обука особља и регуларна едукација, доступност транспорта за пацијенте и организација третмана (Spiess & Colombo, 2017).

Америчка студија анализе рентабилности потврђује да је примена роботских уређаја финансијски исплатива након 2- 3 године, јер омогућава услуге већем броју пацијената на дневном нивоу (Morrison, 2011). У роботским кабинетима у свету процес рада је организован тако да један физиотерапут има супервизију неколико деце која су на различитим роботским уређајима у исто време. Тада су мањи

физички напори терапеута, а већа је радна ефикасност запослених која не утиче на смањење дозе и квалитета третмана.

Препоруке за примену Локомата код деце са ЦП и припрема пацијента

Постоје контраиндикације, индикације и препоруке за примену Локомата код деце са ЦП. Локомат је примењив код деце чија је минимална дужина фемура 21 cm, а телесна тежина већа од 15 kg. Примена роботског тренинга хода је могућа код деце узраста од 4 године која могу да се скоцентришу и активно учествују, али је препорука експертског тима да се примењује од пете године (Aurich- Schuler et al., 2015) .

Пре почетка првог третмана отвара се електронски картон у Локомату који садржи основне податке пацијента: име, презиме, узраст, дијагнозу, тежину, висину детета, величину ортоза и појаса. Припрема пацијента намештањем појасева и спуштање на покретну траку, подешавање ортоза, додавање подизача стопала, техничко програмирање Локомата, као и распремање пацијента након интервенције јесте процес који захтева усклађени рад једног до два терапеута како би се припремна фаза завршила у кратком временском периоду и пацијент био правилно позициониран и спреман за почетак тренинга хода. Време потребно за припрему пацијента зависи од степена тежине обољења и искуства терапеута. Припрема са пацијентима који сарађују износи око 8 минута, док је код деце нивоа IV потребно више времена. Пре почетка тренинга треба анализирати положај пацијента на Локомату и кориговати га уколико је потребно (Носота, 2022). О сигурности пацијената се води рачуна, тренинг је безболан, а толерише се благо присуство бола током прва 2–3 третмана. Бол је најчешће последица притиска манжетни или појаса (Aurich- Schuler et al., 2015).



Слика 3: Примена Локомата у педијатријској популацији (преузето са Google Images)

Локоматска процена

Постоји могућност аутоматске процене: *L-ROM* обима покрета флексије и екстензије у зглобу кука и колена, *L-STIFF* нивоа механичке укрућености у куку и колenu коришћењем различите брзине и *L-FORCE* изометријске мишићне силе у

мишићним групама флексора и екстензора кука и колена (Calabro et al., 2016). Локомат процена захтева добре когнитивне способности и сарадњу испитаника.

Оспособљеност кадра

Добро познавање индивидуалног функционалног статуса деце, кинезиолошке анализе хода и Локомат параметара основа је овог тренинга хода. Суштина ефикасности Локомата зависи од терапеутске обучености и добро дефинисаних индивидуалних циљева терапије. Терапеут се сматра најважнијим фактором и има пуну одговорност вођења тренинга хода.

Документација

Након сваког третмана, подаци о пређеној дистанци, постигнутом броју корака, времену трајања терапије и параметрима хода сачувани су у Локомат бази и добра су основа за анализу резултата и евалуацију третмана, а могу послужити и као основа за научно - истраживачки рад.

Током тренинга хода на екрану се могу очитати основни параметри који укључују време, пређену раздаљину, минималну и максималну брзину хода, број корака, минималну и средњу вредност силе робота изражену у процентима и потпоре изражене у килограмима. Тако се даје могућност пацијенту и терапеуту да прате постигнуће током тренинга. Графички и табеларно пацијент може увидети разлику између леве и десне ноге посматрајући највећу и најнижу активност на телевизијском екрану испред себе. Параметри тренинга хода су сада лако упоредиви код истог или различитих пацијената (Meyer- Heim et al., 2009). Документација укупног броја пацијената и временске употребе на кварталном и годишњем нивоу постоји у Локомат бази података. На тај начин менаџмент установе има прецизне податке о употреби Локомата (Носота, 2022).

Терапијски циљеви Локомата

Примена Локомата може имати различите циљеве: ре-едукација хода, побољшање брзине и издржљивости хода, побољшање мишићне снаге, нормализација мишићног тонуса, превенција контрактура и остеопорозе, побољшање постуре и стабилности тупа, побољшање концентрације, пажње и визуалне перцепције, побољшање проприоцепције и моторне координације (Zak, 2010).

Специфичности роботски потпомогнутог хода код пацијената са ЦП

1. Индивидуални приступ

Према моторичким и когнитивним могућностима пацијента роботски потпомогнути тренинг има индивидуалне циљеве и индивидуалну прилагодљивост. Тренинг хода пацијената који немају могућност самосталног стајања и ходања може се контролисати подршком робота од максималних 100 % при чему се ДЕ покрећу спољном силом, истог интензитета и брзине кретања. Могућност мењања компјутерских параметара може омогућити парцијални ослонац пацијента и активацију мишићне контракције код деце која могу користити свој мишићни потенцијал.

2. Активно учешће детета и мотивација

Активно учешће детета и повећана мотивација током тренинга је постигнута интерактивним видео играма које су саставни део Локомат тренинга.

3. Шема хода , перформансе хода

Физиолошки образац хода са започињањем ослонца на пету је неубичајен код пацијената са ЦП. Уз помоћ специјално дизајнираног подизача стопала и роботских ортоза патолошка шема хода се коригује у физиолошку шему хода:

а. Софтвер омогућава постепено повећање обима покрета у куку и колену променом позиције зглобова и у току саме терапије, чиме се остварује повећање обима покрета у зглобовима и истезање спастичних мишића.

б. Постоји могућност промене брзине хода, дужине искорака, симетрични или асиметрични ослонац.

в. Повећање активације мишића је могуће повећањем ослонца пацијента, смањењем силе роботске подршке и увођењем додатних задатака.

г. Утиче се на мишићни тонус када је брзина хода мања и када се повећа обим покрета. Ако је једини циљ терапије смањење мишићног тонуса, додатна мотивација пацијента и примена виртуелне реалности није потребна.

д. Повећање издржљивости тренинга хода се постиже временским повећањем дужине трајања третмана

4. Сви принципи пластицитета мозга - активна пажња и мотивација детета, функционална активност (ход), интезивни тренинг су инкорпорирани у Локомат тренинг (Носома, 2022).

Додатни задаци и креативност терапеута

Тренинг Локомата се може модификовати на разне начине, у зависности од когнитивних способности детета и моторичких могућности. Постоји могућност интеракције терапеута и детета како би третман био занимљивији и комплекснији, попут ослобађања ослонца ГЕ (горњих екстремитета) и усклађивања координације ДЕ и ГЕ. Активност ГЕ се може повећати игром бацања лопте, тапшањем. Прогресија хода се може стимулисати додатним задатком попут прескакања препреке, шутирања лопте, вербалним налогом терапеута да убрза ход. Терапеут посматра постуру детета и даје налог за корекцију постуре, промену ритма хода и охрабрује и мотивише пацијента током третмана (Meyer-Heim, 2013).

Виртуелна реалност

Дефиниција

Виртуелна реалност је коришћење интерактивне стимулације која је креирана компјутерским хардвером и софтвером. Циљ је ангажовање у виртуелном окружењу које изгледа или је прилично слично стварним животним објектима и околностима (Weiss, et al., 2004). Виртуелна реалност пружа илузију да практично непостојеће ствари, дефинисане и смештене само у рачунарској меморији могу да се виде, чују, осете. Такође технологија на којој се заснива виртуелна реалност може да региструје људске покрете на начин који је рачунару обрадив.

Важност примене виртуелне реалности у рехабилитацији деце са ЦП

На моторичке функције се надограђују више когнитивне функције и међудејство моторичке функције хода и когнитивног функционисања попут пажње, доживљаја телесне целовитости, перцепције (Рапаић и Недовић, 2011) се постиже током Локомат тренинга захваљујући виртуелној реалности. Мотивација детета је најзначајнији фактор из домена личних фактора за усвајање моторичких вештина

(Bartlett & Palisano, 2002). Велика креативност и стрпљење је потребно да би се мотивисало дете са ЦП да понавља функционални покрет. Примена виртуелне реалности преко видео игрица чини понављање покрета интресантнијим. Током тренинга хода уз видео игрице, повратна информација на екрану у виду скоро пружа повратну информацију о покрету, повећава децу пажњу и пружа изазов пацијенту. Примена виртуелне реалности је обећавајућа за побољшање баланса и других моторичких вештина код деце и адолесцената са ЦП (Ravi et al., 2017).

Објашњење како видео игрице утичу на моторичко постигнуће детета може се сажети у три врсте разлога. Први је везан за учеснике (дете/ адолесцент), код којих долази до повећања когнитивног ангажовања и мотивације током видео игрица. Други разлог је перспектива саме игрице, јер пружа могућност извршења специфичног задатка који је сличан некој животној ситуацији, с том разликом што постоји могућност адаптације тежине видео игрица и што даје визуелни или звучни фидбек пацијенту. Трећи разлог је подршка детету која може доћи од стране терапеута, родитеља или вршњака (Levac & Sveistrup, 2014).

Виртуелна реалност у склопу Локомата- *Augmented Performance Feedback*

У Локомат систему постоје многобројне видео игрице под називом *Augmented Performance Feedback* које повећавају активно учествовање пацијента током тренинга. Циљ игрица је да побољшају образац хода, пренос тежине и симетричност хода (стимулисање захваћене стране код хемиплегичног облика ЦП), побољшање концентрације и пажње, повећање брзине и издржљивости у ходу. Постоје четири фазе видео игрица. У првој фази пацијент нема моторну контролу и потребна је потпуна асистенција Локомата. Видео игрица има за циљ да одржи искључиво пацијентову пажњу на екрану. У другој фази основни циљ је да пацијент буде максимално укључен и да добије фидбек своје активности. У трећој фази пацијент може да модулише боље своју мишићну активност и поспеши своју мишићну издржљивост. Веома је важно да у овој фази пацијент успева да пренесе своју издржљивост и на активности свакодневног живота. У четвртој фази пацијент има малу силу подршке Локомата и веће изазовне задатке (Nocoma- Manuel, 2018).

Избор видео игрице зависи од индивидуалног циља третмана и могућности детета. Постоји могућност примене једноставнијих игрица за децу нижег когнитивног функционисања. Захваљујући игрицама ова терапија је забавна и добро прихваћена од стране деце са ЦП.

Савремени концепт рехабилитације деце са ЦП

Велике промене у концепту деце рехабилитације десиле су се крајем 20. века, када се појавила нова парадигма неспособности (“*New paradigm of disability*”) која укључује холистичко сагледавање појединца, истиче функционалност пацијента, а не дефицит и неспособност (*disability*). Значај нове парадигме је у укључивању фактора средине и њиховог утицаја на функционисање пацијената (Bronfenbrenner & Ceci, 1994) из чега је проистекао концепт процене и рехабилитације сажет у ICF класификацији (WHO, 2001). Неколико година касније креирана је ICF за децу и младе, захваљујући којој се данас разматра функционална, а не развојна перспектива детета.

Применом ICF акценат се преместио са традиционалног биомедицинског аспекта на биопсихосоцијално функционисање пацијента у оквиру кога се велика

пажња придаје активности детета и партиципацији. Данас се сматра да је партиципација (учешће у социјалном животу) детета са неуроразвојним сметњама кључни циљ рехабилитације (Rosenbaum, 2020) и одвија се кроз игру, учење, рекреацију. Због процеса развоја током времена код деце се мењају и усложњавају активности (од изоловане игре, преко игре са вршњацима, а касније и школских активности) и повећава се могућност партиципације (WHO, 2007). У односу на традиционални модел рехабилитације у савременом приступу стручњаци и родитељи не треба да очекују правилан физиолошки покрет и увек треба да постоји позитивна конотација према детету без потенцирања на дететову моторичку немогућност и некоординисаност (Rosenbaum & Gorter , 2012). Потребно је разумети моторичко изражавање детета и подржавати дететова интересовања (Rosenbaum, 2020).

Нови начин сагледавања проблема ЦП који је ослоњен на ICF дат је у концепту 6 - Ф (6- F- *function, family, fitness, friends, fun, future*), који подразумева следеће појмове: функцију, породицу, фитнес, пријатеље, забаву и будућност. Са овим концептом сагледава се функционисање дететата са ЦП кроз познавање специфичности породице у којој одраста, физичких могућности, физичке активности детета и забавно- друштвеног живота. За свако дете породица је основ у којем формира вредносне ставове и основне социјалне вештине. Дружење са вршњацима је веома важно за увежбавање социјалних вештина које детету помажу да израсте у задовољну и социјално адаптирану особу. Захваљујући ICF посветило се више пажње партиципацији и тако омогућило да деца/ одрасли са ЦП буду социјално интегрисани у друштвену средину.

Evidence Based Practice у рехабилитацији деце са ЦП

У савременом концепту рехабилитације засноване на доказима (*evidence-based practice*), постоје три компоненте које чине добру праксу: клиничко знање и искуство стручњака које доносе одлуке везане за пацијента, мишљење и перцепција пацијента/ родитеља која доприноси одлуци и планирању третмана и праћење резултата научних студија.

У западном свету компонента везана за резултате научних студија и клинички водичи добре праксе су у експанзији. У последњих 15 година повећао се број квалитетних високо вреднованих научних студија за децу са ЦП које испитују ефикасност различитих терапијских интервенција. Тенденција диференцирања ефикасних терапија од оних који нису ефикасне дата је у истраживању аустралијског тима, при чему нису укључени радови везани за нове терапијске интервенције попут виртуелне реалности и роботске рехабилитације, али је назначено да је тренинг хода на покретној траци са парцијалним или пуним ослоном ефикасна терапија (Novak et al., 2020).

Традиционалне и нове интервенције хода

Неоспоран је значај традиционалне терапије у рехабилитацији деце са ЦП, али је важно указати на нове методе хода и изнети предности тих метода посебно код тежих облика ЦП због могућности истовременог и константног моторичког и когнитивног изазова за бржи опоравак деце. Традиционални третман деце са ЦП је временски дуготрајан и скуп процес који укључује мултидисциплинарни тим стручњака и родитеље детета са ЦП. Рано откривање одојчади са ризиком за ЦП намеће интезивне терапије у првим годинама живота у циљу развијања моторне контроле главе, трупа, карлице и доњих екстремитета, јачања мишићне снаге, повећања обима покрета, смањења мишићног тонуса, побољшања статичног и

динамичног баланса. Моторичко учење је отежано, успорено и непостојено код деце са ЦП и зато је важан интезиван тренинг са многобројним понављањима покрета и дуг режим вежбања са великим бројем понављања вежби (Рапаић и Недовић, 2011). Стандардни третмани захтевају поред напора детета са ЦП, родитељски, али и ментални и физички напор физиотерапеута, јер се ради о многобројним понављањима покрета током вишегодишње рехабилитације који су основ за развијање неурофизиолошке зрелости мозга и напредак детета. Терапеути који раде са децом са неуролошким оштећењима сматрају традиционалну терапију најзначајнијом, јер успоставља близак физички и емотиван контакт са пацијентом. Однос терапеут- пацијент базиран је на поверењу, емпатији и доброј комуникацији како би се пацијент осећао сигурним. Ефикасност терапије зависи у великој мери од реално постављених циљева, посвећености, позитивног става терапеута, мотивације пацијента и родитеља, стрпљења, креативности, интуиције, тимског рада (Sulzer & Sulzer, 2021).

Један од основних циљева рехабилитације је успостављање мобилности и кретања, јер смањена локомоторна функција негативно утиче на активност и партиципацију деце (Peri et al., 2017). У традиционалном третману ход деце нивоа I-II се увежбава на равној подлози, уз и низ степенице, косој равни, док је тренинг хода деце нивоа III-IV ограничен. Нове методе тренинга хода имају позитивне ефекте и за децу која не могу самостално да ходају (Druzicki et al., 2013). Мета-анализа потврђује значајан позитиван ефекат на издржљивост, брзину хода и дужину ослонаца деце са ЦП након тренинга на покретној траци (Han & Yun, 2020). Парцијални ослонац на покретној траци (*Partial body weight supported treadmill training -PBWSTT*) код деце млађег узраста са ЦП је ефикасан, јер побољшава грубе моторичке функције након 6 недеља (Franki et al., 2012).

Предности роботског тренинга хода на покретној траци у односу на BWSTT или PBWSTT су: мањи физички напор терапута који не мора да позиционира ДЕ током хода, већ то ради роботска подршка (Lefmann, 2017; Winchester & Querry, 2006), физиолошка шема хода, добар интезитет тренинга, дужа временска толеранција хода и забаван карактер.

II
ЦИЉ, ЗАДАЦИ, ХИПОТЕЗЕ, ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања

Општи циљ истраживања да се утврди утицај роботски потпомогнутог тренинга на ход деце са спастичном формом церебралне парализе се конзистентно грана на три подциља:

1. Утврдити утицај роботски потпомогнутог тренинга хода (Локомат) на побољшање моторичких функција, баланса и фунционалности хода.
2. Утврдити утицај роботски потпомогнутог тренинга хода на обим покрета, мишићну снагу и спастичитет мишића.
3. Утврдити став родитеља о ефикасности роботски потпомогнутог тренинга хода и његовом утицају на квалитет живота детета.

Задаци истраживања

У складу са претходно дефинисаним циљевима постављени су следећи задаци:

1. Формирање узорка истраживања, експерименталне и контролне групе.
2. Иницијална евалуација испитаника експерименталне и контролне групе коришћењем предвиђених инструмената процене.
3. Спровођење традиционалног и роботски потпомогнутог третмана.
4. Завршна евалуација испитаника експерименталне и контролне групе након завршеног интензивног тренинга.
5. Испитати како родитељи процењују квалитет живота детета неколико недеља по завршетку терапије и мишљење родитеља о утицају роботског тренинга хода код експерименталне групе.

Хипотезе истраживања

1. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП експерименталне групе утицаће на већи степен побољшања моторичких функција и баланса, у односу на контролну групу где је примењена само традиционална терапија.
2. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП експерименталне групе утицаће на већи степен побољшања фунционалности хода у односу на контролну групу.
3. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП експерименталне групе утицаће на већи степен побољшања моторичких функција, баланса и фунционалности хода код деце нивоа I-II у односу на децу нивоа III-IV на GMFCS.
4. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП експерименталне групе утицаће на већи степен побољшања мишићне снаге, обима покрета, смањења спастичитета у односу на контролну групу.

5. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП експерименталне групе утицаће на већи степен побољшања квалитета живота у односу на контролну групу.

Варијабле истраживања

Опште демографске варијабле

- Узраст
- Пол испитаника

Независне варијабле које се односе на процену моторичких способности детета су временско трајање Локомат и традиционалног тренинга и врсте вежби традиционалног тренинга.

Зависне варијабле које се односе на процену моторичких способности детета:

- Постурална контрола у стојећем положају
- Постурална контрола при ходу, трчању и скакању
- Баланс
- Издржљивост у ходу
- Брзина хода
- Нивои на GMFCS
- Обим покрета
- Мишићна снага
- Спастицитет

Зависне варијабле које се односе на квалитет живота испитаника:

- Социјално прихватање и благостање
- Осећања везана за функционисање
- Учешће у социјалном животу и физичко здравље
- Емоционално здравље и самопоуздање
- Приступ здравственим услугама и сервисима подршке
- Бол и утицај церебралне парализе
- Здравље родитеља

III

МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

План и организација истраживања

Предмет истраживања

Роботски потпомогнути тренинг хода је новија терапеутска интервенција у свету и потребни су нови докази његове ефикасности. Предмет овог истраживања је да испита ефикасност интензивног роботски потпомогнутог тренинга хода (Локомат) код деце са спастичном формом ЦП као прва студија овог типа у Уједињеним Арапским Емиратима.

План истраживања

У фази припреме за истраживање која је трајала до априла месеца 2020. године спроведено је проучавање литературе страних аутора на тему роботске рехабилитације и извршено је прикупљање библиографских јединица. Током ове фазе размотрени су, анализирани и изабрани мерни инструменти за истраживање.

Период од априла до октобра 2020. године био је предвиђен за припрему клиничког истраживања. У овом периоду постигнуто је следеће: креиране су четири презентације и осмишљени су обрасци у којима ће се водити евиденција о резултатима тестирања и обрасци за евиденцију дневних третмана. Обављено је неколико састанака са запосленим у рехабилитационом центру који ће бити укључени у ово истраживање са циљем упознавања истраживачког поступка. Главни истраживач је припремио детаљна упутства везана за истраживачки процес и указао на важност праћења креираних протокола, стандардизацију процене и стандардизацију третмана за све испитанике. Осмислио је и спровео обуку свих запослених који учествују у овом пројекту. У дводневној радионици четири запослена физиотерапеута су се упознала са инструментима процене и извршила се стандардизација начина мерења за седам клиничких инструмената процене. Обезбеђена је сва потребна опрема за тестирање, мерни инструменти и обележена је стаза за тестове хода.

У октобру месецу 2020.године започето је пилот тестирање на 6 испитаника, али је само четворо завршило тестирање. Пилот студија је помогла да се утврди просечно време спровођења инструмената процене по испитанику, неопходност дводневног тестирања за седам инструмената процене, редослед тестирања и дужина паузе између тестова, како би се избегао умор испитаника и добили објективни налази. Закључили смо да је важно послати писане инструкције родитељима дан-два пре тестирања/ретестирања, путем е-мејла или друштвених мрежа. У упутству су дате информације о обући, гардероби, избегавању физичке активности и јаког оброка за дан тестирања/ретестирања, као и подсећање да понесу ходалицу уколико је дете користи. У упутству је назначено за тренинг Локомата да адекватна одећа подразумева хеланке и мекане патике и динамичку ортозу (*Hinged AFO*) ако је деца свакодневно користе. Дозвољени су улошци у патикама, а уколико постоји несиметричност ДЕ повишица од максималних 3 цм је прихватљива. Извршена је модификација шестоминутног теста хода, јер стандардни протокол овог теста хода није било могуће спровести. Сви закључци и модификације након пилот тестирања биће примењени у истраживачком поступку.

Место и време истраживања

Истраживање је обављено у рехабилитационом центру *Zayed Higher Organisation for People of Determination (ZHO for POD)* у Абу Дабију, Уједињени Арапски Емирати (УАЕ) од новембра 2020. до августа 2021.године за

експерименталну групу и у, Клиничком центру Ниш”, Република Србија, од јула до новембра 2021.године за контролну групу.

Позив за ово истраживање је достављен путем е-мејла родитељима деце са ЦП који су пацијенти ЗНО for POD у Абу Дабију и Клинике за физикалну медицину и рехабилитацију у Нишу.

Дизајн истраживања

Ово истраживање је било дизајнирано као рандомизована контролисана студија, али је претрпело модификацију због отежане селекције и рандомизације узорка која је узрокована пандемијом корона вируса током целог истраживачког периода.

Опис узорка

Критеријуми укључивања у истраживање су подразумевали:

- Децу са спастичном или мешовитом формом ЦП
- Ниво моторичког функционисања I–IV на GMFCS
- Узраст 4–18 година
- Способност да могу да прате једноставна упутства

Табела 1. Разлози укључивања у студију

Критеријум	Разлог
Спастична или мешовита ЦП	Повећани тонус потпомаже вертикализацију пацијента. Највећи број пацијената са ЦП припада овим формама.
Ниво моторичког функционисања I–IV на GMFCS	Означава децу, адолесценте који су самостални у ходу или ходају уз помоћ помагала.
Узраст од 4–18 година	Пре 4. године не могу активно учествовати у тренингу Локомата.
Способност да прате једноставна упутства	Деца средње снижених когнитивних могућности могу да учествују у Локомот тренингу.

Критеријуми искључивања из студије су подразумевали:

- Третман ботулинским токсином типа А у протеклих 4–6 месеци
- Хирушки захват у последњих неколико месеци
- Компликације мускулоскелетног система попут контрактура, деформитета ДЕ, нестабилности, дислокације кука, сколиозе, које су праћене болом
- Епилепсију која није контролисана лековима
- Локомат тренинг у последња 3 месеца

Табела 2. Разлози искључивања из студије

Критеријум	Разлог
Ботулински токсин типа А у протеклих 4-6 месеци на ДЕ	Редукција спастицитета траје од 3-6 месеци и потребно је да се избегне утицај БТ терапије (Molenaers, 2006).
Хирушки захват у протеклих неколико месеци на ДЕ	Ако су сложеније интервенције на ДЕ ортопед мора одобрити примену Локомата (Aurich-Schuler et al., 2015).
Компликације мускулоскелетног система праћене болом	Препорука експертског тима је да пацијент мора бити без бола током Локомат тренинга (Aurich-Schuler et al., 2015).
Епилепсија која није контролисана лековима	Контраиндикација је за примену Локомата.
Локомат тренинг у последња 3 месеца	Избећи ефекте претходног Локомат тренинга.

Постоје опште контраиндикације за примену Локомата попут остеопорозе која доводи до патолошких прелома костију, васкуларних обољења ДЕ или отворених лезија на кожи. Контраиндикувана је примена Локомата у случајевима велике рестрикције пасивног покрета у куку и колену (Aurich-Schuler et al., 2015).

У овој студији било је планирано 50 испитаника, узраста од 4 - 14 година. Укупан број испитаника који је завршио истраживање је 41. У експерименталној групи било је 30 испитаника, али је четворо одустало од истраживања, док је у контролној групи 15 испитаника завршило испитивање. У експерименталној групи само је 14 пацијената установе у којој се истраживање обавило задовољило критеријуме за укључивање у студију, а преостали испитаници су пацијенти других рехабилитационих установа у Абу Дабију.

Број испитаника у експерименталној групи је био прилагођен организационо-временским могућностима коришћења Локомат уређаја. Због мера против COVID-19, ЗНО се придржавала прописа које је влада доставила и препорука за организацију терапијских интервенција које укључују дозвољени број пацијената током дана у рехабилитационом центру и неопходне мере дезинфекције. Истраживање је прилагођено према епидемиолошкој ситуацији у Абу Дабију. Испитаници експерименталне групе су били подељени у 5 група по следећем редоследу: 4 испитаника у групи 1, 6 испитаника у групи 2, 8 испитаника у групи 3, 3 испитаника у групи 4 и 5 испитаника у групи 5.

Због немогућности селекције пацијената за контролну групу у Абу Дабију, контролну групу представља 15 испитаника сличног узраста који су пацијенти Клинике за физикалну медицину и рехабилитацију, Универзитетског клиничког центра у Нишу.

Урађен је превод свих тестова на српски језик, преведени су сви обрасци за документацију и дата су идентична упутства за спровођење процене и терапије у контролној групи.

Етичка разматрања

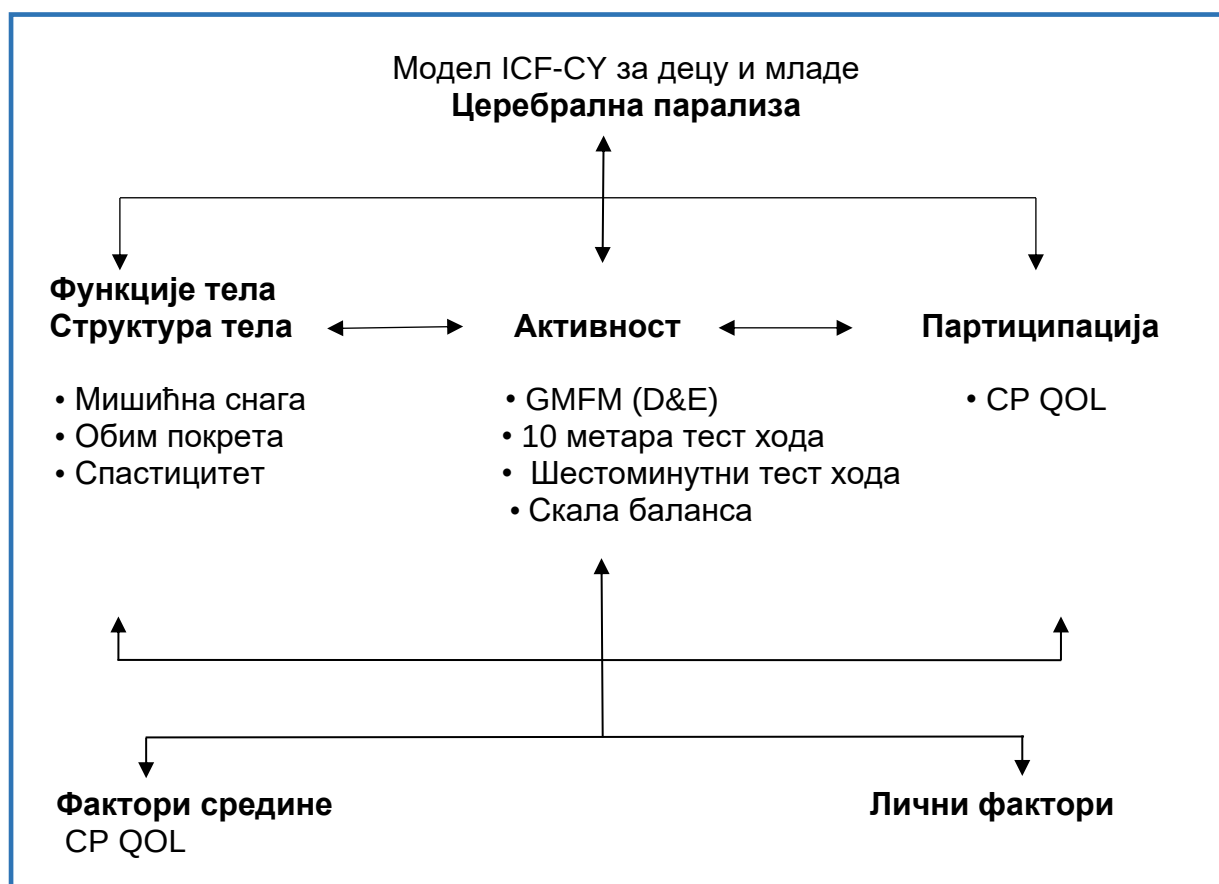
Писана сагласност директора ZHO for POD за истраживачки део докторске дисертације под називом *Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са церебралном парализом (Robotic Assisted Gait Training in Cerebral Palsy)* је добијена првог септембра 2020.

Пројекат Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са ЦП је један део великог пројекта између рехабилитационо-образовне установе ZHO for POD и одељења физиотерапије Фатима колеџа здравствене струке (*Fatima College of Health Sciences, FCHS*). Нацрт пројекат под радним називом Ефикасност роботски потпомогнутог тренинга хода и хидротерапије код особа са посебним потребама (*Efficacy of Robotic Assisted Gait Training and Hydrotherapy in People of Determination*) упућен је Етичком одбору FCHS са свом потребном документацијом за добијање одобрења клиничког истраживања у установи ZHO for POD. Руководилац овог истраживања је проф. Др Muhammad Al Jarrah, који је управник одељења Физиотерапије на FCHS, а главни истраживач Драгана Ђурић. Етички одбор је дао писану сагласност за поменуто истраживање 20. септембра 2020. године под бројем (INTSTF018PHY20). Ова студија је пријављена међународном веб сајту који је сервис Националног института здравља и Националне медицинске библиотеке САД. Заведена је под бројем NTSTF018PHY20, на <https://clinicaltrials.gov/ct2/search>.

Родитељи чија су деца испитаници у овој студији су добили информације о начину истраживања и одговоре на сва питања у вези истраживачког поступка. Родитељи су писаним пристанком дали сагласност за учешће у овој студији. Према правилима истраживачких студија учешће деце је волонтерско и родитељи имају право да се повуку из истраживања без давања објашњења.

Концептуални оквир истраживања

Инструменти процене су били изабрани да покрију компоненте моторичке процене према Међународној класификацији функционисања, онеспособљености и здравља за децу и младе (*International Classification of Functioning, Disability and Health- Children and Youth (ICF-CY)*), (WHO, 2007) која представља концептуални оквир овог истраживања. Први део ICF класификације испитује Телесне функције и структуру, Активност и Партиципацију, а други подразумева Контекстуалне факторе. У домену Телесна структура и функције процењивали смо обим покрета, мишићну снагу и спастичитет. Акценат је био на домену Активност проценом GMFM димензија D и E, 10 метара тест хода којим се процењује брзина хода, шестоминутни тест хода којим се процењује издржљивост у ходу и Скали баланса. Компоненте Партиципације и Концептуални фактори (фактори средине и лични фактори) нису детаљно испитани. Специјално дизајнирани упитник квалитета живота који је коришћен у овом истраживању садржи питања везана за Партиципацију деце и факторе окружења.



Слика 4: Преглед инструмената процене у овом истраживању према ICF.

Инструменти процене

Класификациони систем грубих моторичких функција за церебралну парализу – Проширена и измењена верзија (*Expanded and Revised, GMFCS–E&R, Palisano et al. 1997, 2008*) описује ниво мобилности и способност за ход детета и адолесцената са ЦП. Урађена је класификација испитаника у овом истраживању према узрасту деце (4-6 година, 6–12 година и 12–18 година). Постоји 5 нивоа који процењују уобичајено дневно функционисање и показују разлике у моторичком функционисању у свакодневном животу. За децу узраста 6-12 година, самостални ход без ограничења је ниво I, самостални ход уз ограничење представља ниво II, ход уз помоћ штапа, штака или ходалице је ниво III, самостално коришћење стандардних или електричних колица је ниво IV, док ниво V означава дете које је у колицима и превози га друга особа.

Тест процене грубих моторичких функција (*Gross Motor Function Measure (GMFM)*) је евалуативан тест за децу са ЦП намењен за праћење промена у грубој моторици током времена (Russell et al., 1989). GMFM не мери квалитет покрета, већ само ниво усвајања базичних моторичких функција у 7 димензија: лежећи положај и окретање у лежећем положају (димензија A), сед (димензија B), четвороножни и клечећи положај, (димензија C), стајање (димензија D), ход, трчање и скакање (димензија E). GMFM је стандардизовани тест, поуздан и валидан. GMFM-88 и новија верзија GMFM-66 детектују промене у грубој моторици током времена код деце са ЦП (Alotaibi et al., 2013) и сензитиван је за функционалне промене код деце

која користе неко помагало за ход или ортозу за стопало (Russell & Gorter, 2005). Свака димензија теста и финални резултат имају прихватљив ниво апсолутне и релативне поузданости (Ko & Kim, 2013).

У овом истраживању ће се тестирати у димензији Д која подразумева 13 задатака везаних за стајање и у димензији Е која подразумева 24 задатка у вези хода, трчања и скакања. Оцењивање је у распону од 0 до 3, где 0 означава немогућност извођења покрета, 1 започињање покрета, 2 делимично извођење и 3 комплетно извршен задатак. GMFM се користи у истраживачке сврхе када се прати интензивна моторичка интервенција (Josenby et al., 2009). У студијама испитивања ефеката роботски потпомогнутог хода GMFM (димензија Д и Е) је веома чест инструмент процене (Schroeder, 2014; Meyer- Heim, 2015; Peri, 2017; Van Hedel, 2016; Walard, 2017; Wu, 2017).

Десет метара тест хода је функционални тест процене брзине хода који је широко заступљен у клиничкој и истраживачкој неуролошкој пракси одраслих и деце. Овај тест мери најбржи ход детета на кратком растојању за децу нивоа I–IV на GMFCS или уобичајени ритам хода. 10 m тест хода је показао одличну интра и интер поузданост код одраслих особа са блажом формом ЦП (Bahrami et al., 2017). У нашем истраживању смо испитивали уобичајен ход, на означеној траци од 10 метара, при чему су прва два метра важна за акцелерацију хода, а последња два за десцелерацију хода. Растојање од 6 метара је мерено у складу са стандардизованим упутством, коришћена је штоперица за бележење времена. Тест се изводио два пута без паузе, након чега се одређивала средња вредност брзине хода.

Шестоминутни тест хода је функционални тест процене пређеног растојања. Овај тест је показао одличну поузданост код деце нивоа I–III на GMFCS (Thomson et al., 2008). У овом истраживању користио се коридор од 30 метара са чуњевима на почетку и на крају коридора. Због деце млађег узраста и нижих когнитивних способности извршила се модификација стандардног теста честим вербалним охрабривањем да испитаник настави да хода у истом правцу након пада или прекида хода. Физички контакт са испитаником је био избегнут током теста, али је била дозвољена минимална помоћ деци са ходалицом да се усмери окрет ходалице око чуња.

Тест утврђивања брзине на 10 метара и шестоминутни тест хода често су коришћени приликом утврђивања ефеката Локомат тренинга (Meyer-Heim, 2015; Peri, 2017; Smania, 2011; Van Hedel, 2016).

Скала баланса за децју популацију (*Paediatric Balance Scale (PBS)*) је намењена школској популацији деце са блажом и средње тешком формом ЦП и представља модификовану Бергову скалу која се користи код одраслих пацијента (Franjoine et al., 2003). Садржи 14 задатака и сваки се може вредновати у распону од 0-4 (0- не може да изведе задатак, 4- у потпуности изводи задатак) тако да је максимални скор постигнућа 56. PBS је једноставан, валидан тест за испитивање функционалног капацитета баланса код деце са спастичном формом ЦП (Yi et al., 2012). Има добру поузданост за децу лакшег и средње тешког оштећења у школском узрасту (Franjoine et al., 2003).

Мануални мишићни тест је намењен процени мишићне снаге у распону оцена од 0–5. У нашем истраживању користили смо стандардизовани тест процене Оксфордске скале- Oxford Scale (AKA Medical Research Council Manual Muscle Testing scale). Мишићна снага се може представити са 11 мерних јединица (0, 1, 2-

, 2, 2+, 3-, 3, 3+, 4-, 4, 5) према могућности снаге мишића да савлада гравитацију и испољи контракцију у пуном обиму покрета (Clarkson, 2012).

Обим покрета се може мерити активно када пацијент изведе покрет и пасивно када је пацијент опуштен, а друга особа изведе покрет. Пасивни обим покрета у куку, колену и скочном зглобу је мерен у овом истраживању коришћењем угломера која је стандардни инструмент процене. Сва пасивна мерења су обављена по прописаном стандарду (Clarkson, 2012). У контексту објективизације мерења водили смо рачуна да две исте особе раде прво и друго мерење у обе испитиване групе.

Модификована Ашворт скала (Modified Ashworth Scale (MAS)), (Bohannon & Smith, 1987) је стандардизовани тест процене спастичитета. Спастични мишић се истегне брзим пасивним покретом и бележи се отпор који мишић пружа (Bohannon & Smith, 1987). Терапеут оцењује ниво спастичитета при чему је максимално дозвољено извести три процене по мишићу. MAS има 6 мерних јединица, обележава се у распону 0-4. Ова скала је поузданија за одрасле пацијенте, а код деце са ЦП на ДЕ није показала валидност (Fosang et al., 2003).

Упитник квалитета живота (Cerebral Palsy Quality of Life (CP QOL)) је искључиво дизајниран за децу и младе са ЦП. Постоји у верзији за родитеље/старатеље: за узраст 4–12 и 13–18 година и у верзији за пацијенте са ЦП: узраст 9–12 и 13–18 година. CP QOL има повољне психометријске особине у обе верзије (Davis et al., 2013) и валидација је показала примењивост у различитим културолошким срединама. У верзији за родитеље и за децу узраста 4–12 година испитује 7 домена преко 66 питања укључујући социјално прихватање, осећања у вези смањене функционалности, социјалну рестрикцију и физичко здравље, емоционално здравље, приступ сервисима подршке, осећања у вези неспособности повезаних са болом и породично здравље (Waters et al, 2005). Одговори се бодују оценом од 1–9.

Анкета за експерименталну групу је имала за циљ да укаже на перцепцију родитеља о ефектима ове студије на њихово дете. Креирано је 19 питања која су осмишљена да идентификују могућу промену у функционисању детета. За сваку тврдњу родитељи су изражавали степен слагања или неслагања са датим одговором. Неколико питања је везано за домен Лични фактори (питања 1-4, 16), Телесна структура и функција (питања 5-8), Активност (питања 9-14), Партиципација (питање број 15) и Квалитет живота (17-19). Коришћена је Ликертова скала са пет понуђених одговора у распону од: потпуно се слажем, слажем се, немам мишљење, не слажем се и уопште се не слажем. Постављена су два питања отвореног типа где су могли да напишу позитивни и негативни коментар. Питања су преведена на арапски, постављена на Survey Monkey платформу и линк је прослеђен родитељима путем поруке или е-мејла.

Процедура тестирања

Испитаници су тестирани у два дана. Првог дана се тестирао баланс, тонус, обим покрета и шестоминутни тест хода, а другог дана GMFM 88 – димензија D & E, мануални мишићни тест и 10 метара тест хода. Просечно време тестирања једног пацијента по дану је износило од 2,5 -3 сата, укључујући и неопходне паузе између тестова. Због објективизације мерења исте особе су процењивале децу на првом и другом тестирању на клиничким тестовима.

У другом дану након завршеног тестирања извршена је Локомат процена и отворен је електронски картон. Проба десетоминутног тренинга хода је проверила реакцију детета за тренинг на Локомату. Од селектованих пацијената двоје се нису осећали конфорно због контрактура и бола у коленом зглобу и нису укључени у студију.

Упитник квалитета живота родитељи су попуњавали током прве недеље истраживања. Упитник је предат на арапском језику за експерименталну групу и на српском за контролну групу. Пре попуњавања родитељима су дате све релевантне информације у вези упитника. За упитник квалитета живота резултати су били добијени месец дана по завршетку Локомат терапије да би родитељи могли да перципирају евентуалне промене у свакодневном животу детета са ЦП.

Опис студије

Испитаници су били подељени у две групе: експериментална група, која је поред традиционалног тренинга имала тренинг Локомата и контролна група, која је имала само традиционални тренинг. Обе групе су имале по 20 тренинга. У случају одсуствовања са третмана постојала је могућност компензације пропуштених терапија.

Контролна група

Традиционални тренинг је подразумевао 5 терапија недељно у трајању од 40 минута, по протоколу направљеном за ово истраживање на основу препорука новијих научних студија. Традициони тренинг се састојао од :

- Вежбе истезања спастичних мишића ДЕ у трајању од 30 секунди по мишићу (мишићној групи) у укупном трајању од 5 минута.
- Вежбе јачања (статични бицикл, трицикл, функционално јачање мишића, индивидуално јачање мишића, изометријска контракција) у трајању од 20 минута.
- Вежбе баланса у различитим положајима на равној подлози и подлогама различите мекоће у трајању од 5 минута.
- Вежбе хода (разбој, бочни ход, покретна трака, ход по равном, ход уназад) у трајању од 10 минута.

Експериментална група

- Традиционални тренинг по истом протоколу и интензитету као за контролну групу (5 терапија недељно у трајању од 40 минута)
- 5 терапија Локомат тренинга недељно у трајању од 40 минута.

Статистичка анализа и обрада података

У овој студији коришћене су дескриптивне и аналитичке статистичке методе. Од дескриптивних метода коришћени су:

- апсолутни и релативни бројеви (N,%)
- мере централне тенденције (аритметичка средина, медијана)
- мере дисперзије (стандардна девијација, перцентили)

Од аналитичких статистичких метода коришћени су тестови разлике:

- параметарски (t тест)

- непараметарски (Пирсонов хи-квадрат тест, Фишеров тест тачне вероватноће, Ман-Витни У тест, Вилкоксонов тест, Краскал-Волисов тест).

Избор теста за тестирање разлике зависио је од типа података и расподеле. Параметарски методи коришћени су у ситуацији где је расподела била нормална, док су непараметарски коришћени у ситуацији где расподела није нормална. Нормалност расподеле испитивана је на основу дескриптивних параметара, тестова нормалности расподеле (Колмогоров-Смирнов и Шапиро-Вилкс тест) и графичким методама (хистограм, боксплот, QQ плот).

Пирсонова и Спирманова корелациона анализа су коришћене за тестирање повезаности нумеричких и ординалних обележја посматрања. Избор корелационог метода зависио је од типа података, дистрибуције и везе која је се испитује.

За анализу повезаности коришћена је линеарна и логистичка регресиона анализа, униваријантна и мултиваријантна.

Резултати су приказани табеларно и графички. Сви подаци обрађени су у SPSS 20.0 (IBM corp.) софтверском пакету и R 3.4.2 (R Core Team (2017)).

Протокол роботски потпомогнутог тренинга хода

У изради протокола роботског тренинга хода за експерименталну групу користили смо препоруке за примену Локомата код деце са ЦП (Aurich- Schuler et al., 2015; Носота Manuel) уз уважавање клиничког искуства терапеута који надзиру рад Локомата. С обзиром на велику хетерогеност испитаника експерименталне групе у делу њихових функционалних способности могле су се дати само смернице у погледу прогресије третмана на Локомату током једномесечног програма, јер је индивидуалан приступ основа креирања интезивне роботске терапије.

Прва терапија по препоруци произвођача је трајала од 15-20 минута, како би испитаник добио прва искуства о овој терапији. Друга препорука је да сва деца без обзира на њихов функционални ниво започну тренинг са 50 % ослонаца у односу на њихову тежину (Aurich- Schuler et al., 2015). Током друге и треће терапије постепено се повећава ослонац и екстензија у коленом зглобу, а смањује се роботска подршка (*guidance force*) са 100 на 85 %. Трећа препорука односи се на повећане брзине хода од 1 км до 1,5 км која је могућа за све нивое деце на GMFCS.

Роботско потпомогнути тренинг хода у односу на функционални ниво пацијента:

1. Деца ниво IV на GMFCS углавном имају повећани спастицитет, ограничење екстензије у коленом зглобу, смањену еластичност флексора кука и уколико је њихов образац хода *crouch* ход, најчешће ходају ситним корацима. Најважнији параметар је везан за положај и корекцију екстензије у коленом зглобу. Често током Локомат терапије због *crouch* карактеристичног хода Локомат се зауставља, тако да је тренинг са честим прекидима. Да би избегли прекиде повећали смо угао флексије у куку који омогућава бољи искорак. За ове пацијете је важно да се постигне добра постура у стојећем положају. Многи од ових испитаника имају смањене когнитивне функције. Ови испитаници најчешће остају на првом нивоу видео игрица.

2. Један од најважнијих циљева за децу нивоа III на GMFCS је смањење роботске подршке. Други циљеви Локомат терапије су повећање издржљивости хода и већа активација мишића ДЕ. Код ових испитаника већа је могућност корекције екстензије у колелу и могућ је дужи искорак.

3. Деца нивоа I- II на GMFCS за основне циљеве имају рад на симетрији покрета, побољшању иницијалног контакта при започињању циклуса хода и реципрочног хода уз усклађивање покрета ГЕ. Ови пацијенти могу проћи сва четири нивоа видео игрица. Не препоручује се гледање You Tube видеа током тренинга, јер има пасивни карактер и не подстиче се активно учешће детета (Lefman et al., 2017). Осим великог изазова које пружају видео игрице могу се поставити додатни задаци од стране терапеута.

Протокол традиционалног тренинга

У истраживању смо се придржавали прописаног протокола, врсти вежби и трајања вежби. Протокол је креиран на начин да подржи различите индивидуалне могућности детета са блажом или тежом формом ЦП. Третман је имао своје модификације у односу на сарадњу детета, заинтересованост детета и моторичке могућности. Индивидуални приступ и креативност терапеута у фацилитацији задатих вежби су били неопходни како би се савладао задати програм и одржала мотивација испитаника током 40 минута третмана.

Истезање

Истезање спастичних мишића ДЕ спроведено је кроз форму изолованог пасивног истезања једног мишића у временском трајању од 30 секунди. Истезање се спроводило увек на истим мишићима. Временски истезање је било могуће за билатералних пет спастичних мишића на ДЕ попут iliopsoas, quadriceps, hamstrings, adductors и gastrocnemius. Уколико је било могуће примењивало се и активно истезање мишића.

Мишићна снага

Када је мишићна оцена снаге 2, вежбе јачања ДЕ су започете изометријским контракцијама и у положају тзв. елиминације силе теже уз могуће додавање минималног отпора траком (Тера бенд). Мишићи снаге 3 и више јачани су у положајима против силе гравитације и против отпора. Вежбе јачања абдоминалне и трупне мускулатуре (core) су се спроводиле на струњачи и уз коришћење терапеутске лопте. У изолованом јачању мишића придржавали смо се препорука Америчке академије са спорт која препоручује 8-12 понављања у 3 сета за појединачни мишић. Акценат је био усмерен на јачање gluteus medius/ minimus и на важне антигравиторне мишиће попут quadriceps и gluteus maximus. Форсирало се функционално јачање попут вожњи на трициклу или статичном бициклу, чучња уза зид или устајања из седећег положаја у стојећи, искорак на клупу.

Баланс

Увежбавање баланса у стојећем ставу је првенствено намењено деци која могу самостално стајати. Код испитаника који су на нивоу III и IV реакције баланса су увежбаване у седећем, четвороножном и клечећем положају. У овим положајима кретало се од једноставних вежби на струњачи и терапеутској лопти са тенденцијом прогресије и већег изазова за испитанике. За децу нивоа I, II стимулисање соматосензорних информација се постизало стајањем на подлоге различите мекоће

и нестабилне подлоге, а утицај визуелног стимулуса смањивао кроз одржавање положаја са затвореним очима.

Тренинг хода

За децу нивоа I и II ход се увежбавао кроз бочни ход, ход уназад, ход на покретној траци. За децу без доброг баланса користио се разбој и покретна трака за ход са ослоцем на руке. За децу која нису могла да стоје самостално стимулисало се 5 минута стајања уз подршку и 5 минута кретања са ходалицом.

IV

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Општи демографски подаци

Број испитаника

Табела 3. Број и проценат испитаника по групама и укупан број испитаника.

Група	Група	
	Број	%
експериментална	26	63.4
контролна	15	36.6
Укупно	41	100.0

Из табеле се види већи број испитаника у експерименталној групи у односу на контролну.

Узраст испитаника

Табела 4. Дескриптивна статистика старости испитаника

		Група					
		Број	A.C.	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75
Старост	експериментална	26	7.69	2.90	7.01	5.80	9.80
	контролна	15	8.04	1.96	8.11	6.80	9.50

Групе су уједначене по узрасту што се може видети у табели 4. Нема значајне разлике између група по старости ($t=-0,414$; $p=0,681$).

Пол испитаника

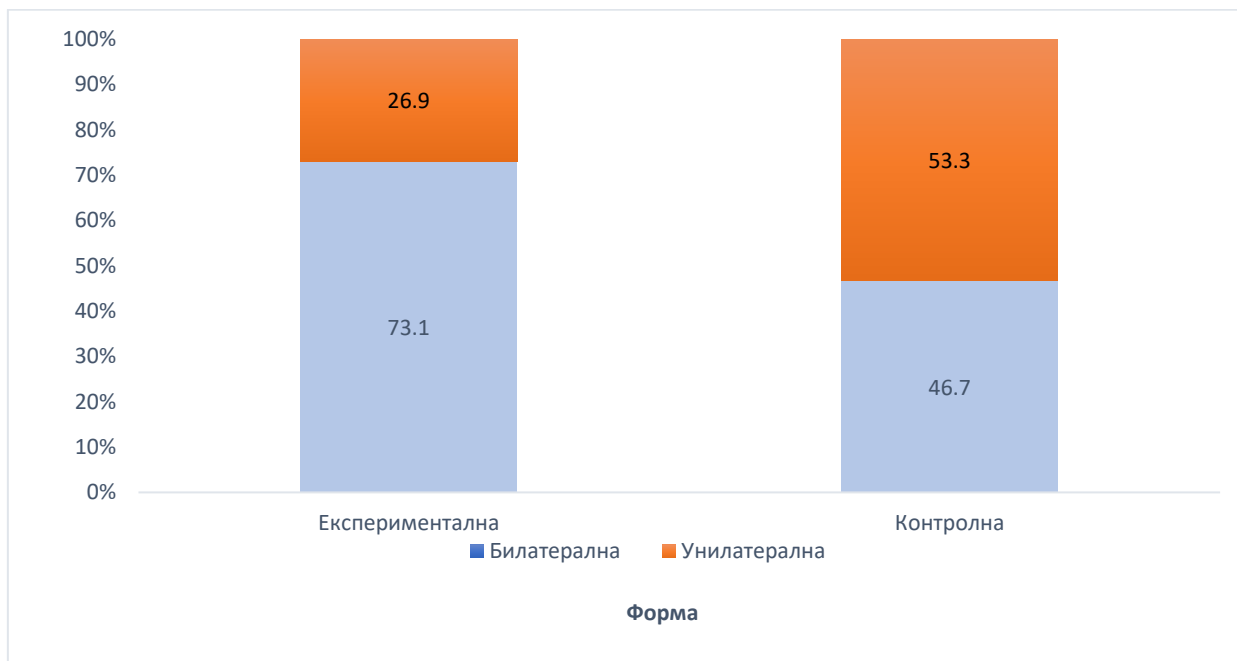
Табела 5. Дистрибуција пацијента по групама у односу на пол испитаника

			Пол		Укупно
			мушки	женски	
Група	експериментална	Број	16	10	26
		%	61.5%	38.5%	100.0%
	контролна	Број	12	3	15
		%	80.0%	20.0%	100.0%
Укупно		Број	28	13	41
		%	68.3%	31.7%	100.0%

Већи је број дечака у обе групе, већи је проценат дечака у контролној групи у односу на експерименталну. Нема статистички значајне разлике између група по полу (Фишеров тест тачне вероватноће $p=0.305$). Ипак, евидентно је да постоји разлика у дистрибуцији, али због малог узрока није ни могуће добити значајност и да је разлика евидентна.

Основне карактеристике узорка

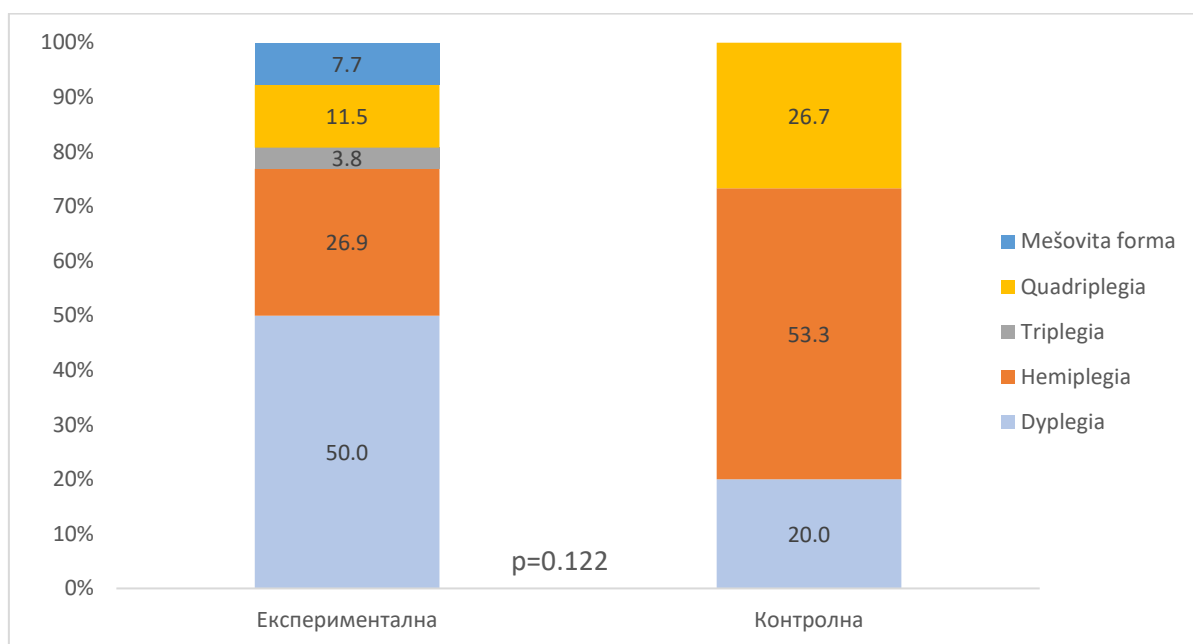
Дистрибуција испитаника према форми церебралне парализе



Графикон 1 . Дистрибуција испитаника према форми церебралне парализе у испитиваним групама.

Билатерална форма је заступљенија у експерименталној групи, док унилатерална форма преовлађује у контролној групи

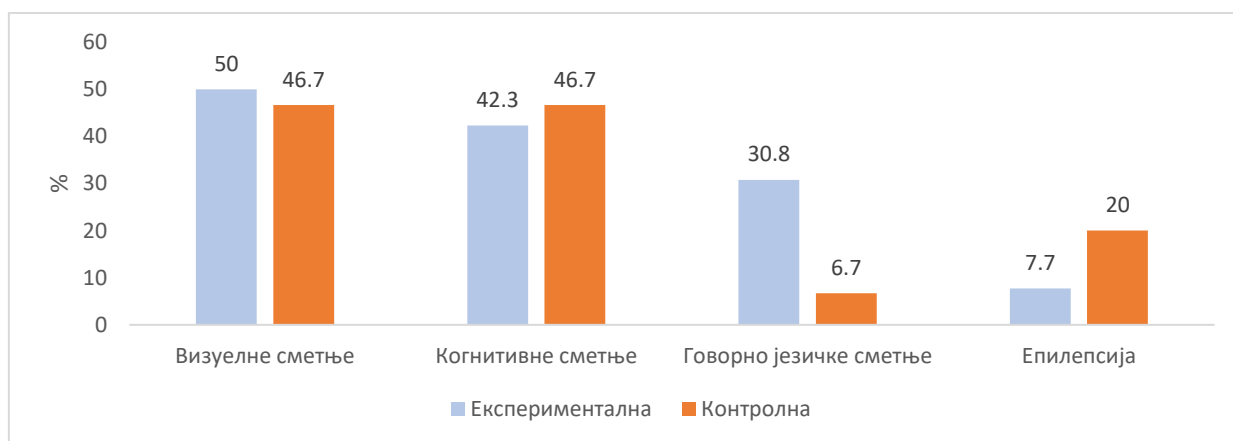
Дистрибуција испитаника према клиничкој форми церебралне парализе



Графикон 2 . Дистрибуција испитаника према клиничкој форми церебралне парализе у испитиваним групама.

На основу резултата Фишеровог теста разлика није статистички значајна између група. У експерименталној групи половина испитаника има дијагнозу диплегије, затим следи хемиплегија, квадриплегија, мешовита форма и триплегија. У контролној групи доминира хемиплегија, затим следи квадриплегија и диплегија.

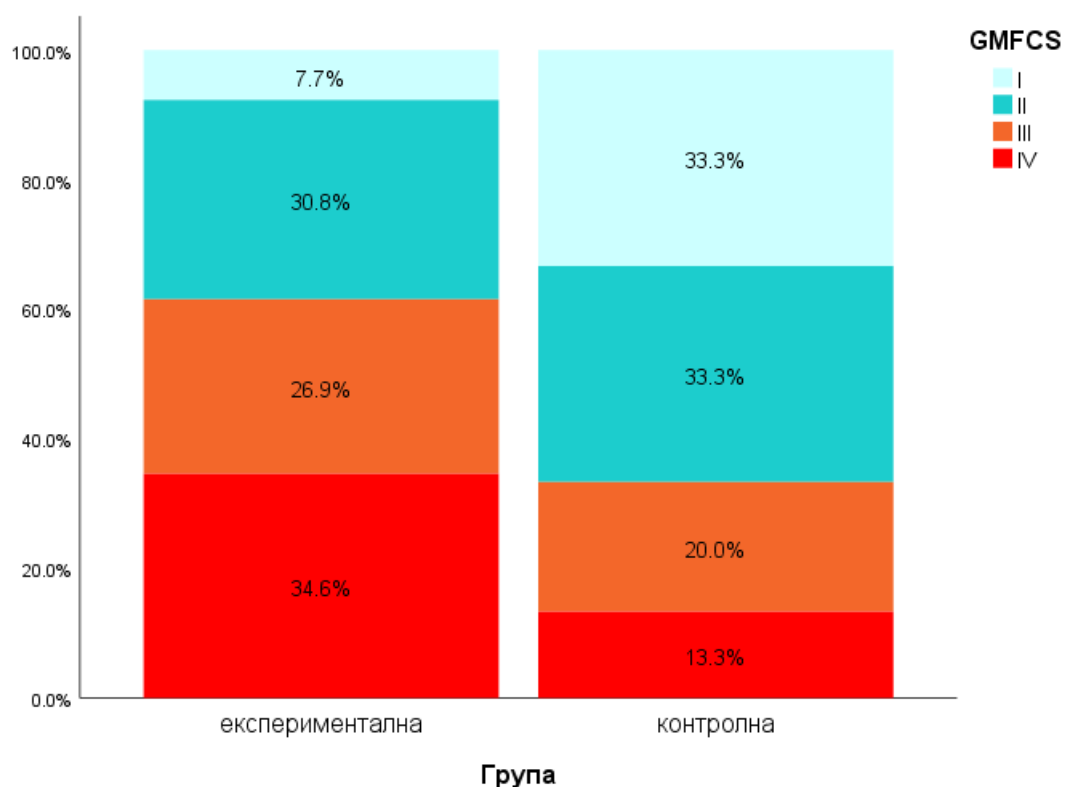
Дистрибуција испитаника по коморбидитету



Графикон 3. Дистрибуција испитаника по коморбидитету

У погледу придружених сметњи визуалне сметње и когнитивни дефицит су слично заступљени у обе групе, док говорно-језичке сметње преовлађују у експерименталној групи, а епилепсија је чешћа у контролној групи. Важно је напоменути да због нетранспарентности медицинске документације у експерименталној групи не можемо са сигурношћу тврдити да су сви представљени подаци коморбидитета потпуни.

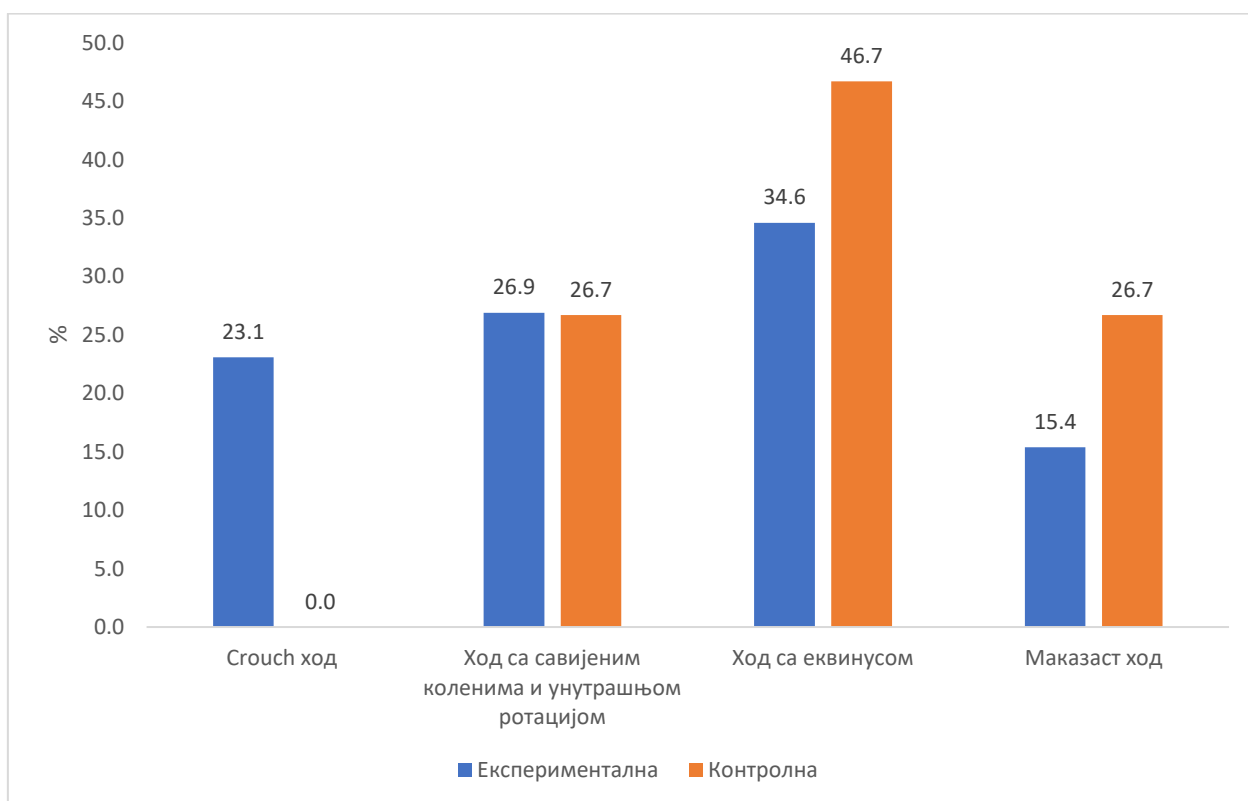
Класификација испитаника на GMFCS



Графикон 4 . Дистрибуција испитаника по групама у односу на ниво на GMFCS.

Из графикона се види неравномерна дистрибуција деце. У експерименталној групи мало је испитаника на нивоу I за разлику од контролне групе. Такође у експерименталној групи већи број испитаника припада нивоу IV у односу на контролну групу. Генерално, већи је проценат деце нивоа III- IV у експерименталној групи за разлику од контролне где је већи проценат деце нивоа I-II.

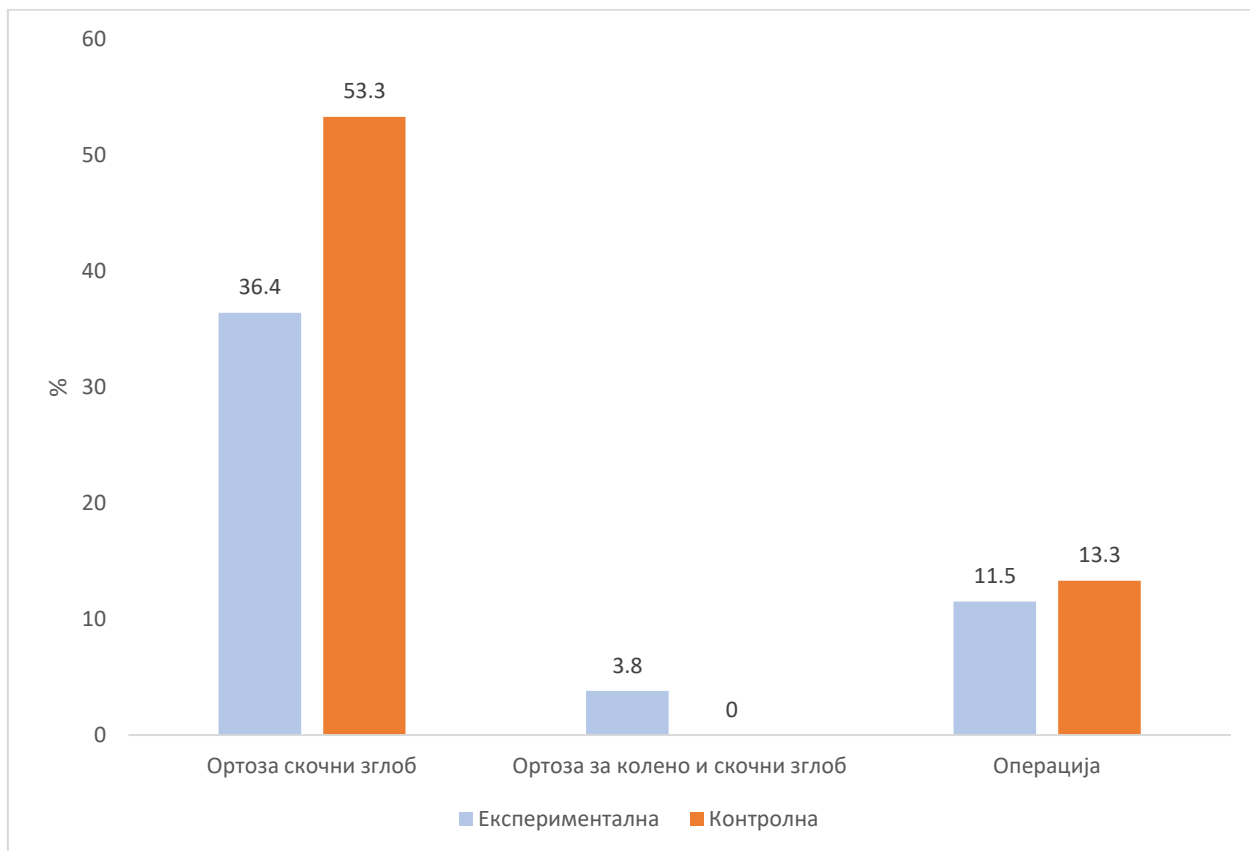
Дистрибуција испитаника према обрасцу хода



Графикон 5 . Дистрибуција обрасца хода опсервацијом по испитиваним групама

У експерименталној групи ход са флексијом кука, колена и дорзифлексијом стопала (*crouch gait*) и ход са флексијом колена и унутрашњом ротацијом заступљен је код половине испитаника, затим следи еквинус ход и маказаст ход. У контролној групи скоро половина деце хода са еквинусом, а подједнако је заступљен ход са флексијом колена и унутрашњом ротацијом и маказаст ход, док није забележен ни један пацијент са *crouch* ходом.

Дистрибуција испитаника према примени ортоза и оперативних захвата на доњим екстремитетима



Графикон 6 . Примена ортоза и оперативни захвати на доњим екстремитетима у испитиваним групама.

Из графикона се види да је већи проценат деце која свакодневно користе ортозу за скочни зглоб у контролној групи. Само један испитаник користи ортозу за колено и скочни зглоб у експерименталној групи. Оперативне захвате на ДЕ су имала 3 испитаника у експерименталној групи и 2 испитаника у контролној групи.

Анализа резултата за домен активности

Анализа GMFM теста димензија D (Стајање)

Дескриптивна статистика GMFM -D пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама је приказана у табели 6.

Табела 6 . Дескриптивна статистика GMFM -D пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама

							Перц.	Перц.
			Број	A.C.	СД	Медиана	25	75
GMFM D% 1			41	52.48	31.48	56.41	20.35	79.48
GMFM D% 2			41	57.01	31.64	66.66	23.00	84.32
Група	експериментална	GMFM D% 1	26	41.81	30.62	44.84	15.38	66.66
		GMFM D% 2	26	48.92	33.02	52.56	20.51	82.05
	контролна	GMFM D% 1	15	70.98	24.05	78.56	46.66	92.30
		GMFM D% 2	15	71.04	24.12	78.88	46.22	92.56
Група	експериментална	Δ GMFM D%	26	7.11	5.42	7.65	2.56	10.24
	контролна	Δ GMFM D%	15	.07	.28	.12	-.13	.28

У табели је приказана дескриптивна статистика GMFM теста димензија D код свих испитаника заједно, а затим по групама. Тестирање је рађено непараметарским тестовима, односно испитивана је разлика медијана због варијабилности узорка. Из табеле се види разлика медијане укупног узорка и показана је статистички значајна промена код свих пацијената заједно након третмана ($Z=-4,723$; $p<0,001$). Када се поделе по групама, разлика је значајна у експерименталној групи ($Z=-4,109$; $p<0,001$), али није у контролној ($Z=-1,222$; $p=0,222$). Када се пореде групе на сваком мерењу посебно, утврђено је да постоји значајна разлика на првом мерењу (MW $U=89,5$; $Z=-2,857$; $p=0,004$), на другом мерењу (MW $U=115,0$; $Z=-2,166$; $p=0,030$), а постоји и значајна разлика у промени испитиваног параметра по групама (MW $U=44,0$; $Z=-4,090$; $p<0,001$).

Из табеле се види да се експериментална и контролна група значајно разликују у првом мерењу. Деца у експерименталној групи су нижих постигнућа на првом мерењу у односу на контролну групу. У експерименталној групи разлика медијана на другом мерењу је значајна, док у контролној групи медијана на другом мерењу није показала разлику у односу на прво мерење.

Анализа GMFM теста димензија Е (Ход, трчање, скакање)

Дескриптивна статистика GMFM -D пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама је приказана у табели 7.

Табела 7 . Дескриптивна статистика GMFM -Е пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама

			Број	А.С.	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75
GMFM Е% 1			41	44.27	32.37	36.11	15.27	77.70
GMFM Е% 2			41	47.33	31.90	40.27	19.25	80.52
Група	експериментална	GMFM Е% 1	26	31.48	28.08	20.13	6.94	52.72
		GMFM Е% 2	26	36.21	29.27	23.60	13.88	58.33
	контролна	GMFM Е% 1	15	66.43	27.50	77.76	34.32	88.80
		GMFM Е% 2	15	66.61	27.38	78.06	34.88	88.92
	Група експериментална	Δ GMFM Е%	26	4.72	3.10	4.17	2.78	6.94
		Δ GMFM Е%	15	.19	.28	.12	.02	.32

Тестирање је рађено непараметарским тестовима, односно испитивана је разлика медијана. Постоји статистички значајна промена код свих пацијената заједно након третмана ($Z=-5,106$; $p<0,001$). Када се поделе по групама, разлика је значајна у експерименталној групи ($Z=-4,199$; $p<0,001$), као и у контролној ($Z=-2,360$; $p=0,018$). Када се пореде групе на сваком мерењу посебно, утврђено је да постоји значајна разлика на првом мерењу (MW $U=68,0$; $Z=-3,439$; $p=0,001$), на другом мерењу (MW $U=84,0$; $Z=-3,005$; $p=0,003$), а постоји и значајна разлика у промени испитиваног параметра по групама (MW $U=36,0$; $Z=-4,306$; $p<0,001$). Експериментална и контролна група се значајно разликују у првом мерењу. Деца у експерименталној групи су драстично нижих постигнућа на првом мерењу у односу на контролну групу. Постоји разлика медијана у обе групе, али је разлика већа у експерименталној групи.

Скала баланса за дечју популацији (PBS)

Табела 8 . Дескриптивна статистика теста баланса (PBS) пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама

			Број	А.С.	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75
PBS 1			41	26.83	17.92	31.00	5.00	43.00
PBS 2			41	29.37	18.65	34.00	10.00	48.00
Група	експериментална	PBS 1	26	21.50	18.18	17.50	4.00	38.00
		PBS 2	26	25.12	20.21	21.00	5.00	48.00
	контролна	PBS 1	15	36.07	13.55	36.00	26.00	48.00
		PBS 2	15	36.73	13.17	36.00	26.00	48.00
Група	експериментална	Δ PBS	26	3.62	4.22	1.50	1.00	6.00
	контролна	Δ PBS	15	.67	1.23	.00	.00	2.00

Тестирање је рађено непараметарским тестовима, односно испитивана је разлика медијана. Постоји статистички значајна промена код свих пацијената заједно након третмана ($Z=-4,355$; $p<0,001$). Када се поделе по групама, разлика је значајна у експерименталној групи ($Z=-3,942$; $p<0,001$), али не и у контролној ($Z=-1,781$; $p=0,075$). Када се пореде групе на сваком мерењу посебно, утврђено је да постоји значајна разлика на првом мерењу (MW $U=106,0$; $Z=-2,413$; $p=0,016$), нема на другом мерењу (MW $U=135,0$; $Z=-1,626$; $p=0,104$), а постоји и значајна разлика у промени испитиваног параметра по групама (MW $U=105,5$; $Z=-2,483$; $p=0,013$). Из табеле се види да се експериментална и контролна група значајно разликују у првом мерењу. Деца у експерименталној групи су нижих постигнућа на првом мерењу у односу на контролну групу. Постоји разлика медијана само у експерименталној групи.

Шестоминутни тест хода

Табела 9. Дескриптивна статистика шестоминутног теста хода пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама.

	Број	А.С.	СД	Медиана	Перц. 25
6 мин. тест хода 1	41	212.43	166.56	180.17	59.00
6 мин. тест хода 2	41	241.75	165.99	198.00	111.00
Група експериментална 6 мин. тест хода 1	26	143.53	103.56	96.37	51.37
6 мин. тест хода 2	26	188.41	125.53	148.15	79.80
контролна 6 мин. тест хода 1	15	331.87	189.77	330.00	157.00
6 мин. тест хода 2	15	334.20	190.11	336.00	162.00
Група експериментална Δ6мин. тест хода	26	44.89	33.40	42.84	21.25
контролна Δ6мин. тест хода	15	2.33	6.39	3.00	-4.00

Статистичко тестирање је рађено непараметарским тестовима, односно испитивана је разлика медијана. Постоји статистички значајна промена код свих пацијената заједно након третмана ($Z=-5.022$ $p<0.001$). Када се поделе по групама, разлика је значајна у експерименталној групи ($Z=-4.372$; $p<0.001$), али није у контролној ($Z=-1.425$; $p=0.154$). Када се пореде групе на сваком мерењу посебно, утврђено је да постоји значајна разлика на првом мерењу ($MW U=76.0$; $Z=-3.221$; $p=0.001$), на другом мерењу ($MW U=107.0$; $Z=-2.382$; $p=0.017$), а постоји и значајна разлика у промени испитиваног параметра по групама ($MW U=18.0$; $Z=-4.792$; $p<0.001$).

Из табеле 9 се види да се експериментална и контролна група значајно разликују у првом мерењу. Деца у експерименталној групи су драстично нижих постигнућа на првом мерењу у односу на контролну групу. У погледу напредовања разлика медијана постоји само у експерименталној групи, док је у контролној занемарљива.

Тест хода на 10 метара

Табела 10 . Дескриптивна статистика теста хода на 10 метара пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама.

		Број	А.С.	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75	
Брзина хода 1		41	.81	.63	.71	.26	1.13	
Брзина хода 2		41	.98	.64	.92	.46	1.37	
Група	експериментална	Брзина хода 1	26	.48	.30	.37	.25	.75
		Брзина хода 2	26	.71	.48	.55	.36	1.25
	контролна	Брзина хода 1	15	1.39	.63	1.43	1.10	1.88
		Брзина хода 2	15	1.45	.61	1.52	1.20	1.92
Група	експериментална	ΔБрзина хода	26	.24	.22	.19	.07	.31
	контролна	ΔБрзина хода	15	.07	.12	.07	.00	.10

Статистичко тестирање је рађено непараметарским тестовима, односно испитивана је разлика медијана. Постоји статистички значајна промена код свих пацијената заједно након третмана ($Z=-4,921$; $p<0,001$). Када се поделе по групама, разлика је значајна у експерименталној групи ($Z=-4,370$; $p<0,001$), као и у контролној ($Z=-2,044$; $p=0,041$). Када се пореде групе на сваком мерењу посебно, утврђено је да постоји значајна разлика на првом мерењу (MW $U=41,0$; $Z=-4,170$; $p<0,001$), на другом мерењу (MW $U=67,0$; $Z=-3,465$; $p=0,001$), а постоји и значајна разлика у промени испитиваног параметра по групама (MW $U=85,0$; $Z=-2,980$; $p=0,003$).

Из табеле 10 се види да се експериментална и контролна група значајно разликују у брзини хода на оба мерења. Брзина хода експерименталне групе је нижа у односу на контролну групу.

Корелација GMFCS нивоа и функционалних тестова

Табела 11. Корелација нивоа GMFCS и функционалних тестова по испитиваним групама.

Spearman's rho

Група			Δ GMFM D%	Δ GMFM E%	Δ Брзина хода	Δ PBS	Δ 6мин. тест хода
Експериментална (број=26)	GMFCS	Rho	-.522	-.309	-.593	-.573	-.478
	ниво	р вредност	.006	.125	.001	.002	.014
Контролна (број=15)	GMFCS	Rho	-.171	.214	.216	.319	-.106
	ниво	р вредност	.541	.443	.439	.247	.708

Статистичком анализом, Спирмановом корелационом анализом је утврђено да постоји статистички значајна повезаност између GMFCS и промене GMFM D%, брзине хода, PBS и промене вредности шестоминутног теста хода. Наведене корелације су средње до јаке и негативног смера. Практично, што је већи ниво GMFCS то је промена вредности наведених параметара била мања. Насупрот експерименталне, у контролној групи није било статистички значајних корелација нивоа GMFCS и испитиваних параметара.

Табела 12. Дескриптивна статистика корелације нивоа GMFCS и функционалних тестова у експерименталној групи.

Група: експериментална

		GMFCS ниво					
		Број	АС	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75
ΔGMFM D%	I	2	7.69	.00	7.69	7.69	7.69
	II	8	10.51	5.50	10.25	6.43	15.39
	III	7	7.83	6.46	7.70	.00	12.82
	IV	9	3.41	2.56	2.56	2.52	5.13
ΔGMFM E%	I	2	6.24	2.95	6.24	4.16	8.33
	II	8	5.80	3.67	5.12	4.14	7.67
	III	7	3.77	2.23	4.17	2.77	5.55
	IV	9	4.17	3.25	4.15	2.78	4.17
ΔБрзина хода	I	2	.58	.11	.58	.50	.66
	II	8	.34	.23	.25	.18	.51
	III	7	.19	.20	.12	.03	.31
	IV	9	.10	.09	.11	.04	.18
ΔPBS	I	2	3.00	.00	3.00	3.00	3.00
	II	8	7.25	5.28	7.00	3.00	10.00
	III	7	2.71	2.81	2.00	.00	6.00
	IV	9	1.22	2.22	1.00	.00	1.00
Δ6мин. тест хода	I	2	105.32	68.02	105.32	57.22	153.42
	II	8	58.27	25.83	64.18	39.47	72.90
	III	7	30.09	22.47	26.73	10.34	46.70
	IV	9	31.07	21.13	29.44	10.17	44.67

Из табеле видимо мали број испитаника по групама које представљају нивое на GMFCS.

Медијана показује пад вредности како се нивои на GMFCS повећавају за испитиване функционалне тестове, али без сигурности у то да ли је резултат случајан или не.

У статистичкој анализи због малог узорка деце спојили смо децу блажег оштећења (група I -II) и децу тежег оштећења (група III-IV) како бисмо утврдили да ли постоји промена у моторичким постигнућима.

Табела 13 . Резултат тестирања корелације нивоа GMFCS и функционалних тестова у експерименталној групи.

Група: експериментална	GMFCS ниво						Резултат тестирања
	Број	АС	СД	Медиана	Перц. 25	Перц. 75	
ΔGMFM D%	I / II	10	9.95	5.00	8.97	7.69	Z=-2.114
	III / IV	16	5.34	5.03	5.13	1.26	p=0.034
ΔGMFM E%	I / II	10	5.89	3.39	5.12	4.16	Z=-1.743
	III / IV	16	3.99	2.77	4.15	2.77	p=0.081
ΔБрзина хода	I / II	10	.39	.23	.36	.20	Z=-2.798
	III / IV	16	.14	.15	.11	.03	p=0.005
ΔPBS	I / II	10	6.40	4.99	5.50	3.00	Z=-2.815
	III / IV	16	1.88	2.53	1.00	.00	p=0.005
Δбмин. тест хода	I / II	10	67.68	37.77	64.18	57.22	Z=-2.635
	III / IV	16	30.64	20.98	28.08	10.26	p=0.003

Компарацијом група дефинисаних нивоима I-II и III-IV утврђено је да постоји значајна разлика између наведених група по промени готово свих испитиваних параметара. Наиме, медијане (као и аритметичке средине) промене вредности, статистички значајно су веће у групи пацијената са GMFCS нивоом I-II у односу на III-IV. Једино је промена GMFM E% близу конвенционалног нивоа значајности (p=0.081), а величина узорка је недовољна да би се ова разлика могла прогласити значајном.

Корелација узраста и функционалних тестова за експерименталну групу

Табела 14. Корелација узраста и постигнућа на функционалним тестовима код експерименталне групе.

Група: Експериментална (n=26)

		ΔGMFM		ΔБрзина	Δбмин. тест	
		ΔGMFM D%	E%	хода	ΔPBS	хода
Старост	R	-.182	.142	.143	-.215	.127
	P вредност	.374	.490	.484	.290	.536

Као што се види из табеле 14. не постоји статистички значајна корелација између функционалних тестова и старости у експерименталној групи. Корелације између промена на функционалним тестовима и старости су слабе.

Анализа за домен телесна структура и функција

Обим покрета

Мерен је пасиван обим свих покрета у куку, колену, дорзифлексије и плантарне флексије у скочном зглобу. Дескриптивна статистика није рађена, јер су резултати другог мерења код већине деце били идентични резултатима у првом мерењу у експерименталној и у контролној групи.

Најизраженија разлика обима покрета у експерименталној групи је повећање екстензије у колену код 6 испитаника. Код 4 пацијента нивоа IV који су имали ограничење покрета тј. благу флексиону контрактуру до 25 степени на другом мерењу екстензија колена је повећана за 10 степени, а 5 степени разлике је забележено код 2 пацијента (1 пацијент нивоа II и један пацијент нивоа III).

Покрети дорзи флексије у експерименталној групи су повећани код 7 испитаника нивоа I- IV у распону од 5 до 10 степени, при чему је 4 испитаника из групе I и по један из група II-IV.

Мишићна снага

Табела 15 . Приказ мишићне снаге без промена, приказ промене мишићне снаге у распону од 1-5 јединица, флексора, екстензора и абдуктора у зглобу кука за експерименталну и контролну групу.

		Група			
		експериментална		контролна	
		Број	%	Број	%
Iliopsoas L	Без	16	61.5%	12	80.0%
	1	5	19.2%	3	20.0%
	2	3	11.5%	0	0.0%
	3	2	7.7%	0	0.0%
Iliopsoas D	Без	13	50.0%	14	100.0%
	1	9	34.6%	0	0.0%
	2	3	11.5%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
Glut. maximus L	Без	18	69.2%	11	73.3%
	1	3	11.5%	4	26.7%
	2	2	7.7%	0	0.0%
	3	2	7.7%	0	0.0%
	5	1	3.8%	0	0.0%
Glut. maximus D	Без	18	69.2%	15	100.0%
	1	3	11.5%	0	0.0%
	2	4	15.4%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
Glut. medius. L	Без	16	61.5%	14	100.0%
	1	8	30.8%	0	0.0%
	2	2	7.7%	0	0.0%
Glut. medius D	Без	15	60.0%	15	100.0%
	1	8	32.0%	0	0.0%
	2	2	8.0%	0	0.0%

Из табеле се види да у експерименталној групи код 50-69 % испитаника нема промене мишићне снаге на испитиваним мишићима. У контролној групи мишићна снага без промене је распону од 73,3 до 100 % . У експерименталној групи више испитаника је ојачало мишиће у зглобу кука. Нивои промене мишићне снаге су најчешће за 1-2 јединице, али се среће повећање снаге и за 3-5 јединица, док у контролној групи промена мишићне снаге је повећана искључиво за једну јединицу.

Табела 16. Резултати повећања снаге мишића кука.

	Група			
	експериментална		Контролна	
	Број	%	Број	%
Iliopsoas L	10	38.5%	3	20.0%
Iliopsoas D	13	50.0%	0	0.0%
Glut. maximus. L	8	30.8%	4	26.7%
Glut. maximus. D	8	30.8%	0	0.0%
Glut. medius. L	10	38.5%	0	0.0%
Glut. medius. D	10	40.0%	0	0.0%

У табели се види да је већи број испитаника повећао снагу мишића кука у експерименталној групи у односу на контролну групу.

Табела 17. Приказ мишићне снаге без промена, приказ промене мишићне снаге у распону од 1-5 јединица, флексора, екстензора у зглобу колена за експерименталну и контролну групу.

		Група			
		експериментална		контролна	
		Број	%	Број	%
Quadriceps L	Без	8	32.0%	11	73.3%
	1	10	40.0%	4	26.7%
	2	3	12.0%	0	0.0%
	3	3	12.0%	0	0.0%
	5	1	4.0%	0	0.0%
Quadriceps D	Без	5	20.0%	13	86.7%
	1	10	40.0%	2	13.3%
	2	6	24.0%	0	0.0%
	3	3	12.0%	0	0.0%
	4	1	4.0%	0	0.0%
Hamstrings L	Без	14	56.0%	13	86.7%
	1	4	16.0%	2	13.3%
	2	4	16.0%	0	0.0%
	3	1	4.0%	0	0.0%
	4	1	4.0%	0	0.0%
Hamstrings D	Без	17	65.4%	11	78.6%
	1	4	15.4%	1	7.1%
	2	3	11.5%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
	4	1	3.8%	0	0.0%

Из табеле се види да у експерименталној групи код 20- 65.4 % испитаника нема промене мишићне снаге на испитиваним мишићима. У контролној групи мишићна снага без промене је распону од 73.3 до 86.7 % . У експерименталној групи нивои промене мишићне снаге су најчешће за 1-3 јединице, али се спорадично среће повећање снаге и за 4-5 јединица, док у контролној групи промена мишићне снаге је повећана искључиво за једну јединицу.

Табела 18. Резултати повећања снаге мишића колена.

	Група			
	експериментална		контролна	
	Број	%	Број	%
Quadriceps L	17	68.0%	4	26.7%
Quadriceps D	20	80.0%	2	13.3%
Hamstrings L	10	40.0%	2	13.3%
Hamstrings D	9	34.6%	1	7.1%

Из табеле се види да је да је снага m. quadricepsa и m. hamstringsa повећана код већег броја испитаника експерименталне у односу на контролну групу.

Табела 19. Приказ мишићне снаге без промена, приказ промене мишићне снаге дорзифлексора и плантафлектора у скочном зглобу у распону од 1-5 јединица, за експерименталну и контролну групу.

		Група			
		експериментална		контролна	
		Број	%	Број	%
Gastrocnemius L	Без	18	69.2%	15	100.0%
	1	6	23.1%	0	0.0%
	2	1	3.8%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
Gastrocnemius D	Без	16	61.5%	15	100.0%
	1	6	23.1%	0	0.0%
	2	2	7.7%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
	4	1	3.8%	0	0.0%
Tib. anterior L	Без	15	57.7%	13	92.9%
	1	3	11.5%	1	7.1%
	2	5	19.2%	0	0.0%
	3	2	7.7%	0	0.0%
	5	1	3.8%	0	0.0%
Tib. anterior D	Пог. -3	0	0.0%	1	7.1%
	Пог. -1	0	0.0%	2	14.3%
	Без	14	53.8%	10	71.4%
	1	5	19.2%	1	7.1%
	2	5	19.2%	0	0.0%
	3	1	3.8%	0	0.0%
	5	1	3.8%	0	0.0%

Из табеле 19 се види да је велики број деце без промене мишићне снаге, у експерименталној групи у распону од 53.8 до 69.2 %, у контролној у распону 71.4 до 100 %. У експерименталној групи нивои промене мишићне снаге су најчешће за

1-2 јединице, док су промене од 3-5 јединица спорадичне. У контролној групи забележено је погоршање мишићне снаге десног m. tib. anteriora, а повећање мишићне снаге левог m. tib. anteriora је забележено само за једну јединицу.

Табела 20. Резултати повећања мишићне снаге мишића скочног зглоба.

	Група			
	експериментална		контролна	
	Број	%	Број	%
Gastrocnemius L	8	30.8%	0	0.0%
Gastrocnemius D	10	38.5%	0	0.0%
Tib. anterior L	11	42.3%	1	7.1%
Tib. anterior D	12	46.2%	1	7.1%

Из табеле се види да у контролној групи нема повећања снаге m. gastrocnemius за разлику од експерименталне групе. Већи број испитаника је поправио снагу m. tib. anteriora у експерименталној групи, а минималан број у контролној.

Спастицитет

Табела 21. Приказ смањења мишићног тонуса спастичних мишића ДЕ по групама.

	Група			
	експериментална		контролна	
	Број	%	Број	%
Adductors L	7	26.9%	2	13.3%
Adductors D	7	26.9%	0	0.0%
Hamstrings L	7	26.9%	0	0.0%
Hamstrings D	5	19.2%	1	6.7%
Quadriceps L	2	7.7%	3	20.0%
Quadriceps D	5	19.2%	0	0.0%
Gastrocnemius L	7	26.9%	0	0.0%
Gastrocnemius D	7	26.9%	0	0.0%

Из табеле се види број испитаника код којих је дошло до смањења тонуса у спастичним мишићима. У експерименталној групи је дошло до смањења мишићног тонуса за све испитиване мишиће код малог броја испитаника (2-7) . У контролној групи нема промене тонуса осим код 3 мишића код 1-3 испитаника.

Анализа резултата квалитета живота

Домен 1: Социјално прихватање и благостање.

Дескриптивна статистика скорa социјалног прихватања пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 22.

Табела 22. Социјално прихватања пре и након терапије, укупно и по групама

		АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Соц.прихват. 1		75.9	14.8	76.7	64.8	87.5	<0.001
Соц.прихват. 2		77.9	14.2	77.8	71.2	87.5	
Група експ.	Соц.прихват. 1	71.4	15.0	73.6	61.4	81.8	0.001
	Соц.прихват. 2	74.5	14.9	76.1	67.0	85.2	
конт.	Соц.прихват. 1	83.5	11.2	85.2	75.0	90.9	0.317
	Соц.прихват. 2	83.6	11.2	85.2	75.0	90.9	
Група експ.	ΔСоц.прихват.	3.1	3.5	2.3	.0	4.5	0.001
конт.	ΔСоц.прихват.	.1	.3	.0	.0	.0	

Просечне вредности скорa социјалног прихватања су веће након терапије. Статистичком анализом је утврђено да постоји статистички значајна разлика пре-после код свих пацијената заједно ($p < 0.001$). Када се пацијенти поделе по групама, евидентно је да је скор социјалног прихватања већи у контролној групи пацијената и пре терапије и након терапије. Статистичком анализом је утврђено да постоји значајна разлика између група пре терапије ($p = 0.016$), али је разлика после терапије близу конвенционалног нивоa значајности ($p = 0.065$). Када се анализира разлика између група по промени скорa социјалног прихватања (после-пре), утврђено је да је разлика далеко већа у експерименталној групи и ова разлика је статистички значајна ($p = 0.001$). На крају, анализирана је промена скорa посебно у експерименталној и контролној групи и утврђено је да је у експерименталној групи дошло до пораста просечног скорa, док је у контролној групи идентичан. Статистичком анализом је утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p = 0,001$), али није у контролној ($p = 0,317$).

Домен 2: Осећања везана за функционисање.

Дескриптивна статистика осећања везана за функционисање пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 23.

Табела 23 . Осећања везана за функционисање пре и након терапије, укупно и по групама.

			АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Ос. функц.1			63.4	19.7	64.6	55.2	76.7	<0.001
Ос. функц.2			65.3	19.2	69.3	56.3	77.2	
Група	експ.	Ос.	57.5	20.0	62.5	45.8	70.8	<0.001
		функц.1						
		Ос.	60.5	20.0	68.8	47.9	74.0	
	конт.	функц.2						0.564
		Ос.	73.4	14.9	70.8	61.5	88.6	
		функц.1						
Група	експ.	Ос.	73.4	14.9	71.9	61.5	88.6	<0.001
		функц.2						
		ΔОс.	3.0	3.2	2.1	.0	4.2	
Група	експ.	функц.						<0.001
		ΔОс.	.1	.5	.0	.0	.0	
Група	конт.	функц.						<0.001
		ΔОс.	.1	.5	.0	.0	.0	

Постоји статистички значајна разлика пре-после код свих пацијената заједно ($p < 0.001$). Постоји значајна разлика између група пре терапије ($p = 0.028$), али је разлика после терапије близу конвенционалног нивоа значајности ($p = 0.091$). Разлика између група по промени скорa је статистички значајна. Промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p < 0.001$), али није у контролној ($p = 0.564$).

Домен 3: Партиципација и физичко здравље

Дескриптивна статистика партиципације и физичког здравља пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 24.

Табела 24 . Партиципација и физичко здравље пре и након терапије, укупно и по групама..

			АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вред
Партиц. физ. здравље1			64.2	18.3	67.3	53.6	76.6	<0.001
Партиц. физ. здравље2			65.9	18.2	67.3	54.8	77.8	
Група	експ.	Партиц. физ. здравље1	62.7	20.3	68.1	48.8	75.0	0.001
		Партиц. физ. здравље2	65.2	20.4	70.0	54.7	77.5	
	конт.	Партиц. физ. здравље1	66.6	14.8	67.2	55.0	78.1	0.180
		Партиц. физ. здравље2	67.0	14.4	67.2	55.0	78.1	
Група	експ.	ΔПартиц. физ. здравље	2.6	3.8	1.4	.0	3.8	0.004
	конт.	ΔПартиц. физ. здравље	.4	1.1	.0	.0	.0	

Постоји статистички значајна разлика пре-после код свих пацијената заједно ($p < 0,001$). Нема значајне разлике између група пре ($p = 0.758$) и након терапије ($p = 0,989$). Разлика између група по промени скора је статистички значајна ($p = 0,004$). Промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p = 0,001$), али није у контролној ($p = 0,180$).

Домен 4 : Емоционално здравље и самопоуздање.

Дескриптивна статистика емоционалног здравља и самопоуздања пре терапије и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 25.

Табела 25. Емоционално здравље и самопоуздање, пре и након терапије, укупно и по групама.

		АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Емоц. здравље1		74.3	15.7	75.0	64.6	86.5	0.088
Емоц. здравље2		74.8	15.1	75.0	65.6	86.5	
Група експ.	Емоц. здравље1	71.7	16.3	72.9	58.3	83.3	0.046
	Емоц. здравље2	72.6	15.6	75.0	64.6	83.3	
	конт.	Емоц. здравље1	78.8	13.9	83.3	66.7	0.317
		Емоц. здравље2	78.6	13.8	83.3	66.7	
Група	експ.	ΔЕмоц. здравље	.9	2.3	.0	.0	0.057
	конт.	ΔЕмоц. здравље	-.1	.5	.0	.0	

Разлика пре-после код свих пацијената заједно није статистички значајна ($p=0,088$), али је близу конвенционалног нивоa значајности. Нема значајне разлике између група пре ($p=0,179$) и након терапије ($p=0,268$). Разлика између група по промени скорa је близу конвенционалног нивоa значајности ($p=0,057$). Промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p=0,046$), али није у контролној ($p=0,317$).

Домен 5: Приступ здравственим услугама и сервисима подршке.

Дескриптивна статистика приступа здравственим услугама и сервисима подршке пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 26.

Табела 26. Приступ здравственим услугама и сервисима подршке пре и након терапије, укупно и по групама

	АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Прист. серв.1	64.3	21.5	66.3	52.5	78.8	0.045
Прист. серв.2	65.3	21.8	67.5	55.0	80.0	
Група експ. Прист. серв.1	63.8	23.7	67.5	50.0	85.0	0.045
Прист. серв.2	65.3	24.1	67.5	55.0	85.0	
конт. Прист. серв.1	65.3	17.9	65.0	55.0	75.0	1.000
Прист. серв.2	65.3	17.9	65.0	55.0	75.0	
Група експ. ΔПрист. серв.	1.5	3.5	.0	.0	2.5	0.027
конт. ΔПрист. серв.	.0	.0	.0	.0	.0	

Постоји статистички значајна разлика код свих пацијената заједно пре-после ($p = 0,045$). Нема значајне разлике између група пре ($p = 0,834$) и након терапије ($p = 0,695$). Разлика између група по промени скорa је статистички значајна ($p = 0,027$). Промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p = 0,045$), али није у контролној ($p = 1,000$).

Домен 6. Бол и утицај церебралне парализе

Дескриптивна статистика бола и утицаја церебралне парализе на функционисање пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 27.

Табела 27. Бол и утицај на функционисање пре и након терапије, укупно и по групама

			АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Бол1			35.3	17.9	35.7	22.3	45.5	0.084
Бол2			34.0	17.5	33.9	20.5	44.6	
Група	експ.	Бол1	36.9	15.0	37.5	33.9	46.4	0.026
		Бол2	34.8	14.5	35.7	28.6	44.6	
	конт.	Бол1	32.5	22.2	26.8	17.9	41.1	0.564
		Бол2	32.7	22.2	26.8	16.1	44.6	
Група	експ.	ΔБол	-2.1	4.7	.0	-1.8	.0	0.075
	конт.	ΔБол	.2	1.6	.0	.0	.0	

Разлика пре-после није статистички значајна код свих пацијената заједно ($p = 0,084$), али је близу конвенционалног нивоа значајности. Нема значајне разлике између група пре ($p = 0,198$) и након терапије ($p = 0,334$). Разлика између група по промени скорa је близу конвенционалног нивоa значајности ($p = 0,075$). Промена вредности је значајна у експерименталној ($p = 0,026$), али није у контролној групи ($p = 0,564$).

Домен 7. Породично здравље.

Дескриптивна статистика осећања везана за породично здравље пре и након терапије, укупно и по испитиваним групама приказана је у табели 28.

Табела 28. Породично здравље пре и након терапије, укупно и по групама.

		АС	СД	Мед	Перц. 25	Перц. 75	п вредност
Пород. здравље1		68.6	17.6	67.7	59.4	83.9	0.087
Пород. здравље2		69.8	17.8	68.8	59.4	84.4	
Група експ.	Пород. здравље1	67.8	16.7	66.7	59.4	81.3	0.030
	Пород. здравље2	70.0	17.0	68.8	59.4	84.4	
конт.	Пород. здравље1	69.9	19.5	68.8	62.5	84.4	0.317
	Пород. здравље2	69.5	19.8	68.8	56.3	84.4	
Група експ.	ΔПород. здравље	2.2	4.9	.0	.0	3.1	0.016
конт.	ΔПород. здравље	-.4	1.6	.0	.0	.0	

Разлика пре-после није статистички значајна код свих пацијената заједно ($p = 0,087$). Нема значајне разлике између група пре ($p = 0,614$) и након терапије ($p = 0,944$). Разлика између група по промени скорa је статистички значајна ($p = 0,016$). Промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p = 0,030$), али није у контролној ($p = 0,317$).

Резултати анкете за експерименталну групу

За експерименталну групу креирана је анкета са циљем да покаже мишљење родитеља о ефектима примењених третмана за њихово дете. Од 26 родитеља, 24 је одговорило на поменута питања. Резултати одговора родитеља представљени су у табели.

Табела 29. Резултати анкете за експерименталну групу

Питања	Потпуно се слажем	Слажем се	Неутралан сам	Не слажем се	Уопште се не слажем
1. Ваше дете је уживало током терапија у овом пројекту.	54,17%	41,67%			
2. Ваше дете се трудило да освоји поене у видео игрицама током роботског тренинга хода.	54,17%	33,33%	12,50%		
3. Ваше дете је добро сарађивало са терапеутима током роботског тренинга хода и традиционалне терапије.	62,50%	37,50%			
4. Ваше дете се током пројекта жалило и било физички уморно.	12,50%	25%	16,67%	33,33%	12,50%
5. Ваше дете је током овог пројекта ојачало снагу мишића доњих екстремитета у односу на стање пре пројекта.	20,83%	58,33%	12,50%	4,17%	4,17%
6. Ваше дете је током овог пројекта ојачало снагу мишића трупа у односу на стање пре пројекта.	12,50%	41,67%	37,50%	4,17%	4,17%
7. Ваше дете је повећало обим покрета у куку, колену и скочном зглобу у односу на стање пре пројекта.	20,83%	45,83%	29,17%	4,17%	
8. Ваше дете има мањи спастичитет на ДЕ у односу на стање пре пројекта.	17,39%	60,87%	17,39%		4,35%

Питања	Потпуно се слажем	Слажем се	Неутралан сам	Не слажем се	Уопште се не слажем
9. Ваше дете је након овог пројекта почело дуже да стоји (самостално или уз помоћ) у односу на стање пре пројекта.	12,50%	37,50%	41,67%	4,17%	4,17%
10. Ваше дете је након овог пројекта почело боље да стоји (са бољим положајем тела) у односу на стање пре пројекта.	16,57%	37,50%	37,50%	4,17%	4,17%
11. Ваше дете након овог пројекта дуже и чешће хода (самостални ход или ход уз помоћ ходалице) у односу на стање пре пројекта.	20,83%	41,67%	16,67%	16,67%	4,17%
12. Ваше дете након пројекта има бољи усправан став и бољу позицију ногу током хода (самостални ход или ход помоћу ходалице) у односу на стање пре пројекта.	16,67%	41,67%	29,17%	12,50%	
13. Ваше дете након пројекта више преферира стојећи положај (самостално или уз помоћ) и / или ход (самостални ход или уз ход помоћ ходалице) у односу на стање пре пројекта.	13,04%	43,48%	34,78%	8,70%	
14. Ваше дете је након пројекта побољшало моторичке функције (на пример лакше устаје са столице, подиже предмете са пода, хода уз-низ степенице и др.) у односу на стање пре пројекта.	20,83%	45,83%	29,17%	4,17%	

Питања	Потпуно се слажем	Слажем се	Неутралан сам	Не слажем се	Уопште се не слажем
15. Ваше дете након пројекта учествује активније у дружењу са породицом у кући и ван куће (колико Ковид рестрикције дозвољавају) у односу на стање пре пројекта.	20,83%	54,17%	20,83%		4,17%
16. Ваше дете након пројекта показује већи степен сигурности у себе.	16,67%	62,50%	20,83%		
17. Позитивни ефекти вашег детета су видљиви и након два месеца по престанку студије.	17,39%	56,52%	26,09%		
18. Да ли се квалитет живота вашег детета поправио након ове студије.	33,33%	33,33%	29,17%	4,17%	
19. Да ли се квалитет живота ваше породице поправио након ове студије.	25,00%	33,33%	37,50%	4,17%	

V
ДИСКУСИЈА

Пре почетка дискусије наших резултата указаћемо на демографске и основне карактеристике наших испитаника. Узорак истраживања представља 41 испитаник (26 у експерименталној и 15 у контролној групи) док је у већини других студија које су испитивале утицај Локомата применом клиничких тестова, узорак мањи или приближан нашем броју испитаника. Испитаници експерименталне и контролне групе уједначени су према старости (табела 4), испитаници су предшколског и школског узраста у распону од 4-14 година за разлику од већине студија које најчешће обухватају широк старосни распон млађе популације, школске популације и адолесцената. Само неколико иностраних студија је имало сличну старосну групу испитаника (Borggrafee, 2010; Druzicki, 2013; Meyer- Heim, 2009; Walard, 2017). У нашој студији према полу уочавамо доминацију мушког пола (табела 5), што је у складу са статистичким подацима о чешћој дистрибуцији ЦП код мушког рода који је биолошки и хормонски вулнарабилнији за лезију ЦНС (Romeo et al., 2016).

Наши испитаници су се разликовали по форми ЦП. У експерименталној групи је заступљенија билатерална форма, а у контролној групи унилатерална форма (графикон 1 и 2). Критеријум за укључивање се разликовао од других до сада спроведених студија, јер је због проблема селекције испитаника током ковид пандемије укључио и децу са унилатералном формом, док је у већини студија фокус био искључиво на билатералној форми спастичне ЦП (Borggrafee, 2010; Druzicki, 2010; Druzicki, 2013; Klobucka, 2013; Klobucka, 2021; Meyer- Heim, 2009; Patritti, 2010; Peri, 2017; Smania, 2011;Walard, 2017).

Функционалне могућности деце нашег узорка се такође разликују, у експерименталној групи већи је број деце нижег нивоа функционисања (III- IV) за разлику од контролне групе у којој више испитаника припада вишем нивоу функционисања (I-II) (графикон 4). За дискусију и тумачење резултата важно је да истакнемо факторе који утичу на ефикасност терапијских интервенција код деце са ЦП, а то су узраст и ниво функционисања на GMFCS. У студији Клобуцке и сарадника пол и узраст немају утицаја на ефекат Локомат терапије код билатералне форме ЦП код деце, адолесцената и одраслих са ЦП. Тежина клиничке слике, интезитет и фреквенција Локомат тренинга су важне детерминанте од којих зависи исход терапије (Klobucka et al., 2021). У рехабилитацији деце са ЦП интезивнија циљана терапија је постала приоритет (Carvalho et al., 2017) и интезитет и трајање третмана утичу на исход.

У експерименталној групи забележено је пет клиничких форми ЦП: диплегија, хемиплегија, квадриплегија, мешовита форма и триплегија, у контролној три форме: хемиплегија, диплегија и квадриплегија (графикон 2). Подаци испитаника експерименталне групе о коморбидитету нису потпуни због нетранспарентне медицинске докуменације посебно у погледу когнитивних сметњи и епилепсије, али су истакнуте најчешће придружене сметње присутне код наших испитаника (графикон 3).

Основне демографске податке и основне карактеристике узорка треба разматрати када се анализирају резултати наше и других студија, са акцентом на узраст испитаника, ниво на GMFCS, форму ЦП, интезитет терапије јер сама поређења студија нису могућа без уједначених поменутих параметара.

Међународни центар за сарадњу истраживача и клиничара за неуролошке пацијенте који имају Локомат тренинге под називом *Advanced Robotic Therapy Integrated Centers (ARTIC)* има базу података за 208 пацијената са ЦП. У њиховој бази преовлађују билатерална форма ЦП нивоа III -IV на GMFCS и само 4 % деце са унилатералном формом (van Hedel et al., 2018). Према америчкој епидемиолошкој

студији 96,6 % деце са унилатералном формом хода самостално у поређењу са мање од половине деце (45,5%) са билатералном формом и зато подаци ARTIC центра илуструју примену Локомата код деце са средњим и већим тешкоћама кретања, а због немогућности хода не укључује децу нивоа V (van Hedel et al., 2018).

У складу са првим циљем нашег истраживања неопходно је да се дотакнемо дискусије везане за утицај Локомат терапије на побољшање моторичких функција, баланса и функционалности хода. Резултати иностраних студија о утицају Локомата на ход и моторичке функције су контроверзни. Многа истраживања потврђују позитивне ефекте Локомат терапије у односу на традиционални третман (Borggrafee, 2010; Carvalho, 2017; Cherni, 2020; Druzicki, 2010; Klobucka, 2013; Klobucka, 2020; Meyer-Heim, 2009; Smania, 2011). Постоје и студије без потврде позитивног ефекта (Ammann-Reiffer, 2020; Lefmann, 2017; Olmos-Gomez, 2021). Роботски тренинг хода у комбинацији са физиотерапијом или само физиотерапија су важне и значајне терапијске интервенције и не могу се дати клиничке препоруке која је од ових интервенција најзначајнија (Olmos-Gomez et al., 2021). Важно је нагласити да роботски асистирани тренинг хода не замењује традиционалну терапију и зато истраживачи препоручују примену роботског тренинга као допуњујући третман конвенционалним терапијама (Liamas-Ramos et al. 2022; Olmos-Gomez, 2021, Walard 2018, Yasar 2021).

Сумираћемо важне закључке научних студија који се односе на интезитет, виртуелну реалност и пластицитет ЦНС са циљем да поткрепимо разлоге ефикасности Локомат терапије код деце са ЦП. Једно од објашњења ефикасности Локомата у односу на традиционалну терапију и тренинг хода на покретној траци је у чињеници да уз помоћ роботског уређаја особа са неуролошким проблемом хода 1.000 корака током 20 минута третмана. Ради поређења, уз помоћ одрасле особе пацијент за 20 минута пређе 100 корака на равnoj подлози, а 300-400 корака уколико хода на покретној траци и најчешће је ход ограничен због умора (Olmos-Gomez et al., 2021). Овај податак говори да се у истој јединици времена постиже значајно већи број корака и зато је роботски потпомогнути ход за неуролошке пацијенте интензивнија интервенција у односу на ход по равnoj подлози или на покретној траци.

Примена виртуелне реалности током Локомат тренинга доводи до побољшање моторичких функција (Chen et al., 2018). Видео игрице могу оптимизовати учење, јер повећавају мотивацију и омогућавају пацијенту да се осећа сигурније и развије самопоуздање током виртуелног задатка (Wulf & Lewthwaite, 2016). Инклузија когнитивног аспекта кроз дизајн виртуелног сценарија у комбинацији са роботским уређајима даје боље резултате (Bayon et al., 2016). Напредовање на GMFM тесту, повећање брзине и издржљивости хода је подстакнуто фидбеком видео игрица током роботског тренинга (Patriiti et al., 2010). Важност виртуелне реалности потврђена је у студији где терапија са визуелним и звучним фидбеком код ЦП може поправити брзину хода и за 25 %, а дужину корака и до 13 % у односу на контролну групу која није имала фидбек током терапије (Baram & Lenger, 2012).

Ефикасност терапијске интервенције код деце са ЦП је у уској вези са концептом пластицитета мозга. Познавање научних чињеница о принципима пластицитета мозга омогућава разумевање утицаја роботски потпомогнутог тренинга хода на незрели мозак деце са ЦП. Неуропластицитет мозга се може дефинисати као способност нервног система да одговори на унутрашње и спољашње дражи реорганизацијом структуре и функције нервних ћелија и њихових веза (Cramer et al., 2011). Експерименти на животињама су 80-их година прошлог века доказали да се преобликовање и функционална реорганизација које су круцијални знаци пластицитета дешавају на различитим нивоима организације нервног система. Познат

је пластицитет подстакнут лезијама који се природно дешава након лезије, али је много значајнији концепт пластицитета подстакнут употребом који је основа у неурорехабилитацији. Концепт моторичког учења, односно усвајање нових вештина кроз велики броја понављања функционалног покрета садржан је у различитим рехабилитацијским стратегијама попут технике понављани покрет усмерен на специфични задатак (*intensive task-specific training*), тренинг у виртуелном окружењу.

Терапијске интервенције код деце са ЦП у основи развијају сензомоторно искуство, којим се делује на реорганизационе промене у мозгу како би здрави неурони преузели функције лезијом уништених делова мозга и ојачали синаптичке везе. Доказано је да је интензивни функционални тренинг ефикасан у побољшању моторичких способности и јачању мишићне снаге код деце са ЦП (Meyer- Heim et al., 2009). Сматра се да мотивација, пажња и активно учешће поспешују сензомоторно учење и представљају важне модулаторе пластицитета мозга (Meyer- Heim et al., 2013). Зато је важно да пацијент усмерава своју пажњу на функционални задатак који увежбава. Доказано је да моторички тренинг ГЕ код деце са хемиплегијом доводи до мерљивих промена у сензомоторном кортексту и кортикоспиналном тракту (Inguaggiato et al., 2013). Има доказа да роботско потпомогнути ход утиче на кортикалну организацију мозга поспешујући моторни опоравак код одраслих пацијената. Због повећаног капацитета пластицитета мозга процес моторног учења и опоравка је већи код деце (Peri et al., 2017).

Продискутоваћемо резултате наше студије у односу на резултате иностраних студија. Покушаћемо и да објаснимо разлоге ефикасности Локомат терапије за побољшање моторичких функција, баланса и функционалности хода који су у резултатима представљени под доменом Активност, а односе се на хипотезу 1 и 2.

Анализа резултата везана за домен Активности у нашој студији је потврдила ефикасност Локомата у побољшању моторичких функција, баланса и функционалности хода са статистичком значајношћу на свим тестовима процене у експерименталној групи. Резултати контролне групе нису статистички значајни осим на 10 метара тесту хода и GMFM димензији Е.

У експерименталној групи је било више испитаника нижих функционалних могућности у односу на контролну групу. То показује нижа вредност медијана на првим мерењима на свим тестовима Активности (GMFM-D&E, PBS, шестоминутни тест хода, тест хода на 10 метара) у односу на вредности медијана контролне групе (табела 6- 10). Локомат тренинг је довео до побољшаних резултата на другом мерењу у склопу општег тренда побољшања на свим функционалним тестовима експерименталне групе које показује повећана вредност медијана. У зависности од самих тестова промене нису равномерно распоређене, али су све промене статистички значајне.

Промена експерименталне групе на димензији D и E на GMFM тесту је статистички значајна, док је промена у контролној групи статистички значајна само за димензију E. У експерименталној групи напредак на GMFM тесту димензији D је већи у односу на димензију E (табела 6 и 7). Овај налаз је у складу са функционалним могућностима деце експерименталне групе која нису имала већег потенцијала за напредак на димензији E, јер су њихове функционалне могућности ниже, а димензија E представља комплексније моторичке задатке у односу на димензију D. Такви налази потврђени су у студији где је највећи број испитаника био нивоа III (Meyer- Heim et al., 2009). Са друге стране се истиче да интензивни тренинг хода на Локомату треба да буде кључан за побољшање димензије E (ход), што се бележи код деце са блажом формом ЦП, а код деце са тежом формом напредак на

димензији E је мањи или изостаје. Сматра се да је код деце са тежом формом повећана асистенција Локомата због њихове смањене физичке могућности и смањеног активног учешћа (Peri et al., 2017).

С обзиром да статистичка значајност није идентична клиничкој значајности, у научним студијама се све више користи мерење клиничке значајности која је стандардни начин утврђивања клиничке поузданости терапије (Storm et al., 2020). Новија истраживања су утврдила минималну клинички важну разлику за примену Локомата (*The minimum clinically important difference (MCID)*). Вредност за димензију D на GMFM, је у распону од 0,8-5,2% а за димензију E на GMFM 0,3-4,9% (Storm et al., 2020). Резултати димензије D и E на GMFM у нашој студији су потврдили MCID за већину испитаника из експерименталне групе, само 3 испитаника нивоа III-IV имају исте резултате на димензији E.

У раније спроведеном истраживању деце са ЦП утврђено је да је промена од 3,6 % на димензији D и 3,9 % на димензији E на GMFM тесту клинички значајна (Oeffinger et al., 2008). У нашој студији у експерименталној групи од 26 испитаника код 18 испитаника промене су клинички значајне на димензијама D и E узимајући у обзир референцу по Офингеру. Значајна промена од 6.3% на димензији D и 2.1 % на димензији E на GMFM тесту је потврђена код испитаника до 12 година старости, нивоа I -IV (Meyer- Heim et al. 2009).

Резултати теста GMFM- D & E који је намењен праћењу промена у грубој моторици су показали статистичку и клиничку значајност у експерименталној групи. Већина испитаника у контролној групи није имала промену резултата на GMFM- D & E. Разлог за овакав резултат може бити двојак: или је традиционални тренинг неефикасан или су деца из контролне групе просечне старости 8 година постигла максимална индивидуална постигнућа пре приступа овој студији. Из овог резултата се може закључити да је контролној групи уместо интензивног традиционалног тренинга довољна уобичајена физичка активност која ће одржавати њихов ниво функционалности и мобилности.

Истраживање које је спроведено са циљем да укаже на детерминанте које повећавају моторичке функције након 12 терапија Локоматом су показале да су релативни предиктори узраст и скор на GMFM-66 тесту, а пол, дијагноза, клиничка слика не утичу на исход терапије. Дете узраста 4 године на нивоу III има 95 % шансе да има најмање 40 поена на GMFM-66 тесту, док дете истог узраста нивоа IV има 50 % шансе да достигне резултат од 40 поена (Schroeder, 2014 a).

Тест баланса, PBS је изабран због једноставности и прикладности за узраст наших испитаника. Главни фокус PBS је процена баланса у стојећем положају и зато је овај инструмент погоднији за процену деце са благом формом ЦП. Није пронађена ни једна студија која је користила PBS за процену утицаја Локомата на постуралну контролу, јер се у истраживањима баланса користи компјутерска анализа за процену квалитета ослонца и симетрије ослонца у ходу.

У нашој студији напредак баланса експерименталне групе постоји и он је статистички значајан док су испитаници контролне групе на првом мерењу показали свој максимум јер су резултати првог и другог мерења идентични (табела 8).

Дефицит постуралне контроле је основна карактеристика деце са ЦП. Деца са ЦП имају проблем статичког и динамичног баланса. Деца нивоа III-IV имају дефицит баланса у седећем, а деца нивоа I-II баланса у стојећем положају који се одражава на спорији ход уз већу потрошњу енергије у односу на типичну популацију. Постурална стабилност је комплексни феномен који подразумева интеграцију визуелних,

вестибуларних и соматосензорних информација. Обрада свих тих информација док одржавају баланс у стојећем ставу и ходу је комплексна и захтевна за децу са ЦП.

Студија Друзбицког је потврдила статистичко побољшање баланса код деце која су имала Локомат тренинг. Ход на Локомату са затвореном очима је показао статистичку значајност у испитивању динамичног баланса док са отвореним очима није било статистичке значајне разлике. Налаз у овој студији доводи до закључка да је код испитаника била доминатна вестибуларна активност у постуралној контроли (Druzicki et al., 2010). Побољшање постуралне контроле, боља контрола трупа, бољи баланс у ходу, симетричнији ослонац потврђују и друге студије (Yazici 2019; Walard, 2017; Walard, 2018). У студијама Валард и сарадника било је 20 тренинга, пет пута недељно а узорак деце су представљали испитаници са блажом клиничком сликом код којих је дошло и до благих промена у обрасцу хода.

Један од најважнијих резултата наше студије је да су испитаници у експерименталној групи повећали издржљивост у ходу на шесто- минутном тесту хода. Уочавамо велику позитивну промену код испитаника експерименталне групе што показује висока вредност медијане (табела 9).

Један од кључних циљева у рехабилитацији је повећање издржљивости хода којим се олакшавају активности у свакодневном животу. Референтне вредности деце са спастичном ЦП на шестоминутном тесту хода показују различите вредности у односу на ниво I- III на GMFCS. Деца нивоа I ходају у просеку 439,57 m (SD = 49,81) што је 89 метара краће у односу на децу из типичне популације која у просеку пређу 528,42 метра (SD = 67,77 m). Деца нивоа II у просеку ходају 386,74 m (SD = 66,47 m), 142 m краће у односу на децу из типичне популације, док деца нивоа III ходају у просеку 305,28m (SD= 66,95 m) што је 223 метра краће у односу на децу из типичне популације (Fitzgerald et al., 2016).

Због комплексности ЦП постоје велике разлике између испитаника који припадају истом нивоу функционисања и то се види из резултата мерења на шестоминутном тесту између обе групе испитаника. Деца нивоа I у експерименталној групи ходала су у првом мерењу у распону 299 - 337 метара, док је распон за децу нивоа II 108-259 метара. Овакви резултати су нижи у односу на поменути референтну вредност и резултате наше контролне групе. У покушају да одговоримо зашто су ниске вредности пређене дистанце током 6 минута хода деце нивоа I и II на првом мерењу код експерименталне групе, налазимо културолошку аргументацију из које хипотезирамо да у овој култури и климатском окружењу преовладава седентални стил живота. Кретање и физичка активност су лимитирани и у типичној популацији одраслих и деце. У свакодневном животу ретке су прилике које захтевају ход на дужој дистанци, тако да се може закључити да деца функционалне способности нивоа I и II ни у свом свакодневном животу не практикују вежбање издржљивости хода. Завршно тестирање је показало повећање пређене дистанце код 25 испитаника, а највеће повећање од 153 метра дужег хода је забележено код испитаника нивоа I. Можемо закључити да велика разлика између мерења показује да су ти испитаници имали капацитет који нису активирали током њиховог процеса рехабилитације све до приступања овој студији, а други разлог се може протумачити утицајем интезивног Локомат тренинга или су оба поменута разлога утицала на исход.

У контролној групи на шестоминутном тесту хода испитаници нивоа I ходали су у распону од 501-635 метара на првом мерењу, што говори да је њихов резултат као код деце из типичне популације, а такав тренд је и за децу нивоа II. У контролној групи у другом мерењу резултати су сличних вредности јер су деца из контролне групе развила свој максимум издржљивости у ходу.

Новија истраживања су утврдила MCID након интензивних терапија Локомата за шестоминутни тест хода. Вредност за шестоминутни тест хода је у просеку 6-23 m, у распону од 4-28m за ниво I-II, 9-19m за ниво III и 10-27m за ниво IV (Storm et al., 2020). У овом истраживању само четворо деце од 26 у експерименталној групи (3 на нивоу IV и једно на нивоу III), нису постигла MCID на шестоминутном тесту хода. Из приложеног се може закључити да ефекат Локомата осим статистичке значајности бележи и клиничку значајност за шестоминутни тест хода у овој студији.

Промена на 10 метара тесту хода је статистички значајна у експерименталној и у контролној групи (табела 10). Статистичка значајност брзине и издржљивости хода након Локомат тренинга је потврђена у многим студијама (Borggraefe, 2010b; Carvalho, Cherni, 2020; 2017; Druzbecki, 2010; Klobucka, 2020; Meyer- Heim, 2009; Patrilli, 2010; Smania, 2011; Wu, 2017). Промена брзине хода од 15, 9 % доприноси знатној бољој функционалности деце и следствено томе њиховој партиципацији у свакодневном животу (Meyer- Heim, 2009). Садашњи докази потврђује позитиван ефекат Локомата на хода код деце на различитим нивоима GMFCS (Cherni et al., 2020).

Да ли је и у којој мери Локомат ефикаснији код деце са блажим формама ЦП, односно код деце нивоа I-II на GMFCS у односу на децу нивоа III-IV за побољшање моторичког функционисања јесте важно истраживачко питање које је постављено у хипотези 3. У литератури постоји негативна корелација постигнућа на GMFM-66 са повећањем нивоа на GMFCS (Schroeder et al, 2014 a) што указује да деца са блажим обликом ЦП могу више напредовати. Неке студије истичу већи напредак у сфери функционалности хода код деце бољих функционалних способности, док се код тежих форми уочава побољшање баланса у стојећем положају након роботски асистираниог тренинга хода. Закључак је да деца нивоа II значајно напредују у односу на децу нивоа III на клиничким тестовима након Локомат тренинга (Patrilli et al., 2010). Деца са билатералном формом ЦП нивоа II на GMFCS су значајно напредовала на димензији E, док су деца нивоа III имала боља постигнућа на димензији D скале GMFM (Borggraefe, 2010). У другој студији је показано значајно статистичко побољшање на димензији D скале GMFM, као и брзине и издржљивости хода, док је димензија E без статистичке значајности (Meyer-Heim, 2009). Напредак деце нивоа I – III у стајању и ходању је статистички значајан након комбинованих 30 третмана конвенционалне и роботске терапије (Sucioglu et al., 2020). Са друге стране постоје аутори који истичу статистички значајан ефекат и код деце нивоа III-IV. Статистичко повећање ($p < 0.001$) на димензији D је код деце нивоа I-II, док су промене код деце нивоа III-IV статистички значајне на димензији A ($p = 0.03$), B ($p < 0.001$), C ($p = 0.01$), (Manikowska et al., 2021). Деца нивоа I – II највише напредују до 11. године, а код нивоа III- IV има позитивног ефекта и код старијих од 11 година у димензијама A- C на GMFM (Klobucka et al., 2013).

Веома важан закључак наше студије је корелација GMFCS нивоа и функционалних тестова у експерименталној групи. Због малог узорка испитаника а због статистичке анализе спојили смо децу нивоа I-II и децу нивоа III- IV. Бољи напредак остварен је за ниво I-II, а мањи позитиван помак на функционалним тестовима је остварен код деце нивоа III- IV што презентује вредности медијане које опадају како се повећава GMFCS ниво (табела 11) на свим испитиваним тестовима. Напредак деце нивоа I-II је већи у односу на ниво III-IV (табела 12) Налази наше студије се подударају са налазима горе поменутих студија.

У иностраној литератури није довољно посвећана пажња испитивању ефикасности Локомат тренинга за децу нивоа IV на GMFCS . Једина студија која је испитивала децу са тежом клиничком сликом закључује да деца нивоа IV у просеку имају мањи

број корака и мању брзину хода, али показују статистички значајна постигнућа на функционалним тестовима (Van Hedel et al., 2016). Клиничка искуства сугеришу да је Локомат тренинг ефикасан код деце са значајним когнитивним дефицитом уколико имају способност да искажу бол, страх или неугодност. Ниске когнитивне способности представљају само релативну контраиндикацију (Meyer-Heim et al., 2013) и то је важно истаћи јер већина деце нивоа IV на GMFCS има ниже когнитивне и језичке могућности.

Постоји повезаност моторичког функционисања деце са активностима и партиципацијом у свакодневном животу. Већа брзина хода, мања тенденција пада и боља способност хода по неравном терену, омогућавају виши степен покретљивости деце и директно побољшавају њихову партиципацију у свакодневним активностима (Druzicki et al., 2013). Повећање издржљивости и брзине у ходу код деце нивоа I- II утиче на веће самопоуздања и побољшава интеграцију и игру са вршњацима. Повећање издржљивости и брзине у ходу код деце нивоа III- IV омогућава да деца лакше и брже изводе трансфер, лакше и дуже се крећу у кућним и школским условима. У квалитативном истраживању родитеља деце са неуролошким проблемима укључујући и родитеље деце са ЦП нивоа II- III, истакнуто је 120 активности у свакодневном животу везаних за кретање, при чему родитељи најчешће издвајају препреке у јавном животу (степенице, тоалети, врата, ивичњаци). Други део лимитираних активности подразумева кретање у јавном простору (градски превоз, шопинг, прелазак улице, кретање до школе), а на трећем месту су школске активности (кретање у школи, промена учионица, ношење школске торбе). Идентификација баријера кретања као и познавање свакодневних активности деце са ЦП које отежано изводе је важно и за ревидирање циљева рехабилитације (Ammann-Reiffer & Graser, 2022).

Већина иностраних студија деце са ЦП због малог узорка и широке старосне границе која најчешће обухвата децу узраста од 4-18 године нема анализу ефикасности Локомата у односу на узраст испитаника. У овој студији се није показала статистички значајна корелација између старости и резултата на функционалним тестовима првенствено због малог узорка испитаника.

У студији која обухвата децу са билатералном ЦП узраста 6-18 година након 15 интензивних терапија не показује се побољшање грубих моторичких функција и хода када се пореди са конвенционалном терапијом (Ammann-Reiffer et al., 2020). Критичка анализа те студије указује на два важна фактора који могу утицати на ефекат терапије. Први фактор је учесталост Локомат тренинга, а други фактор је интезитет претходних терапијских интервенција. У студији Аман-Рејфера и сарадника половина испитаника је имала по други или трећи пут примену интезивне роботске рехабилитације. Питање је да ли прва серија роботског тренинга показује највећи ефекат терапије. Шредер (2014) проналази негативну корелацију, ако се ради о поновљеној роботској интервенцији (Schroeder, 2014 b). Аман-Рејфер истиче да је већина испитаника у његовој студији била под вишегодишњим терапијама пре почетка ове студије, јер су отпочели са раном интервенцијом и континуираним третманима, сходно принципима рехабилитационог система у Европи (Ammann-Reiffer et al., 2020). Можемо закључити да не треба посматрати неефикасност роботског тренинга без детаљног познавања фактора који могу утицати на исход интервенције, јер неке друге методе рехабилитације могу развити максимални моторички капацитет детета са ЦП.

У нашем истраживању на свим испитиваним функционалним тестовима показао се значајан позитиван ефекат у експерименталној групи. Наши резултати се могу објаснити и чињеницом да је већина испитаника имала по први пут роботски

потпомогнути тренинг хода, да већина деце није испољила свој максимум у односу на свој моторички капацитет пре почетка ове студије и да је интензивна терапија од 800 минута Локомат терапије и 800 минута традиционог тренинга допринела да испитаници експерименталне групе напредују на свим функционалним тестовима након третмана. Претпостављамо да су поменути фактори утицали да се резултати ове студије разликују од резултата у студији Аман-Рејфера.

Важно је истаћи велике индивидуалне моторичке промене у нашој студији попут промене GMFCS нивоа. Промена GMFCS нивоа у нашој студији је забележена код три испитаника експерименталне групе. Две девојчице добрих когнитивних способности узраста 6 и 8 година су са нивоа II на иницијалном тестирању прешле на ниво I на завршном тестирању. Дечак узраста 4 године је прешао са нивоа III на ниво II. Изузетно је важно истаћи овакав напредак након 20 Локомат и 20 традиционалних терапија у веома кратком временском року. У другом истраживању које је обухватило 33 испитаника просечне старости око 7 година нивоа III, која су имала 40 терапија Локомата у трајању од 20 минута, 24 % деце је прешло на ниво II (Bayon et al., 2016). Моторичка крива истиче да деца постигну 90 % своје моторичке функције око пете године живота (Rosenbaum et al., 2002), док су максимална постигнућа око седме године за три четвртине деце нивоа II (Beckung et al. 2007). Истраживања различитих терапијских интервенција су показала да се напредовање деце са ЦП поклапа са кривом моторичког развоја која даје реалистични оквир напредовања на GMFCS и да је промена нивоа GMFCS могућа само у најранијем узрасту (Hanna et al., 2009).

Актуелно истраживачко питање је интензитет Локомат терапије (Bayon et al., 2016). Не може се са сигурношћу закључити који је то интензитет Локомат тренинга који доводи до побољшања моторичких функција код деце са ЦП. Анализиране студије показују распон од 12 до 40 терапија, током 3-12 недеља, са интензитетима два до пет пута недељно. Студије које су имале 20 Локомат терапија у периоду од четири до пет недеља, као и у нашој студији су показале позитиван ефекат на функционалност деце са ЦП (Carvalho, 2017; Klobucka, 2013; Meyer-Heim, 2009; Walard, 2017).

Иако се наша студија није бавила проценом одрживости ефеката Локомат тренинга важно је истаћи закључке научних студија због одлуке о учесталости примене Локомата у клиничкој пракси деце са ЦП. Резултати функционалних тестова су одрживи месец дана након третмана (Smania et al. 2011). Након три месеца код деце са спастичном диплегијом нивоа II-III одржао се резултат на GMFM (димензија D и E), а код унилатералне форме брзина и издржљивост у ходу (Patritti, 2010; Yazici, 2019). Одрживост ефекта на функционалним тестовима хода је потврђена након 6 месеци после завршених 12 третмана (Borggrafee et al. 2010 a) и у истраживању са три блока интензивне терапије у двогодишњем периоду (Weinberger et al., 2017). Повећање на свим димензијама GMFM код адолесцената и одраслих одржава се и три до четири месеца након третмана (Klobucka et al. 2020).

Размотрићемо специфичност Локомата у популацији адолесцената и одраслих особа са ЦП. Роботски потпомогнути тренинг хода има позитиван ефекат код деце, адолесцената и одраслих, али тежина клиничке слике утиче на моторичке исходе (Borggrafee 2010 b; Klobucka, 2013). Познато је деца нивоа III-IV имају мањи потенцијал моторичког напредовања и да код њих током времена грубе моторичке функције благо опадају (Hanna et al., 2009). Са адолесценцијом и одраслим добом долази до смањења издржљивости и промене хода као последица бола, умора, мускулоскелетних промена, слабих ортопедских исхода, повећања телесне тежине

или страха од пада (Liptak, 2008; Orheim, 2009) и због тога се циљеви терапије разликују у адолесценцији/ одраслом добу у односу на рани узраст.

Иако смо у нашој студији имали јако мали број адолесцената, важно је споменути ефекат Локомата код адолесцената и одраслих са ЦП из других студија. Три студије обухватају осим тинејџера и особе старије од 18 година (Klobucka, 2013; Klobucka, 2020; Klobucka, 2021; Van Hedel, 2016). Позитиван ефекат је уочљив на свим димензијама GMFM у студији где је 81% особа на нивоу III- IV, а 19 % на нивоу I – II (Klobucka et al., 2020). Потребна су нова истраживања у циљу јаснијих закључака ефикасности Локомат тренинга код адолесцената и одраслих.

У складу са другим циљем нашег истраживања у даљем тексту размотрићемо утицај Локомат терапије на обим покрета, мишићну снагу и спастицитет који су у резултатима представљени под доменом Телесна структура и функција а који се односе на хипотезу 4. Пронађена је мало студија која су анализирали ефекат роботски потпомогнутог тренинга хода на мишићну снагу, обим покрета, спастицитет, коришћењем клиничких тестова код деце са билатералном ЦП. У студији Маниковске и сарадника Локомат тренинг нема статистичког ефекта на смањење спастицитета и повећање обима покрета. Забележене су веће вредности поплитеалног угла ($p=0.01$) и Томас теста ($p=0.04$), што указује да је дошло до повећања екстензије у коленом зглобу и повећање флексибилности спастичног *m. iliopsoas*. Нема статистичке промене мишићне снаге *m. quadriceps* и *m. hamstrings*. код билатералне форме ЦП и закључује се да клинички тестови не детектују ефекат Локомат терапије (Manikowska et al., 2021). У нашем истраживању се није показало да Локомат тренинг значајно утиче на повећање обима покрета, мишићне снаге и смањење спастицитета.

Разлог ограничења примене клиничких тестова мишићне снаге, обима покрета, спастицитета у научним студијама је да добијени резултати нису увек објективни и валидни (Manikowska et al., 2021). Пошто се ради о деци морамо узети у обзир њихов однос према непознатом испитивачу, тренутно расположење, несарадњу, као и поступак мерења који могу директно утицати на добијене резултате. Мерење и резултати мишићне снаге зависе и од когнитивних способности, пажње и мотивације детета (Hanssen et al., 2021).

У најновијој литератури постоји тенденција расветљавања комплексне патологије ЦП анализом комбинованог скорa спастицитета, мишићне снаге, обима покрета и селективности покрета на ДЕ. У том поступку уочавамо покушај анализе њихове међузависности и утицаја на ход код деце са ЦП (Parageorgiou et al., 2019). Компјутерска анализа хода је показала висок степен корелације са мишићном слабошћу и одсуством селективности покрета код билатералне форме ЦП, док су корелације мање код деце са унилатералном формом. У студији је мапиран однос снаге, тонуса, обима покрета и селективности покрета са специфичним деловима циклуса хода и закључује се да су потребне нове анализе како би се расветлио комплексан однос оштећења и утицај на девијацију хода код ЦП (Parageorgiou et al., 2019).

Изнећемо закључке студија који се односе на обим покрета и његов утицај на функционисање деце са ЦП. Деца са спастичном ЦП могу имати пун обим пасивног покрета ДЕ, али и ограничење обима покрета због утицаја спастицитета, мишићне слабости, неселективности покрета и бола (Fosdahl et al., 2020). Код 50 % деце са спастичном диплегијом која нису имала оперативне захвате промене обима покрета су забележене или у правцу повећања еквинуса или флексије у колену у односу на то који мишић је током времена развио контрактуру. Смањење обима покрета утиче негативно на брзину хода (Rodda et al., 2004) и одржавање обима покрета је важан

терапијски задатак за функционисање пацијента и зато је процена пасивног обима покрета саставни део клиничког рада.

Смањење вредности обима покрета се среће код деце узраста 2–14 година на свим зглобовима ДЕ и умногоме зависе од нивоа функционисања на GMFCS (Nordmark et al., 2009). Код деце са спастичном ЦП најограниченији покрети ДЕ су покрети екстензије у куку и коленом зглобу, абдукције у куку и дорзифлексије стопала. Шведска студија на 2.693 детета са ЦП показала је да се прве контракуре на ДЕ јављају око 10. године, посебно код деце вишег нивоа на GMFCS и да је најчешћа контрактура *m. gastrocnemius* код деце нивоа I- II, а флексиона контрактура колена (*m. hamstrings*) код деце нивоа III- V (Cloodt et al., 2021). Од 2.838 деце са ЦП 73% је без флексионе контрактуре колена, 14% имају блажу промену коју карактерише ограничење екстензије колена од 15-25 степени, 13% тешку флексиону контрактуру колена (преко 25 степени). Распон флексионе контрактуре је од 7% код деце на нивоу I до 71% код деце нивоа V (Pantzar- Castilla et al., 2021). Контрактуре које су чешће код вишег нивоа на GMFCS негативно утичу на мобилност и промену положаја и онемогућавају стајање.

У нашем истраживању велики број испитаника у експерименталној и контролној групи је имао идентични обим покрета у куку, колену и скочном зглобу на првом и завршном мерењу. У складу са налазима Клода и сарадника из 2021. године смањење обима покрета екстензије у коленом зглобу и дорзифлексије стопала је било евидентно и код наших испитаника, посебно у експерименталној групи. У анализи резултата обима покрета повећање обима покрета више од 5 степени смо сматрали клинички значајним (Gelder et al., 2017). Испитивали смо да ли интезивни тренинг Локомата може утицати на повећање обима покрета екстензије у куку и коленом зглобу, јер ортозе Локомата и додатна фиксација омогућавају корекцију положаја карлице, колена и стопала током 40 минута Локомат третмана. Веома је важно разумети утицај обима покрета на ход деце са ЦП. У нашем истраживању смо опсервацијом идентификовали четири типа хода (графикон 5). У експерименталној групи за разлику од контролне групе ход са савијеним коленима и флексијом у зглобу кука и дорзифлексијом стопала је присутан. У кинезиолошком контексту такав ход последица је мишићног дисбаланса ДЕ - појачаног спастицитета флексора кука који намеће повећану инклинацију карлице и појачаног спастицитета *m. hamstringsa* који негативно утиче на екстензију колена. Код већине испитаника експерименталне групе вредност покрета екстензије у куку је знатно смањена у односу на референтне вредности на првом мерењу и није забележено повећање покрета екстензија у куку након Локомат тренинга. Могу се објаснити ниске вредности екстензије у куку претходно изнетом чињеницом о појачаном спастицитету и скраћеним флексорима кука, као и чињеницом да у кретању на равној подлози није потребан већи обим екстензије кука, али је важна снага *m. glut. maximusa* који омогућава покрет екстензије кука и постуралну стабилност карлице.

Када анализирамо утицај Локомата на обим покрета екстензије у коленом зглобу код неколико испитаника у експерименталној групи уочавамо повећање обима. Побољшање покрета екстензије је највидљивије код 4 испитаника нивоа IV који су имали ограничење екстензије колена до 25 степени на иницијалном мерењу. Код њих је покрет екстензије побољшан за 10 степени. Постоји и повећање екстензије у коленом зглобу за пет степени код два испитаника који су имали мањи дефицит екстензије на првом мерењу. Можемо констатовати да смо у овој студији уочили повећање обима покрета екстензије у коленом зглобу деце нашег узорка. Гелдер и сарадници у својој студији истичу повећање покрета екстензије у куку и колену код деце која су имала изражену флексију у оба поменута зглоба. Истиче се такође утицај

виртуелне реалности тј. визуелног и звучног фидбека приликом коришћења тренинга на Локомату на повећање обима покрета (Gelder et al., 2017).

Локомат тренинг позитивно утиче на повећање обима покрета дорзифлексије у скочном зглобу, што је утврђено код 7 испитаника наше студије. Бележимо повећање обима покрета за 5-10 степени. Позиција стопала на Локомату доводи до истезања *m. gastrocnemius*, јер намеће дорзи флексију стопала при започињању циклуса роботског хода захваљујући еластичном пасивном подизачу стопала. Истежање медијалног *gastrocnemius* који је главни узрок скраћења Ахилове тетиве и каснијих деформитета стопала повећава обим покрета дорзи флексије у скочном зглобу али и активацију *m. tibialis anteriora* (Zarkovic et al., 2021). Ови подаци добијени компјутерском анализом дају објашњења позитивног утицаја које смо утврдили за повећање обима покрета али и мишићне снаге *m. tibialis anteriora*.

Коментарисаћемо закључке научних студија везаних за мишићну снагу код деце са ЦП, јер смо се у анализи резултата бавили испитивањем утицаја Локомат тренинга на мишићну снагу ДЕ. Велики број истраживања рађених 90-их година прошлог века донео је сазнања о специфичностима структуре и функције мишића код деце са ЦП. Наиме утврђено је да је код деце са ЦП мишић скраћен, али су тетиве дуже у поређењу са мишићима деце из типичне популације. Показане су разлике у типу мишићних влакана и грађи саркомера (Hanssen et al., 2021). У функционалном смислу тензиона сила спастичног мишића се разликује од силе мишићне контракције у здравој популацији и ове разлике мишићно-тетивног ткива уз поремећену моторну контролу утичу на ниво мишићне контракције, мишићне снаге и мишићне издражљивости. Мишићни дефицит код деце са ЦП игра важну улогу у функционисању детета у свакодневном животу. Кинетички подаци компјутерске анализе, а посебно ниво концентричне контракције мишића су кључни фактори за разумевање обрасца покрета и компензаторних механизма типичних код деце са ЦП и зато су потребна нова истраживања у будућности.

Постоји корелација мишићне снаге и постигнућа на GMFM тесту (Eek et al., 2008). Нови докази показују да мишићна слабост када се пореди са спастичитетом може више утицати на функционалну неспособност пацијента него спастичитет (Rhimmer, 2001). Код спастичне диплегије нивоа I-III показана је корелација мишићне снаге са моторичком функцијом и ходом, али не и корелација спастичита и хода (Ross et al., 2002). Хансен сматра да ниво моторичких функција високо корелира са снагом и селективношћу, а мање са спастичитетом (Hanssen et al., 2021). Некада се сматрало да је спастични мишић снажан мишић, а антагонист спастичног мишића слаб, али су нова истраживања потврдила мишићну слабост у самим спастичним мишићима, при чему су најслабији дистални мишићи попут *m. gastrocnemius* и *m. tibialis anteriora*. Установљено је да је најзначајнији фактор смањеног капацитета хода снага мишића ДЕ. Деца са ЦП имају 36- 82% мање мишићне снаге у поређену са децом типичне популације и знатно слабије генеришу мишићну контракцију плантарних флексора - око 40 % у односу на типичну популацију. Сматра се да слаба мишићна сила *m. gastrocnemius* има главни утицај на искорак и брзину хода (van Vulpen et al., 2017). Разлика у снази мишића ДЕ између деце са ЦП која самостално ходају и деце које ходају уз помагало (ниво III) се односи на снагу абдуктора кука и екстензора колена (Thompson et al., 2011) који су мање активни када се користи помагало.

Студија Маниковске не истиче утицај Локомата на повећање мишићне снаге флексора и екстензора колена (Manikowska et al., 2021), док се повећање мишићне снаге ДЕ наводи у студији Черна и сарадника након Локомата (Cherni et al., 2020) са статистичком значајношћу у повећању снаге флексора кука и екстензора колена.

У нашој студији мањи број испитаника у експерименталној групи нема промену мишићне снаге мишића кука, колена и скочног зглоба, али је већи број испитаника повећао мишићну снагу у односу на испитанике контролне групе (табела 13, 15, 17). Код највећег броја испитаника у експерименталној групи оцена мишићне снаге је повећана у распону од 1-2 јединице. Веома спорадично, само код једног испитаника, забележена је промена снаге од 4-5 јединица, када у првом мерењу мишић није могао да савлада силу гравитације, а у другом мерењу је постигнута контракција против силе гравитације и осредњег отпора. Ове велике разлике у снази од 4-5 јединица у веома кратком временском периоду можемо тумачити не само јачањем снаге, већ и као могућу грешку при мерењу. У складу са очекивањима из литературе, ниже вредности мишићне снаге су забележене код тежих форми ЦП.

Многе терапијске интервенције повећају снагу мишића која је по налазима Роса и Хаусена кључна за функционисање пацијената. Анализа наших резултата говори да је код неких испитаника после Локомат тренинга дошло до повећања мишићне снаге ДЕ (табела 16, 18, 20). Највеће повећање је забележено за *m. quadriceps* који је изузетно важан антигравиторни мишић. Промене снаге *m. gluteus max*, другог важног антигравиторног мишића за одржање стојећег положаја и хода, као и абдуктора кука, који контролишу покрет карлице при ходу, има мањи проценат испитаника. Потребна су нова истраживања која ће утврдити у коликој мери је активно учешће детета на Локомату кључно за повећање мишићне снаге посебно са акцентом на најважније мишиће у процесу хода.

Код неколико испитаника контролне групе забележено је повећање мишићне снаге у распону од само једне јединице (табела 15, 17, 19). Промене у мишићној снази су у малом проценту присутне за све мишиће кука, колена и *m. tibialis anteriora*, док ниједан испитаник није повећао снагу *m. gastrocnemiusa* (табела 16, 18, 20).

Спастицитет мишића је једна од главних карактеристика деце са спастичном формом ЦП. Претходне студије су показале да се спастицитет мишића развија између шестог и осамнаестог месеца живота и да се мења током времена. Линден наводи повећање спастицитета *m. gastrocnemius-m. soleus* за ниво I - II до пете године, а затим опада до 15. године. Студија Фосдала је потврдила те налазе, али је пронашла други тренд за спастицитет *m. hamstringsa* код деце нивоа I и II који расте до 15. године (Fosdahl et al., 2020). Код спастичне диплегије дистални мишићи имају већи степен спастицитета у односу на проксималне мишиће (Ross et al., 2002). Постоји веза између спастицитета и контрактура у зглобу која је посебно видљива код спастичног *m. gastrocnemius* који ограничава/онемогућава обим дорзи флексије и намеће ход на прстима. Из тог разлога неопходно је свакодневно користити ортозе за скочни зглоб, а по потреби ботулински токсин тип А и оперативне захвате. Дистрибуција испитаника према примени ортоза и оперативних захвата у нашој студији је приказана на графikonу 6.

У нашој студији није доказана значајна улога Локомата на смањење спастицитета. Постоје промене мишићног тонуса код 5-7 испитаника у правцу смањења спастицитета у експерименталној групи, а у контролној групи смањење тонуса је забележено код 1-3 испитаника (табела 21). У студији Јасара и сарадника, након 8 недеља третмана комбиноване примене роботске и конвенционалне терапије значајне су промене у правцу смањења спастицитета на MAS (Yasar et al., 2021).

Спастицитет има позитивну улогу, јер потпомаже вертикализацију пацијента. Феномен спастицитета је још увек неразјашњен, али је веома добро познат његов утицај на квалитет живота деце са ЦП. Медикаментозна терапија, ботулинум токсин инјекције, вежбе истезања, хидротерапија у топлој води, најчешће су терапијске

интервенције за смањење спастицитета код ЦП које доводе до смањења бола, одржавања или повећања обима покрета и превенције контрактура. Уколико су конзервативна терапија и оперативни захвати неефикасни у смањењу спастицитета примењују се неурохирушке операције попут баклофен пумпе, селективне дорзалне ризотомије, селективне периферне неуротомије (Sadowska et al., 2020).

У складу са трећим циљем нашег истраживања размотрићемо концепт квалитета живота. Уз дискусију о квалитету мерног инструмента, анализираћемо факторе који утичу на квалитет живота и изнећемо закључке других студија уз дискусију утицаја Локомат терапије на побољшање квалитета живота у нашем истраживању. Савремени приступ рехабилитације деце и одраслих се огледа у примени биопсихосоцијалног модела што истиче и ICF класификација која описује утицај обољења/стања, спољних и личних фактора на функционисање пацијента (WHO, 2001). Једна од компоненти добре медицинске и рехабилитационе праксе је разумевање индивидуално-културолошких карактеристика пацијената /родитеља, упознавање и уважавање њиховог мишљења везаног за ефикасност одређене терапије. Перцепција детета или родитеља детета са ЦП о квалитету живота даје важне информације које помажу стручњацима у доношењу одлука о планирању индивидуалних третмана (Vinson et al., 2010).

Квалитет живота је лична перцепција сопственог положаја у животу у контексту културе, система вредности, као и у односу на сопствене тежње, очекивања, стандарде и интересе (WHO, 2002). Према WHO квалитет живота је субјективна категорија и кад год је могуће потребно је користити самоизвештавање пацијента. Квалитет живота представља важан допуњујући део процене који даје свеобухватну слику утицаја церебралне парализе на дететово социјално, емоционално и физичко стање.

У нашем истраживању користили смо CP QOL, први упитник који је специфично креиран за децу и тинејџере са ЦП на основу ICF (Davis, 2013; Waters, 2005; Waters, 2007) са идејом да се процене сви аспекти који утичу на квалитет живота. Упитник CP QOL има најбоље психометријске особине на школској популацији деце (Carlson et al., 2010) у односу на остала три упитника специјално дизајнирана за децу са ЦП: Индекс здравља детета са инвалидношћу- Перспектива неговатеља, (*Caregiver Priorities and Child health Index of Life with Disabilities*), Квалитет живота код деце -модул ЦП (*Pediatric Quality of life Inventory 3.0 CP Module*) и *DISABKIDS* упитник за децу са хроничним болестима- ЦП модул (Gilson et al., 2014).

Велики је број фактора који утичу на квалитет живота деце са ЦП. Последњих деценија утицај међународне Конвенције о правима детета, Конвенције о правима особа са инвалидитетом, увођење нових закона и подзаконских аката на националном нивоу представљају основу за побољшање квалитет живота деце са ЦП. Повећала се и примена асистивних технологија у активностима свакодневног живота, флексибилнији систем едукације омогућио је инклузивно образовање, олакшано је укључивање у друштвени живот заједнице мењањем фактора средине који подразумевају не само уклањање физичких препрека, већ и промену односа према деци са ЦП. У рехабилитацији и системима подршке усвојен је и као најефикаснији представљен у литератури породично оријентисан приступ (*Family -Centred Approach*). Те промене су се имплементирале у високо развијеним земљама попут САД, Аустралије, Велике Британије, док су у неким другим срединама у току.

Анализирали смо резултате других студија које су испитивале квалитет живота деце са ЦП. Фактори средине подразумевају вредносне ставове родитеља и заједнице

у којој породица живи (WHO, 2001). Студија партиципације деце са ЦП у Европи (*Study of Participation in Children with Cerebral Palsy living in Europe (SPARCE)*) испитивала је факторе средине и њихов утицај на квалитет живота и партиципацију. Та студија је јасно показала колико фактори средине утичу на квалитет живота (Arnaud et al., 2021).

Трипати поставља питање да ли је и којој мери квалитет живота упоредив међу различитим културама (Tripathy & Myatra, 2020) и даје негативан одговор. Социолошко - културолошке карактеристике друштва, као и организација система рехабилитације показују да однос према деци и терапија код деце са ЦП могу бити практиковани на различите начине у различитим земљама и културама.

У систематском прегледу и метаанализи на узорку од 1.475 деце и адолесцената са ЦП дати су следећи закључци: прво, кључан фактор за квалитет живота је физичка ограниченост, деца са ЦП и родитељи подједнако истичу тај фактор; друго, за разлику од физичке ограничености, није јасна веза утицаја психолошког здравља на квалитет живота. Када се пореде упитници које попуњавају пацијенти и њихови родитељи види се да родитељи ниже оцењују квалитет живота свог детета у односу на то како дете себе вреднује, посебно у домену психолошког и социјалног аспекта (Makris et al., 2019). Нижи квалитет живота имају особе са већим когнитивним ограничењима (Arnaud et al., 2021). Неколико емпиријских студија је потврдило да не можемо функционисање пацијента поистоветити са квалитетом живота (Livingston et al., 2007). Овај закључак је веома важан, јер показује да пацијент који има значајно отежано функционисање може имати добар квалитет живота (Gilson et al., 2014) што потврђује и закључак да адолесцент са ЦП који има ограничено физичко функционисање може високо оценити свој социјални и емотивни аспект живота (Shelly et al., 2008).

У нашој студији је коришћена CP QOL верзија упитника за родитеље која показује како родитељи процењују доступност и колико су задовољни здравственим, едукационим, социјалним сервисима који су потребни њиховој деци. Упитник оцењује како се родитељи осећају у вези партиципације њихове деце, али бележи и осећања везана за вредносне ставове социјалне средине у којој породица живи, осећања везана за социјалну интеграцију детета, емотивни живот детета, утицај бола и оцену родитељског здравља.

У складу са постављеном хипотезом 5 пре дискусије резултата потребно је указати на социолошке карактеристике и на ковид период који су могли да утичу на процену родитеља. Перцепција родитеља о квалитету живота у нашој студији се може разликовати због другачијег религијско - културолошког контекста средине у којој живе и другачијег односа према деци са сметњама у развоју. Испитивање квалитета живота у овој студији рађено је током пандемије ковида 19, што је могло да утиче на резултат упитника, јер је постајао период физичке и социјалне изолације, као и повећање осећања страха и анксиозности, неизвесност у општој популацији становништва.

У другом истраживању у Србији коришћењем упитника CP QOL, резултати су показали да родитељи чија су деца нивоа I- II на GMFCS, узраста 4-12 година статистички значајно боље оцењују квалитет живота у односу на родитеље деце нивоа III- IV у доменима социјално благостање и прихватање, осећање о функционисању, учешће и физичко здравље, као и бол и утицај бола. Разлике су уочене у нижем оцењивању родитеља у доменима осећаја о функционисању, партиципацији и физичком здрављу у поређењу са одговорима која дају деца (Красник, 2016).

У нашем истраживању у експерименталној групи 25 родитеља је попунило упитник CP QOL (један упитник је неважећи), а у контролној групи свих 15 родитеља је активно учествовало. С обзиром да је ЦП доживотно и хронично стање, важно је напоменути да месец дана неке интензивне интервенције није дуг временски период за очекивање промене квалитета живота иако се у нашој студији показао позитиван ефекат Локомата на квалитет живота детета са ЦП.

У експерименталној групи је видљива разлика у оцењивању родитеља након Локомат терапије. Разлика у оцењивању на другом мерењу је видљива кроз повећање вредности медијане. У доменима социјално прихватање, осећања везана за функционисање, партиципација и физичко здравље, емоционално здравље и самопоуздање, приступ здравственим услугама и сервисима подршке, бол и породично здравље промена вредности је статистички значајна (табеле 22-28).

Појава бола код деце са тежом клиничком сликом је чест симптом који има велики утицај на квалитет живота. У домену везаном за бол родитељи деце експерименталне групе на првом мерењу истичу већу присутност бола и утицај бола на функционисање у односу на контролну групу (табела 27), али на другом мерењу бол оцењују нижим оценама. Резултати другог мерења указују на позитиван ефекат терапија на смањење бола код деце у експерименталној групи.

Родитељи деце у експерименталној групи дају ниже оцене на упитнику, а родитељи контролне групе су давали више оцене на скоро свим доменима. Такви резултати се објашњавају чињеницом да је у експерименталној групи више деце нивоа III-IV, док је у контролној групи више испитаника нивоа I-II. Овај налаз је у складу са налазима других истраживача (Красник, 2016; Makris, 2019) да родитељи деце која се самостално крећу бележе боље оцене квалитета живота у односу на децу са тежим формама.

У нашој студији у домену партиципација и физичко здравље, родитељи деце експерименталне групе боље оцењују партиципацију деце у односу на родитеље деце контролне групе на првом мерењу (табела 24). Овај налаз може се протумачити већом подршком друштва родитељима деце са тежим обликом ЦП. Држава УАЕ пружа локалним породицама могућност набавке свих потребних помагала од најранијег узраста за децу нивоа III-IV, свакодневну двадесетчетворочасовну негу од стране медицинске сестре -неговатеља, организовани и бесплатни транспорт, као и плаћене рехабилитационе третмане у иностранству. Захваљујући подршци на нивоу заједнице, подршци државе и веома толерантном ставу према деци са сметњама у развоју у општој популацији, повећава се могућност учествовања деце са већим функционалним ограничењима у социјалним активностима попут рекреативних, спортских догађаја, одлазака у биоскоп. За разлику од родитеља контролне групе, родитељи експерименталне групе истичу позитивну промену у домену партиципација и физичко здравље након спроведених третмана.

Осврнућемо се на резултате CP QOL контролне групе у нашој студији. Оцене родитеља на другом мерењу су идентичне оценама на првом мерењу у контролној групи у доменима социјално прихватање, партиципација и физичко здравље, емоционално здравље и самопоуздање, приступ здравственим услугама и сервисима подршке, бол и породично здравље. У домену осећања везана за функционисање постоји мала разлика у оцењивању и већи скор на другом мерењу у контролној групи.

Важан аспект за анализу терапијске интервенције је перцепција родитеља о интервенцији, прихватању од стране детета и ефектима те интервенције за њихово дете. Не постоји упитник за родитеље/ дете који стручњацима може да помогне у

разумевању утицаја Локомата на функционисање детета из перспективе родитеља. У контексту савремене рехабилитације, фидбек родитеља о Локомат терапији и њеном ефекту је веома важна тема и стручњаци треба да буду упознати са мишљењем родитеља током и након њене примене. У иностраној литератури још увек има мало радова који су испитивали перцепију родитеља у вези ефикасности роботски потпомогнутог тренинга хода код деце са ЦП.

У канадском квалитативном истраживању циљ је био да се испита мишљење и став родитеља петоро пацијената у погледу ефикасности роботски потпомогнутог тренинга на ход детета, код деце нивоа II и III на GMFCS, узраста 5–7 година. Резултати су потврдили да родитељи сматрају ход приоритетом за благостање детета, ефекат Локомат тренинга виде у побољшању баланса који омогућава превенирање пада и постизање веће самосталности у активностима свакодневног живота. Родитељи су описали Локомат тренинг као револуционарну, фантастичну, инспиративну и сигурну интервенцију, која нема нежељена дејства. Истакли су позитиван ефекат на дететов доживљај идентификације са роботом и забавом која је омогућена видео игрицама. Такође истичу неопходност доброг контакта детета са терапеутом који надгледа роботску терапију и сви родитељи изражавају потребу за Локомат тренингом и у будућности. Одговори родитеља у односу на ишчекиване циљеве крећу се у распону од тога да Локомат тренинг даје огроман учинак до резервисанијих одговора да родитељи нису сигурни како ће се ефекат овог тренинга одражавати на свакодневне дететове активности (Beveridge et al., 2014).

У другој студији родитељи истичу да након Локомат терапије примећују повећану издржљивост хода и побољшање пењања уз степенице (Borggraeve et al., 2010 a).

У квалитативном истраживању седморо родитеља наводи да се утицај Локомата огледао у побољшању физичког и емоционалног здравља, повећао је активност детета и квалитет спавања. Основне препреке родитељи виде у реорганизацији породичног живота због интензивног третмана и истичу проблем транспорта и паркинга (Pool et al., 2021).

Испитивање очекивања, степен задовољства и квалитет живота показује да родитељи имају већа очекивања од роботске рехабилитације, у односу на очекивања од традиционалне терапије. Након Локомат интервенције 65% родитеља деце са педијатријско - неуролошким обољењима су веома задовољни Локомат третманом и истакли су перцепцију о бољем квалитету живота. Пацијенти исказују задовољство роботском рехабилитацијом са 65,4 % у односу на традиционалну терапију са 57,2 % (Gilardi et al., 2020). Већина пацијента која користи Локомат се осећа угодно (47%), сигурно (68%) и очекује значајне резултате након терапије (68%). Главни проблем који родитељи истичу је да роботска рехабилитација за децу са церебралном парализом није лако доступна када се пореди са доступношћу традиционалне терапије (Munera et al., 2017).

У нашој студији на онлајн анкети родитељи су одговорили на 19 постављених питања за које је коришћена Ликертова скала и два питања отвореног типа где су могли да изнесу позитивни или негативни коментар. Није дат ниједан негативан одговор у отвореном питању. У овој анкети родитељи су имали неколико коментара на отворено питање о бенефиту ове интервенције. Издвајамо три одговора :

-“Моја ћерка стабилније стоји и након Локомата приметили смо да дуже хода са ходалицом. Спастицитет је значајно смањен, посебно је снижен на мишићу потколенице. Желели бисмо да се ова терапија понови”.

-“Приметили смо да нам је син срећнији и од прве недеље третмана увиђамо промене. Пре Локомата кретао се пузећи и могао је да направи само 2-3 корака уз придржавање, а сада је заинтересованији за ход и може дуже да хода уз придржавање. Има позитивних промена везаних за тоалет, јер сада лакше и брже можемо да заменимо пелену. Волели бисмо да можемо да наставимо овај програм”.

-“Моја ћерка је увек сањала да хода у ципелама са високим потпетицама и то је покушавала пре третмана, али због баланса није успевала. Након терапије успела је да то уради и много је срећна. Сада може самостално, сигурно и брзо да се пење уз и низ степенице”.

Иако је заступљенија средње тешка и тешка форма ЦП, (61,4 % припада нивоу III-IV на GMFCS) у експерименталној групи, родитељи су позитивно перцепирали утицај Локомат и традиционалне терапије, јер преовладавају позитивни одговори на већини питања анкетног упитника. Једино питање које је имало већу негативну дистрибуцију везано је за физички напор детета, где је 37,50 % родитеља потврдило умор детета. Наиме, деца су имала само два дана паузе викендом како би се одморили од физичког напора интезивне терапије током радне недеље. Неутрално мишљење родитеља није било преовлађујуће ни на једном постављеном питању осим на питању број 9 и 19 (дужина стајања и квалитет живота породице). Мали проценат родитеља (4,17% - 8,70%), не перцепира побољшања обима покрета, мишићне снаге и моторичког функционисања у свакодневном животу детета, осим за питања 11 и 12 (дужина и интезитет хода, постура тела) где је проценат неслагања родитеља већи и износи 12,50% за питање број 12 и 20,84 % за питање број 11.

Резултати анкете показују позитиван став који родитељи имају према Локомат терапији (табела 29). Позитивну промену у правцу повећања сигурности и самопоуздања детета приметило је 79,17 % родитеља. Овај резултат је веома важан јер говори не само о ефекту Локомата на моторику, већ и на емоционално здравље пацијента. У складу са постулатом развојне психологије веома је важно неговати позитиван аспект која промовише задовољство, срећу, самопоуздање деце са неуроразвојним проблемима и свака терапија која то омогућава има бенефит на ментално здравље детета. Одрживост ефекта Локомат терапије и након два месеца по завршетку студије истакло је 73,91% родитеља. Већина родитеља у нашој студији је имала могућност да процени одрживост Локомат терапије и у дужем временском периоду. Перцепција родитеља у нашем истраживању се поклапа са резултатима клиничких студија да је дужина одрживости ефекта Локомата од три до шест месеци (Borggrafee 2010 a; Patritti, 2010; Yazici, 2019). Сви родитељи (100%) позитивно оцењују забавни карактер Локомат тренинга и сарадњу са терапеутима. У складу са савременим концептом 6 -Ф свака интервенција која пружа задовољство деци са ЦП је препоручљива, јер позитиван став није лако одржив за децу која су од најранијег детињства у вишегодишњем процесу рехабилитације. Жељу детета да осваја поене у видео игрицама је потврдило 87,50 % родитеља. Игра током терапије и такмичарски дух је најприроднији начин да се активно учествује у третману.

Ограничења студије

Постоји неколико ограничења наше проспективне студије. Прво је то што студија није успела да се изведе као рандомизирана због ситуације са ковид пандемијом, јер је била онемогућена селекција већег броја пацијената у Абу Дабију и рандомизација. Други разлог је неуједначеност група испитаника. Било је више испитаника са тежим степеном оштећења у експерименталној групи, а више

испитаника са блажим обликом ЦП у контролној групи. Трећи разлог је мали број испитаника у студији. Као четврти разлог наводимо и то што су обухваћени испитаници са билатералном и унилатералном формом ЦП. Пети разлог је да испитаници експерименталне и контролне групе припадају различитој социолошко - културолошкој средини што је отежавало поређење перцепције квалитета живота.

Будуће студије

Интезитет, трајање терапије, учесталост примене Локомат тренинга су теме која ће бити и даље у фокусу истраживача. Истраживачи наглашавају да су потребна нова рандомизирана истраживања високог методолошког квалитета (Lefman et al., 2017), студије са већим броја испитаника, стандардизација извештавања, праћење одрживости ефекта Локомата (Cherni & Ziane, 2022; Liams-Ramos, 2022; Olmos-Gomez, 2021). У циљу оптимизације терапијског доприноса Локомата, смернице за избор одабира параметара Локомата су неопходне (Cherni & Ziane, 2022). Пажња се убудуће у научним студијама мора посветити извештавању параметара Локомата попут брзине хода, ослонцу пацијента (*body- weight support*) и роботској сили (*guidance force*) која ће допринети бољем разумевању ефеката Локомата и повезивању резултата студија са клиничком праксом (Delen & Labruyere, 2022).

Препоруке

Ова студија је имала за циљ да представи научни основ примене роботски потпомогнутог тренинга хода и изнесе најновија инострана научна сазнања везана за теоријско - практичну примену и наше резултате.

Надамо се да ће овај рад указати на важност примене роботске технологије у рехабилитацији деце са ЦП, како би у блиској будућности државне рехабилитационе установе у Србији могле понудити ову методу неуролошким пацијентима. Примена високе технологије је заузела важно место у рехабилитацији деце са ЦП у последње две деценије. Потребно је упознати и применити савремене рехабилитационе терапије пре свега због вишег степена функционалности и добробити наших пацијената и њихових породица.

VI

ЗАКЉУЧАК

Роботски потпомогнути тренинг хода се показао као ефикасна интервенција за побољшање моторичког функционисања деце са спастичном ЦП, већина постављених хипотеза наше студије је потврђена.

1. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП има позитивни ефекат и доприноси побољшању моторичких функција и баланса у односу на примену традиционалног третмана.

Локомат тренинг је утицао на побољшање постуралне контроле и баланса у стојећем положају у експерименталној групи. На испитиваном тесту процене грубе моторичке способности GMFM који је намењен евалуацији моторичких промена код деце са ЦП, показало се побољшање у димензији D која подразумева побољшање постуралне контроле и баланса у стојећем положају. Вредност медијане је била 44,84 на првом мерењу у односу на 52,56 на другом мерењу у експерименталној групи, док је вредност медијане 78,56 на првом мерењу у односу на 78,88 на другом мерењу код контролне групе. На основу вредности медијане закључујемо да испитаници у експерименталној групи имају недовољно развијену постуралну контролу у стојећем положају у односу на контролну групу. Евидентно је да је дошло до промене вредности медијана у експерименталној групи након третмана. Промена медијане у експерименталној групи је статистички значајна ($p < 0,001$) за разлику од промене медијане контролне групе која има вредност ($p = 0,222$). Осим добијене статистичке значајности подвлачимо и клиничку значајност јер код већине испитаника експерименталне групе постоји потврђена MCID за димензију D у експерименталној групи.

Перцепција родитеља о утицају Локомата, указује да је примена роботски потпомогнутог тренинга хода метода која пружа бенефите деци са блажом, средње тешком и тешком формом ЦП. У анкети намењеној родитељима деце експерименталне групе перцепција родитеља указује на побољшање става тела и могућности дужег одржавања стојећег положаја што наводи 50% до 54,07 % родитеља док 8,34 % родитеља не примећује побољшање, а неутрално мишљење истиче 37,50 %- 41,67% родитеља.

Грубе моторичке способности испитиване GMFM димензије E: ход, трчање и скакање, вредност медијане на првом мерењу је 20,13 у односу на вредност од 23,60 на другом мерењу у експерименталној групи, док су у контролној групи забележене вредности 77,78 на првом и 78,06 на другом мерењу. Велика разлика у вредности медијана између група указује на знатно ниже могућности деце експерименталне групе у димензији E која подразумева комплексне моторичке задатке. Статистичком анализом је показано да у оквиру својих функционалних могућности испитаници из експерименталне групе показују статистички значајну промену на димензији E са вредношћу ($p < 0,001$). У контролној групи постоји позитивна статистичка промена са вредношћу ($p = 0,018$). Осим добијене статистичке значајности подвлачимо и клиничку значајност јер код већине испитаника експерименталне групе постоји потврђена MCID за димензију E у експерименталној групи.

У анкети родитеља деце експерименталне групе у вези дужине хода и учесталости хода након третмана 62,50 % родитеља примећује позитиван помак, док 20,84 % родитеља не примећује побољшање, а 16,67 % родитеља је имало неутрално мишљење.

На испитиваној скали баланса за децу са ЦП (PBS) показано је побољшање баланса експерименталне групе. Уочавамо вредности медијане 17,50 на првом мерењу и 21,00 на другом мерењу, за разлику од вредности медијане 36 са

идентичном вредношћу на првом мерењу и мерењу након завршених терапија. Резултати скале баланса за децу са ЦП, односно вредности медијана показују већи дефицит баланса у експерименталној групи у односу на контролну. Статистичка анализа је показала статистички значајну разлику ($p < 0,001$) у експерименталној групи за разлику од контролне ($p = 0,075$) код које нема статистички значајне промене.

Родитељска процена указује на побољшање позиције тела и баланса у ходу (58,34 % родитеља деце експерименталне групе), 29,17 % је неутралног мишљења док се само 12,50 % родитеља не слаже са овим исказом. Побољшање баланса неопходног у извођену свакодневних активности уочава 66,66 % родитеља, 29,17 % је неутрално, а само 4,17 % је одговорило негативно.

2. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП има позитивни ефекат и доприноси већем побољшању функционалности хода у односу на примену традиционалног третмана.

На тесту хода на 10 метара показано је побољшање брзине хода у обе испитиване групе. Вредност медијане на првом мерењу је била 0,37 метара у секунди у односу на 0,55 метара у секунди на другом мерењу у експерименталној групи, за разлику од вредности медијане 1,43 метара у секунди на првом мерењу и 1,52 метара у секунди на мерењу након завршених терапија у контролној групи. Евидентна је разлика у вредностима медијане што указује на дупло бржи ход код испитаника у контролној групи и отежанију могућност кретања испитаника у експерименталној групи. Статистичком анализом је утврђена статистички значајна разлика медијана у обе групе са вредностима ($p < 0,001$) у експерименталној групи и ($p = 0,041$) у контролној групи.

На шестоминутном тесту хода вредност медијане на првом мерењу је била 96,37 метара у односу на 148,15 метара на другом мерењу у експерименталној групи, за разлику од вредности медијане 330 метара на првом мерењу и 336 метара на другом у контролној групи. Вредности медијане указују на нижу издржљивост у ходу експерименталне групе, статистичка анализа је утврдила да промена медијане у експерименталној групи показује статистичку значајност ($p < 0,001$) у односу на контролну код које статистичка значајност не постоји ($p = 0,154$).

3. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП је ефикаснији код деце нивоа I-II у односу на децу нивоа III-IV на GMFCS у делу побољшања моторичких функција, баланса и функционалности хода.

Иако постоје контраверзни резултати у погледу ефекта Локомат терапије према нивоима на GMFCS у научним радовима, у овом истраживању се показао већи напредак деце нивоа I-II у односу на децу нивоа III-IV на GMFCS. Нивои корелације су средњи и јаки у негативном смеру јер показују да су на тесту GMFM димензија D и E, PBS, тесту на 10 метара и шестоминутном тесту хода вредности медијана опадају како се повећава ниво на GMFCS. Промене вредности медијана али и аритметичке средине у групи деце нивоа I-II је показала знатно већу статистичку значајност на свим испитиваним тестовима процене са вредностима GMFM димензија D ($p = 0,034$), GMFM димензија E ($p = 0,081$ али због малог узорка ову разлику не можемо прогласити значајном), PBS ($p = 0,005$), тест на 10 метара ($p = 0,005$), шестоминутни тест хода ($p = 0,003$). У контролној групи није било статистичких корелација нивоа GMFCS и испитиваних параметара.

4. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП нема позитивни ефекат на побољшање мишићне снаге, обима покрета, на смањење спастицитета у односу на примену традиционалног третмана.

Деца са спастичном формом ЦП имају повећани спастицитет мишића, смањење обима покрета у зглобовима и смањење мишићне снаге као основне карактеристике ЦП. Предпоставили смо да Локомат тренинг може позитивно утицати на смањење спастицита и повећања обима покрета и мишићне снаге међутим наша хипотеза није потврђена јер статистичка анализа није показала статистичку значајност. Показало се да је само четвртина испитаника у експерименталној групи имала побољшање обима покрета екстензије у колену и дорзи флексије стопала и смањење спастицита док су у контролној групи промене занемарљиве. Повећање мишићне снаге у пределу зглоба кука код испитаника експерименталне групе је било код 30,8% - 50,0% испитаника у односу на 20,0% -26,7 % испитаника контролне групе. Повећање снаге мишића у регији зглоба колена је забележено код 34,8%- 80,0 % испитаника експерименталне групе док су промене у контролној групи забележене код 7,1% -26,7 % испитаника. Повећање снаге мишића стопала је имало 30,8%-46,2 % испитаника у експерименталној групи насупрот 7,1% испитаника у контролној групи. Смањење спастицитета у *m.adductors* је забележено код 26,9% испитаника експерименталне групе док су промене у контролној групи забележене код 13,3 % испитаника. Смањење спастицитета *m.hamstrings* (26,9%) и *m. gastrocnemiusa* (26,9%) је забележено само у експерименталној групи.

На основу родитељске перцепције утврђено је да 66,66 % родитеља сматра да је дошло до повећања обима покрета у куку, колену и скочном зглобу, 29, 17 % је неутрално и само 4, 17 % се не слаже да постоји ефекат повећања обима покрета. Већина родитеља 79,16 % сматра да је дошло до повећања мишићне снаге ДЕ, 12,50 % је неутрално а 8,34 % не примећује промену у снази мишића. Смањене спастицита је истакло 78,26 % родитеља, 17, 39 % је неутрално и само 4,35% родитеља се не слаже да постоји промена спастицитета. Родитељи у највишем проценту истичу позитивне промене везане за смањење спастицитета (78,26%) и мишићне снаге (79,16%).

5. Локомат тренинг примењен уз традиционалну терапију код деце са ЦП има већи позитивни ефекат на побољшање квалитета живота у односу на примену традиционалног третмана.

Упитник квалитета живота је показао позитиван ефекат на седам испитиваних домена за експерименталну групу. У домену социјално прихватање и благостање статистичком анализом је утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p = 0,001$), али није у контролној ($p = 0,317$). У другом домену, осећања везана за функционисање, статистичком анализом је утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p < 0,001$), али није и у контролној ($p = 0,564$). Трећи домен, партиципација и физичко здравље, промена вредности је значајна у експерименталној групи ($p = 0,001$), али није у контролној ($p = 0,180$). Специфичност у овом домену је чињеница да је медијана експерименталне групе виша у односу на контролну, за разлику од свих других домена што указује да су родитељи деце експерименталне групе која су нижих функционалних могућности у односу на контролну групу вишим оценама оцењивали квалитете овог домена. Претпоставили смо да је објашњење у религијском и културолошком аспекту експерименталне групе. У домену емоционално здравље и самопоуздање статистичком анализом је утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p = 0,046$), али није у контролној ($p = 0,317$). У домену приступ здравственим услугама и сервисима подршке, статистичком анализом је

утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p = 0,045$), али није у контролној ($p = 1,000$). У домену бол и утицај церебралне парализе промена вредности је значајна у експерименталној ($p = 0,026$), али није у контролној групи ($p = 0,564$). У домену породично здравље статистичком анализом је утврђено да је промена вредности значајна у експерименталној групи ($p = 0,030$), али није у контролној ($p = 0,317$).

Родитељи деце експерименталне групе (66,66%) сматрају да се квалитет живота његовог детета са ЦП поправио након интензивног Локомат и традиционалног тренинга, 29,17 % је неутралног мишљења, 4, 17 % не види побољшање. Промену квалитета живота породице је приметило 58,33% родитеља, 37,50 % је неутралног мишљења и 4, 17 % родитеља је дало негативан одговор.

Ово истраживање је показало позитиван утицај комбинованог традиционалног третмана и роботски асистираниог тренинга хода на моторичке функције, баланс, ход и на квалитет живота деце са спастичном ЦП. Треба размотрити увођење роботски потпомогнутог тренинга хода као комплементарну методу конвенционалном тренингу у рехабилитацији деце са спастичном ЦП.

1. Alotaibi, M., Long, T., Kennedy, E., & Bavishi, S. (2014). The efficacy of GMFM-88 and GMFM-66 to detect changes in gross motor function in children with cerebral palsy (CP): a literature review. *Disability and rehabilitation*, 36(8), 617–627. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.805820>
2. Ammann-Reiffer, C., Bastiaenen, C., Meyer-Heim, A. D., & van Hedel, H. (2020). Lessons learned from conducting a pragmatic, randomized, crossover trial on robot-assisted gait training in children with cerebral palsy (PeLoGAIT). *Journal of pediatric rehabilitation medicine*, 13(2), 137–148. <https://doi.org/10.3233/PRM-190614>
3. Ammann-Reiffer, C., & Graser, J. V. (2022). Walking activities beyond gait training: Priorities in everyday life for parents and adolescents in pediatric neurorehabilitation. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*, 15(2), 311–321. <https://doi.org/10.3233/PRM-201513>
4. Aurich-Schuler, T., Warken-Madelung, Birgit, Graser, J. V., Ulrich, T., Borggraefe, I., Heinen, F., Meyer-Heim, A., van Hedel, H., Schroeder, A., Sebastian (2015). Practical Recommendations for Robot-Assisted Treadmill Therapy (Lokomat) in Children with Cerebral Palsy: Indications, Goal Setting, and Clinical Implementation within the WHO-ICF Framework, *Neuropediatrics*.46; (4):248–260. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1550150>
5. Armand, S., Decoulon, G., & Bonnefoy-Mazure, A. (2016). Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT open reviews*, 1(12), 448–460. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000052>
6. Arnaud, C., Duffaut, C., Fauconnier, J., Schmidt, S., Himmelmann, K., Marcelli, M., Pennington, L., Alvarelhão, J., Cytera, C., Rapp, M., Ehlinger, V., & Thyen, U. (2021). Determinants of participation and quality of life of young adults with cerebral palsy: longitudinal approach and comparison with the general population - SPARCLE 3 study protocol. *BMC neurology*, 21(1), 254. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02263-z>
7. Bach, M. M., Daffertshofer, A., & Dominici, N. (2021). The development of mature gait patterns in children during walking and running. *European journal of applied physiology*, 121(4), 1073–1085. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04592-2>
8. Bahrami, F., Noorizadeh Dehkordi, S., & Dadgoo, M. (2017). Inter and Intra Rater Reliability of the 10 Meter Walk Test in the Community Dweller Adults with Spastic Cerebral Palsy. *Iranian journal of child neurology*, 11(1), 57–64.
9. Bartlett, D. J., & Palisano, R. J. (2002). Physical therapists' perceptions of factors influencing the acquisition of motor abilities of children with cerebral palsy: implications for clinical reasoning. *Physical therapy*, 82(3), 237–248.
10. Baram, Y., & Lenger, R. (2012). Gait improvement in patients with cerebral palsy by visual and auditory feedback. *Neuromodulation: journal of the International*

11. Bayon, C., Raya, R., Lara, L. S., Ramirez, O., Serrano, I., Rocon, E. (2016). Robotic therapies for children with cerebral palsy: A systematic review, *Translational Biomedicine* 7(1):44 <http://dx.doi.org/10.21767/2172-0479.100044>
12. Beckung, E., Carlsson, G., Carlsdotter, S., & Uvebrant, P. (2007). The natural history of gross motor development in children with cerebral palsy aged 1 to 15 years. *Developmental medicine and child neurology*, 49(10), 751–756. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00751.x>
13. Beveridge, B., Feltracco, D., Struyf, J., Strauss, E., Dang, S., Phelan, S., Wright, F. V., & Gibson, B. E. (2015). "You gotta try it all": Parents' Experiences with Robotic Gait Training for their Children with Cerebral Palsy. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 35(4), 327–341. <https://doi.org/10.3109/01942638.2014.990547>
14. Begnoche, D. M., Chiarello, L. A., Palisano, R. J., Gracely, E. J., McCoy, S. W., & Orlin, M. N. (2016). Predictors of Independent Walking in Young Children With Cerebral Palsy. *Physical therapy*, 96(2), 183–192. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140315>
15. Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical therapy*, 67(2), 206–207. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.206>
16. Borggraefe, I., Kiwull, L., Schaefer, J. S., Koerte, I., Blaschek, A., Meyer-Heim, A., & Heinen, F. (2010a). Sustainability of motor performance after robotic-assisted treadmill therapy in children: an open, non-randomized baseline-treatment study. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 46(2), 125–131.
17. Borggraefe, I., Schaefer, J. S., Klaiber, M., Dabrowski, E., Ammann-Reiffer, C., Knecht, B., Berweck, S., Heinen, F., & Meyer-Heim, A. (2010b). Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology: EJPN: official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 14(6), 496–502. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2010.01.002>
18. Bronfenbrenner, U., Ceci, S. J. (1994). Nature-nurture reconceptualized in developmental perspective: a bioecological model. *Psychol Rev.*101(4):568-86. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.101.4.568>
19. Calabrò, R. S., Cacciola, A., Bertè, F., Manuli, A., Leo, A., Bramanti, A., Naro, A., Milardi, D., & Bramanti, P. (2016). Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: where are we now? *Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 37(4), 503–514. <https://doi.org/10.1007/s10072-016-2474-4>
20. Carlon, S., Shields, N., Yong, K., Gilmore, R., Sakzewski, L., & Boyd, R. (2010). A systematic review of the psychometric properties of Quality of Life measures for school

- aged children with cerebral palsy. *BMC pediatrics*, 10, 81. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-10-81>
21. Carvalho, I., Pinto, S. M., Chagas, D., Praxedes Dos Santos, J. L., de Sousa Oliveira, T., & Batista, L. A. (2017). Robotic Gait Training for Individuals with Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(11), 2332–2344. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.06.018>
 22. Cherni, Y., Ballaz, L., Lemaire, J., Dal Maso, F., Begon, M. (2020). Effect of low dose robotic-gait training on walking capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Neurophysiologie Clinique -Clinical neurophysiology*, 50(6), 507–51. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2020.09.005>
 23. Cherni, Y., Ziane, C. (2022). A Narrative Review on Robotic-Assisted Gait Training in Children and Adolescents with Cerebral Palsy: Training Parameters, Choice of Settings, and Perspectives, *Disabilities 2* (2) 293–303. <https://doi.org/10.3390/disabilities2020021>
 24. Chen, Y., Fanchiang, H. D., & Howard, A. (2018). Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Physical therapy*, 98(1), 63–77. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx107>
 25. Clarkson, H. M. (2012). Musculoskeletal assessment: Joint range of motion and manual muscle strength (3rd ed.). *Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*.
 26. Cloodt, E., Wagner, P., Lauge-Pedersen, H., & Rodby-Bousquet, E. (2021). Knee and foot contracture occur earliest in children with cerebral palsy: a longitudinal analysis of 2,693 children. *Acta orthopaedica*, 92(2), 222–227. <https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1848154>
 27. Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., Rumsey, J. M., Hicks, R., Cameron, J., Chen, D., Chen, W. G., Cohen, L. G., deCharms, C., Duffy, C. J., Eden, G. F., Fetz, E. E., Filart, R., Freund, M., Grant, S. J., Haber, S., ... Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain : a journal of neurology*, 134(Pt 6), 1591–1609. <https://doi.org/10.1093/brain/awr039>
 28. Davis, E., Mackinnon, A., Davern, M., Boyd, R., Bohanna, I., Waters, E., Graham, H. K., Reid, S., & Reddihough, D. (2013). Description and psychometric properties of the CP QOL-Teen: a quality of life questionnaire for adolescents with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.08.018>
 29. Druzbicki, M., Rusek, W., Snela, S., Dudek, J., Szczepanik, M., Zak, E., Durmala, J., Czernuszenko, A., Bonikowski, M., & Sobota, G. (2013). Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *Journal of rehabilitation medicine*, 45(4), 358–363. <https://doi.org/10.2340/16501977-1114>
 30. Druzbicki, M., Rusek, W., Szczepanik, M., Dudek, J., & Snela, S. (2010). Assessment of the impact of orthotic gait training on balance in children with cerebral palsy. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 12(3), 53–58.

31. Eek, M. N., & Beckung, E. (2008). Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 28(3), 366–371. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.05.004>
32. Esquenazi, A., & Talaty, M. (2019). Robotics for Lower Limb Rehabilitation. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 30(2), 385–397. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.12.012>
33. Esquenazi, A. (2018). Comment on “Assessing Effectiveness and Costs in Robot-Mediated Lower Limbs Rehabilitation: A Meta-Analysis and State of the Art”. *Journal of healthcare Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/7634965>
34. Fahey, M. C., MacLennan, A. H., Kretschmar, D., Gecz, J., & Kruer, M. C. (2017). The genetic basis of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 59(5), 462–469. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13363>
35. Fitzgerald, D., Hickey, C., Delahunt, E., Walsh, M., & O’Brien, T. (2016). Six-Minute Walk Test in Children with Spastic Cerebral Palsy and Children Developing Typically. *Pediatric physical therapy: the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 28(2), 192–199. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000224>
36. Fosang, A. L., Galea, M. P., McCoy, A. T., Reddihough, D. S., & Story, I. (2003). Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 45(10), 664–670. <https://doi.org/10.1017/s0012162203001245>
37. Fosdahl, M. A., Jahnsen, R., Pripp, A. H., & Holm, I. (2020). Change in popliteal angle and hamstrings spasticity during childhood in ambulant children with spastic bilateral cerebral palsy. A register-based cohort study. *BMC pediatrics*, 20(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12887-019-1891-y>
38. Franki, I., Desloovere, K., De Cat, J., Feys, H., Molenaers, G., Calders, P., Vanderstraeten, G., Himpens, E., & Van Broeck, C. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *Journal of rehabilitation medicine*, 44(5), 385–395. <https://doi.org/10.2340/16501977-0983>
39. Franjoine, M. R., Gunther, J. S., & Taylor, M. J. (2003). Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Pediatric physical therapy: the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 15(2), 114–128. <https://doi.org/10.1097/01.PEP.0000068117.48023.18>
40. Friedman, B. C., & Goldman, R. D. (2011). Use of botulinum toxin A in management of children with cerebral palsy. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*, 57(9), 1006–1073.

41. Gajdosik, C. G., & Cicirello, N. (2001). Secondary conditions of the musculoskeletal system in adolescents and adults with cerebral palsy. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 21(4), 49–68. https://doi.org/10.1300/j006v21n04_04
42. van Gelder, L., Booth, A., van de Port, I., Buizer, A. I., Harlaar, J., & van der Krogt, M. M. (2017). Real-time feedback to improve gait in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 52, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.021>
43. Gilardi, F., De Falco, F., Casasanta, D., Andellini, M., Gazzellini, S., Petrarca, M., Morocutti, A., Lettori, D., Ritrovato, M., Castelli, E., Raponi, M., Magnavita, N., & Zaffina, S. (2020). Robotic Technology in Pediatric Neurorehabilitation. A Pilot Study of Human Factors in an Italian Pediatric Hospital. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3503. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103503>
44. Gilson, K. M., Davis, E., Reddihough, D., Graham, K., & Waters, E. (2014). Quality of life in children with cerebral palsy: implications for practice. *Journal of child neurology*, 29(8), 1134–1140. <https://doi.org/10.1177/0883073814535502>
45. Graham, H. K., Thomason, P., Willoughby, K., Hastings-Ison, T., Stralen, R. V., Dala-Ali, B., Wong, P., & Rutz, E. (2021). Musculoskeletal Pathology in Cerebral Palsy: A Classification System and Reliability Study. *Children (Basel, Switzerland)*, 8(3), 252. <https://doi.org/10.3390/children8030252>
46. Hadders-Algra M. (2014). Early diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *Frontiers in neurology*, 5, 185. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00185>
47. Han, Y. G., & Yun, C. K. (2020). Effectiveness of treadmill training on gait function in children with cerebral palsy: meta-analysis. *Journal of exercise rehabilitation*, 16(1), 10–19. <https://doi.org/10.12965/jer.1938748.374>
48. Hanna, S. E., Rosenbaum, P. L., Bartlett, D. J., Palisano, R. J., Walter, S. D., Avery, L., & Russell, D. J. (2009). Stability and decline in gross motor function among children and youth with cerebral palsy aged 2 to 21 years. *Developmental medicine and child neurology*, 51(4), 295–302. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03196.x>
49. Hanssen, B., Peeters, N., Vandekerckhove, I., De Beukelaer, N., Bar-On, L., Molenaers, G., ... Desloovere, K. (2021). The Contribution of Decreased Muscle Size to Muscle Weakness in Children With Spastic Cerebral Palsy. *Frontiers in Neurology*, 12, [692582] <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.692582>
50. Hocoma- Lokomat (2022). <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/modules/>
51. Inguaggiato, E., Sgandurra, G., Perazza, S., Guzzetta, A., & Cioni, G. (2013). Brain reorganization following intervention in children with congenital hemiplegia: a systematic review. *Neural plasticity*, 2013, 356275. <https://doi.org/10.1155/2013/356275>
52. Lundkvist Josenby, A., Jarnlo, G. B., Gummesson, C., & Nordmark, E. (2009). Longitudinal construct validity of the GMFM-88 total score and goal total score and the GMFM-66 score in a 5-year follow-up study. *Physical therapy*, 89(4), 342–350. <https://doi.org/10.2522/ptj.20080037>

53. Klobucká, S., Kovac, M., Ziakova, E. Klobucký, R. (2013). Effect of Robot-Assisted Treadmill Training on Motor Functions Depending on Severity of Impairment in Patients with Bilateral Spastic Cerebral Palsy, *Journal of Rehabilitation robotics* 1, 71-81.
54. Klobucká, S., Klobucký, R., & Kollár, B. (2020). Effect of robot-assisted gait training on motor functions in adolescent and young adult patients with bilateral spastic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 47(4), 495–508. <https://doi.org/10.3233/nre-203102>
55. Klobucká, S., Klobucký, R., & Kollár, B. (2021). The effect of patient-specific factors on responsiveness to robot-assisted gait training in patients with bilateral spastic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*, 49(3), 375–389. <https://doi.org/10.3233/NRE-210130>
56. Ko, J., & Kim, M. (2013). Reliability and responsiveness of the gross motor function measure-88 in children with cerebral palsy. *Physical therapy*, 93(3), 393–400. <https://doi.org/10.2522/ptj.20110374>
57. Korzeniewski, S. J., Birbeck, G., DeLano, M. C., Potchen, M. J., & Paneth, N. (2008). A systematic review of neuroimaging for cerebral palsy. *Journal of child neurology*, 23(2), 216–227. <https://doi.org/10.1177/0883073807307983>
58. Krasnik, R. (2016). *Kvalitet života kod dece i omladine sa cerebralnom paralizom*, [doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu]. NaRDuS <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/5920>
59. Lefmann, S., Russo, R., & Hillier, S. (2017). The effectiveness of robotic-assisted gait training for paediatric gait disorders: systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0214-x>
60. Levac, D, Sveistrup, H. (2014). Motor learning and virtual reality. In: Weiss PL, Keshner EA, Levin MF (Eds.) *Virtual Reality Technologies for Health and Clinical Applications: Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation* (pp. 22–45). Springer.
61. Levangie, P. & Norkin, C. (2005). *Joint structure and function: a comprehensive analysis* (4th ed). Philadelphia: F. A. Davis Company
62. Llamas-Ramos, R., Sánchez-González, J. L., & Llamas-Ramos, I. (2022). Robotic Systems for the Physiotherapy Treatment of Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(9), 5116. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095116>
63. Linsell, L., Malouf, R., Morris, J., Kurinczuk, J. J., & Marlow, N. (2016). Prognostic factors for cerebral palsy and motor impairment in children born very preterm or very low birthweight: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*, 58(6), 554–569. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12972>
64. Liptak G. S. (2008). Health and well-being of adults with cerebral palsy. *Current opinion in neurology*, 21(2), 136–142. <https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e3282f6a499>

65. Livingston, M. H., Rosenbaum, P. L., Russell, D. J., & Palisano, R. J. (2007). Quality of life among adolescents with cerebral palsy: what does the literature tell us?. *Developmental medicine and child neurology*, 49(3), 225–231. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00225.x>
66. Lokomat Pro. (2017). *Augmented Performance Feedback Supplement*, Hocoma AG, 1-31.
67. MacLennan, A. H., Thompson, S. C., & Gecz, J. (2015). Cerebral palsy: causes, pathways, and the role of genetic variants. *American journal of obstetrics and gynecology*, 213(6), 779–788. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.05.034>
68. Manikowska, F., Brazevic, S., Krzyńska, A., & Jóźwiak, M. (2021). Effects of Robot-Assisted Therapy on Gait Parameters in Pediatric Patients with Spastic Cerebral Palsy. *Frontiers in neurology*, 12, 724009. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.724009>
69. Makris, T., Dorstyn, D., & Crettenden, A. (2021). Quality of life in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review with meta-analysis. *Disability and rehabilitation*, 43(3), 299–308. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1623852>
70. Meyer-Heim, A., & van Hedel, H. J. (2013). Robot-assisted and computer-enhanced therapies for children with cerebral palsy: current state and clinical implementation. *Seminars in pediatric neurology*, 20(2), 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2013.06.006>
71. Meyer-Heim, A., Ammann-Reiffer, C., Schmartz, A., Schäfer, J., Sennhauser, F. H., Heinen, F., Knecht, B., Dabrowski, E., & Borggraefe, I. (2009). Improvement of walking abilities after robotic-assisted locomotion training in children with cerebral palsy. *Archives of disease in childhood*, 94(8), 615–620. <https://doi.org/10.1136/adc.2008.145458>
72. Molenaers, G., Desloovere, K., Fabry, G., & De Cock, P. (2006). The effects of quantitative gait assessment and botulinum toxin on musculoskeletal surgery in children with cerebral palsy. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 88(1), 161–170. <https://doi.org/10.2106/JBJS.C.01497>
73. Moll, I., Vles, J., Soudant, D., Witlox, A., Staal, H. M., Speth, L., Janssen-Potten, Y., Coenen, M., Koudijs, S. M., & Vermeulen, R. J. (2017). Functional electrical stimulation of the ankle dorsiflexors during walking in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*, 59(12), 1230–1236. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13501>
74. Morrison, S. (2011). Financial Feasibility of Robotics in Neurorehabilitation, *Spinal Cord Injury Rehabil* 17 (1): 77–81. <https://doi.org/10.1310/sci1701-77>
75. Munera, M., Marroquin, A., Jimenez, L., Lara, J. S., Gomez, C., Rodriguez, S., Rodriguez, L. E., & Cifuentes, C. A. (2017, 17-20 July). *Lokomat therapy in Colombia: Current state and cognitive aspects* (pp. 394–399). IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). London, England. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2017.8009279>

76. Nordmark, E., Hägglund, G., Lauge-Pedersen, H., Wagner, P., & Westbom, L. (2009). Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC medicine*, 7, 65. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-7-65>
77. Novak, I., Hines, M., Goldsmith, S., & Barclay, R. (2012). Clinical prognostic messages from a systematic review on cerebral palsy. *Pediatrics*, 130(5), e1285–e1312. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0924>
78. Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., Te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current neurology and neuroscience reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
79. Oeffinger, D., Bagley, A., Rogers, S., Gorton, G., Kryscio, R., Abel, M., Damiano, D., Barnes, D., & Tylkowski, C. (2008). Outcome tools used for ambulatory children with cerebral palsy: responsiveness and minimum clinically important differences. *Developmental medicine and child neurology*, 50(12), 918–925. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03150.x>
80. Opheim, A., Jahnsen, R., Olsson, E., & Stanghelle, J. K. (2009). Walking function, pain, and fatigue in adults with cerebral palsy: a 7-year follow-up study. *Developmental medicine and child neurology*, 51(5), 381–388. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03250.x>
81. Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jetté, N., & Pringsheim, T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental medicine and child neurology*, 55(6), 509–519. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12080>
82. Olmos-Gómez, R., Gómez-Conesa, A., Calvo-Muñoz, I., & López-López, J. A. (2021). Effects of Robotic-Assisted Gait Training in Children and Adolescents with Cerebral Palsy: A Network Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 10(21), 4908. <https://doi.org/10.3390/jcm10214908>
83. Palisano, R., Orlin, M. (2017). *Campbell's Physical Therapy for Children* (5th ed.) Missouri: Elsevier Saunders.
84. Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 39(4), 214–223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>
85. Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental medicine and child neurology*, 50(10), 744–750. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x>

86. Paneth N. (2008). Establishing the diagnosis of cerebral palsy. *Clinical obstetrics and gynecology*, 51(4), 742–748. <https://doi.org/10.1097/GRF.0b013e318187081a>
87. Patritti, B., Sicari, M., Deming, L., Romaguera, F., Pelliccio, M., Benedetti, M. G., Nimec, D., & Bonato, P. (2010). Enhancing robotic gait training via augmented feedback. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2010*, 2271–2274. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627707>
88. Peri, E., Turconi, A. C., Biffi, E., Maghini, C., Panzeri, D., Morganti, R., Pedrocchi, A., & Gagliardi, C. (2017). Effects of dose and duration of Robot-Assisted Gait Training on walking ability of children affected by cerebral palsy. *Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 25(4), 671–681. <https://doi.org/10.3233/THC-160668>
89. Papageorgiou, E., Simon-Martinez, C., Molenaers, G., Ortibus, E., Van Campenhout, A., & Desloovere, K. (2019). Are spasticity, weakness, selectivity, and passive range of motion related to gait deviations in children with spastic cerebral palsy? A statistical parametric mapping study. *PloS one*, 14(10), e0223363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223363>
90. Pantzar-Castilla, E., Wretenberg, P., & Riad, J. (2021). Knee flexion contracture impacts functional mobility in children with cerebral palsy with various degree of involvement: a cross-sectional register study of 2,838 individuals. *Acta orthopaedica*, 92(4), 472–478. <https://doi.org/10.1080/17453674.2021.1912941>
91. Pool, D., Elliott, C., Bear, N., Donnelly, C. J., Davis, C., Stannage, K., Valentine, J. (2016). Neuromuscular electrical stimulation-assisted gait increases muscle strength and volume in children with unilateral spastic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 58(5), 492–501. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12955>
92. Pool, D., Elliott C., Willis, C., Thornton, A. (2021). The Experience of Locomotor Training From the Perspectives of Therapists and Parents of Children With Cerebral Palsy, *Frontiers in Rehabil. Sciences* (2) 1-12. <http://dx.doi.org/10.3389/fresc.2021.740426>
93. Rapaić, D., Nedović, G. (2011). *Cerebralna paraliza -praksičke i kognitivne funkcije*. Univerzitet u Beogradu- Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju.
94. Ravi, D. K., Kumar, N., & Singhi, P. (2017). Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy*, 103(3), 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.08.004>
95. Ricardo, D., Raposo, M. R., Cruz, E. B., Oliveira, R., Carnide, F., Veloso, A. P., & João, F. (2021). Effects of Ankle Foot Orthoses on the Gait Patterns in Children with Spastic Bilateral Cerebral Palsy: A Scoping Review. *Children (Basel, Switzerland)*, 8(10), 903. <https://doi.org/10.3390/children8100903>

96. Rodda, J. M., Graham, H. K., Nattrass, G. R., Galea, M. P., Baker, R., & Wolfe, R. (2006). Correction of severe crouch gait in patients with spastic diplegia with use of multilevel orthopaedic surgery. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 88(12), 2653–2664. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00993>
97. Rodda, J. M., Graham, H. K., Carson, L., Galea, M. P., & Wolfe, R. (2004). Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 86(2), 251–258. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b2.13878>
98. Romeo, D. M., Sini, F., Brogna, C., Albamonte, E., Ricci, D., & Mercuri, E. (2016). Sex differences in cerebral palsy on neuromotor outcome: a critical review. *Developmental medicine and child neurology*, 58(8), 809–813. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13137>
99. Ross, S. A., & Engsberg, J. R. (2002). Relation between spasticity and strength in individuals with spastic diplegic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 44(3), 148–157. <https://doi.org/10.1017/s0012162201001852>
100. Rosenbaum, P. L., Walter, S. D., Hanna, S. E., Palisano, R. J., Russell, D. J., Raina, P., Wood, E., Bartlett, D. J., Galuppi, B. E. (2002). Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *JAMA*, 288(11), 1357–1363. <https://doi.org/10.1001/jama.288.11.1357>
101. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., & Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology. Supplement*, 109, 8–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17370477/>
102. Rosenbaum, P., & Gorter, J. W. (2012). The 'F-words' in childhood disability: I swear this is how we should think!. *Child: care, health and development*, 38(4), 457–463. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01338.x>
103. Rosenbaum, P. L. (2020). Childhood Disability and Participation in the 21 st Century. In Imms, C., Green, D (Eds), *Participation- Optimising Outcomes in Childhood Onset Neurodisability* (chapter 19) Mac Keith Press.
104. Russell, D. J., & Gorter, J. W. (2005). Assessing functional differences in gross motor skills in children with cerebral palsy who use an ambulatory aid or orthoses: can the GMFM-88 help? *Developmental medicine and child neurology*, 47(7), 462–467. <https://doi.org/10.1017/s0012162205000897>
105. Russell, D. J., Rosenbaum, P. L., Cadman, D. T., Gowland, C., Hardy, S., & Jarvis, S. (1989). The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental medicine and child neurology*, 31(3), 341–352. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1989.tb04003.x>
106. Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., & Kopyta, I. (2020). Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 16, 1505–1518. <https://doi.org/10.2147/NDT.S235165>

- 107.Sanger, T. D., Chen, D., Delgado, M. R., Gaebler-Spira, D., Hallett, M., Mink, J. W., & Taskforce on Childhood Motor Disorders (2006). Definition and classification of negative motor signs in childhood. *Pediatrics*, 118(5), 2159–2167. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-3016>
- 108.Sucuoglu H. (2020). Effects of robot-assisted gait training alongside conventional therapy on the development of walking in children with cerebral palsy. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*, 13(2), 127–135. <https://doi.org/10.3233/PRM-180541>
- 109.Sulzer, J., & Karfeld-Sulzer, L. S. (2021). Our child's TBI: a rehabilitation engineer's personal experience, technological approach, and lessons learned. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00862-y>
- 110.Sutherland, D. (1997). The development of mature gait, *Gait& Posture* 6 (2), 163-170.
- 111.Schroeder, A. S., Von Kries, R., Riedel, C., Homburg, M., Auffermann, H., Blaschek, A., Jahn, K., Heinen, F., Borggraefe, I., & Berweck, S. (2014). Patient-specific determinants of responsiveness to robot-enhanced treadmill therapy in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 56(12), 1172–1179. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12564>
- 112.Schroeder, A. S., Homburg, M., Warken, B., Auffermann, H., Koerte, I., Berweck, S., Jahn, K., Heinen, F., & Borggraefe, I. (2014). Prospective controlled cohort study to evaluate changes of function, activity and participation in patients with bilateral spastic cerebral palsy after Robot-enhanced repetitive treadmill therapy. *European journal of paediatric neurology: EJPN: official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 18(4), 502–510. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2014.04.012>
- 113.Shelly, A., Davis, E., Waters, E., Mackinnon, A., Reddihough, D., Boyd, R., Reid, S., & Graham, H. K. (2008). The relationship between quality of life and functioning for children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50(3), 199–203. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.02031.x>
- 114.Singleton, C., Jones, H., Maycock, L. (2019). Funcional electrical stimulation (FES) for children and young people with cerebral palsy, *Paediatric and Child Health*. 29: 11, 498-502.
- 115.Spittle, A. J., Doyle, L. W., & Boyd, R. N. (2008). A systematic review of the clinimetric properties of neuromotor assessments for preterm infants during the first year of life. *Developmental medicine and child neurology*, 50(4), 254–266. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.02025.x>
- 116.Spiess, M.R., Colombo, G. (2017). Intensity: What rehabilitation technology can add to the subject. *Neurol and Rehabilitation*. 23(1), 53-56.
- 117.Smania, N., Bonetti, P., Gandolfi, M., Cosentino, A., Waldner, A., Hesse, S., Werner, C., Bisoffi, G., Geroin, C., & Munari, D. (2011). Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 90(2), 137–149. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318201741e>

118. Smits, D. W., Gorter, J. W., Hanna, S. E., Dallmeijer, A. J., van Eck, M., Roebroek, M. E., Vos, R. C., Ketelaar, M., & PERRIN Plus Study Group (2013). Longitudinal development of gross motor function among Dutch children and young adults with cerebral palsy: an investigation of motor growth curves. *Developmental medicine and child neurology*, 55(4), 378–384. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12083>
119. Stavsky, M., Mor, O., Mastrolia, S. A., Greenbaum, S., Than, N. G., & Erez, O. (2017). Cerebral Palsy-Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention. *Frontiers in pediatrics*, 5, 21. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00021>
120. Storm, F. A., Petrarca, M., Beretta, E., Strazzer, S., Piccinini, L., Maghini, C., Panzeri, D., Corbetta, C., Morganti, R., Reni, G., Castelli, E., Frascarelli, F., Colazza, A., Cordone, G., & Biffi, E. (2020). Minimum Clinically Important Difference of Gross Motor Function and Gait Endurance in Children with Motor Impairment: A Comparison of Distribution-Based Approaches. *BioMed research international*, 2020, 2794036. <https://doi.org/10.1155/2020/2794036>
121. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE). *Developmental medicine and child neurology*, 42(12), 816–824. <https://doi.org/10.1017/s0012162200001511>
122. Thompson, N., Stebbins, J., Seniorou, M., & Newham, D. (2011). Muscle strength and walking ability in diplegic cerebral palsy: implications for assessment and management. *Gait & posture*, 33(3), 321–325. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.10.091>
123. Thompson, P., Beath, T., Bell, J., Jacobson, G., Phair, T., Salbach, N. M., & Wright, F. V. (2008). Test-retest reliability of the 10-metre fast walk test and 6-minute walk test in ambulatory school-aged children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50(5), 370–376. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.02048.x>
124. Tripathy, S., & Myatra, S. N. (2020). Are the instruments for quality of life assessment comparable between cultures? No. *Intensive care medicine*, 46(9), 1746–1748. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06007-4>
125. van Dellen, F., & Labruyère, R. (2022). Settings matter: a scoping review on parameters in robot-assisted gait therapy identifies the importance of reporting standards. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 19(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01017-3>
126. van Hedel, H. J., Meyer-Heim, A., & Rüschoft, C. (2016). Robot-assisted gait training might be beneficial for more severely affected children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, 19(6), 410–415. <https://doi.org/10.3109/17518423.2015.1017661>
127. van Hedel, H., Severini, G., Scarton, A., O'Brien, A., Reed, T., Gaebler-Spira, D., Egan, T., Meyer-Heim, A., Graser, J., Chua, K., Zutter, D., Schweinfurther, R., Möller, J. C.,

- Paredes, L. P., Esquenazi, A., Berweck, S., Schroeder, S., Warken, B., Chan, A., Devers, A., ... ARTIC network (2018). Advanced Robotic Therapy Integrated Centers (ARTIC): an international collaboration facilitating the application of rehabilitation technologies. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0366-y>
128. van Vulpen, L. F., de Groot, S., Rameckers, E., Becher, J. G., & Dallmeijer, A. J. (2017). Improved Walking Capacity and Muscle Strength After Functional Power-Training in Young Children With Cerebral Palsy. *Neurorehabilitation and neural repair*, 31(9), 827–841. <https://doi.org/10.1177/1545968317723750>
129. Vinson, J., Shank, L., Thomas, P. D., & Warschausky, S. (2010). Self-generated Domains of Quality of Life in Children with and Without Cerebral Palsy. *Journal of developmental and physical disabilities*, 22(5), 497–508. <https://doi.org/10.1007/s10882-010-9187-z>
130. Waters, E., Maher, E., Salmon, L., Reddiough, D., & Boyd, R. (2005). Development of a condition-specific measure of quality of life for children with cerebral palsy: empirical thematic data reported by parents and children. *Child: care, health and development*, 31(2), 127–135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2004.00476.x>
131. Waters, E., Davis, E., Mackinnon, A., Boyd, R., Graham, H. K., Kai Lo, S., Wolfe, R., Stevenson, R., Bjornson, K., Blair, E., Hoare, P., Ravens-Sieberer, U., & Reddiough, D. (2007). Psychometric properties of the quality of life questionnaire for children with CP. *Developmental medicine and child neurology*, 49(1), 49–55. <https://doi.org/10.1017/s0012162207000126.x>
132. Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2017). Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology: EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 21(3), 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2017.01.012>
133. Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2018). Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 60, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.11.007>
134. Weiss, P. L., Rand, D., Katz, N., & Kizony, R. (2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-1-12>
135. Weinberger, R., Warken, B., König, H., Vill, K., Gerstl, L., Borggraefe, I., Heinen, F., von Kries, R., Schroeder, A. S. (2019). Three by three weeks of robot-enhanced repetitive gait therapy within a global rehabilitation plan improves gross motor development in children with cerebral palsy: a retrospective cohort study. *European Journal of Paediatric Neurology*, 23 (4), 581–588. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2019.05.003>
136. Wimalasundera, N., & Stevenson, V. L. (2016). Cerebral palsy. *Practical neurology*, 16(3), 184–194. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2015-001184>

137. Winchester, P., & Querry, R. (2006). Robotic orthoses for body weight-supported treadmill training. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 17(1), 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.10.008>
138. Wingstrand, M., Hägglund, G., & Rodby-Bousquet, E. (2014). Ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: a cross sectional population based study of 2200 children. *BMC musculoskeletal disorders*, 15, 327. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-327>
139. Winters, T. F., Jr, Gage, J. R., & Hicks, R. (1987). Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 69(3), 437–441. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3818706/>
140. Wimalasundera, N., & Stevenson, V. L. (2016). Cerebral palsy. *Practical neurology*, 16(3), 184–194. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2015-001184>
141. World Health Organization (2001). International classification of function, disability, and health. *Geneva. World Health Organization*.
142. Wong, A. M., Chen, C. L., Chen, C. P., Chou, S. W., Chung, C. Y., & Chen, M. J. (2004). Clinical effects of botulinum toxin A and phenol block on gait in children with cerebral palsy. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 83(4), 284–291. <https://doi.org/10.1097/01.phm.0000118038.02326.ca>
143. Wu, M., Kim, J., Arora, P., Gaebler-Spira, D. J., & Zhang, Y. (2017). Effects of the Integration of Dynamic Weight Shifting Training into Treadmill Training on Walking Function of Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 96(11), 765–772. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000776>
144. Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic bulletin & review*, 23(5), 1382–1414. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0999-9>
145. Yasar, B., Atıcı, E., Razaeei, D.A., Saldıran, T. (2021). Effectiveness of Robot-Assisted Gait Training on Functional Skills in Children with Cerebral Palsy. *J. Pediatr. Neurol.* <http://dx.doi.org/10.1055/s-0041-1725128>
146. Yazıcı, M., Livanelioğlu, A., Gücüyener, K., Tekin, L., Sümer, E., & Yakut, Y. (2019). Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy. *Gait & posture*, 70, 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.03.017>
147. Yi, S. H., Hwang, J. H., Kim, S. J., & Kwon, J. Y. (2012). Validity of pediatric balance scales in children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*, 43(6), 307–313. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327774>

148. Zak, E., (2010). A practical guide for use LOKOMAT in children- monograph, *Wydanie*, 3-67.
149. Žarković, D., Šorfova, M., Tufano, J. J., Kutílek, P., Vítečková, S., Ravnik, D., Groleger-Sršen, K., Cikajlo, I., & Otáhal, J. (2021). Gait changes following robot-assisted gait training in children with cerebral palsy. *Physiological research*, 70(S3), S397–S408. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934840>

ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Дозвола за истраживање

Zayed Higher Organization
for People of Determination



مؤسسة زايد العليا
للأشخاص ذوي الهمم

Date: 01/09/2020
Ref. No: 122/GSO/ZHO/2020

Dear Dr. Daryl Archibald Cornish
Director of Fatima College of Health Sciences (FCHS)



Subject: Collaborative Research Project between Fatima College of Health Sciences (FCHS) and Zayed Higher Organisation (ZHO) for People of Determination (POD) United Arab Emirates

Please accept our heartiest greeting on the beginning of the new academic year. May God grant you every success in this year.

With reference to the above-mentioned topic, I am writing to acknowledge the support extended by Healthcare Department in ZHO to conduct a collaborative research project titled 'Robotic Assisted Gait Training in Cerebral Palsy'. The participant recruitment and data collection for this collaborative project will take place at ZHO for POD. The ethical approval for the project will be obtained from FCHS. The investigators for this project will be from both the institutions and work collaboratively on this project. The principle investigator of this project, Mrs. Dragana Duric who is an academic staff of FCHS and is a PhD candidate at Faculty of Special Education and Rehabilitation, University of Belgrade. I hereby grant permission for Mrs. Duric who requested to conduct this research as her PhD project under the guidance of Dr Muhammad Al Jarrah, who also a Co-principle investigator of this project.


Abdulla A. Al Humaidan



Secretary General



رؤيتنا: حقوق متكافئة تعمق السعادة والتمكين المجتمعي للأشخاص من أصحاب الهمم.

هاتف: +971 2 3056666, فاكس: +971 2 4418092, P.O. Box 35444, Abu Dhabi, UAE. الإمارات العربية المتحدة. ص ب 35444 أبو ظبي.

www.zho.ae @zhocare

Прилог 2. Одобрење етичког одбора за истраживање



Fatima College Research Ethics Committee (REC)

Date: 20/09/2020

Main Researcher name and address details

Efficacy of Robotic Assisted Gait Training and Hydrotherapy in People of Determination

Dear Dr. Dragana Duric

Re: Ethics approval for research – Research Ethics application (INTSTF018PHY20)

The Ethics Committee is pleased to inform you that your application has been approved. The members agreed that the research depicts a low-risk, which should not raise any reasonable concerns for objection.

We wish you success in your research project and future endeavors.

Yours sincerely,

Signature

Dr. Ahmad Saifan

Chair, FCHS Research Ethics Committee



Consent form to agree to participate in scientific research

Parent or guardian name:

Relationship to participant:

Name of the participant:

ID number in ZHO:

Address:

Mobile:

Accordingly, we declare the following:

- Our agreement to the participation of our son / daughter in the medical / rehabilitative research, as stated in this document.
- We declare that our son / daughter is not participating / in any other medical research whatever it is at the time of signing this document, and we are fully committed not to participate in other research during the entire research period.
- That all necessary clarification has been made by the first supervisor about the research, and we confirm that the researchers are suitable to conduct this research.
- Full commitment to participate in this research until its end and at any time, if there is no prejudice to our rights to receive appropriate treatment for the participant in this research.
- The information related to the search will be at the disposal of researchers in forms in which the name and identity is hidden.



- We also confirm that we maintain complete confidentiality regarding the identity of the participant and the identity of the family / guardian, and no information about it will be publish even in scientific publications.

Hereby, I declare that my above consent was entirely of my own free will and I was aware of all that was said above.

I pledge to inform the parent of the child of my consent.

Accordingly, we declare our agreement to the above with our full well, awareness of what has been written above, and we have received a copy of this form.

The name of the guardian of the participant:

Signature: _____

Date: _____

Прилог 4. Локомат извештај

LOKOMAT PATIENT REPORT

Name and surname:

10/26/2020 - 11/29/2020

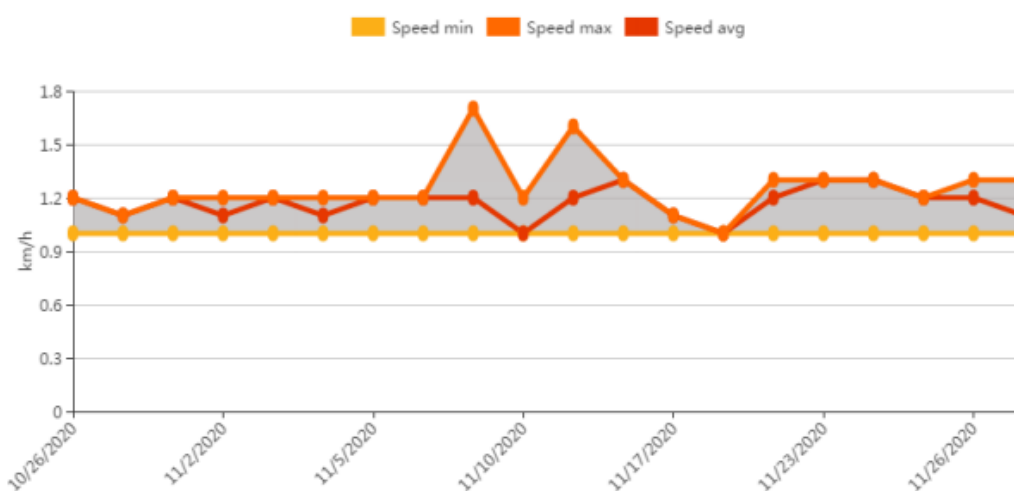


Date of Birth:	1/24/2017	Weight:	15 kg
Gender:	m	Training sessions:	20
Pathology:	Cerebral Palsy		

LOKOMAT TRAINING

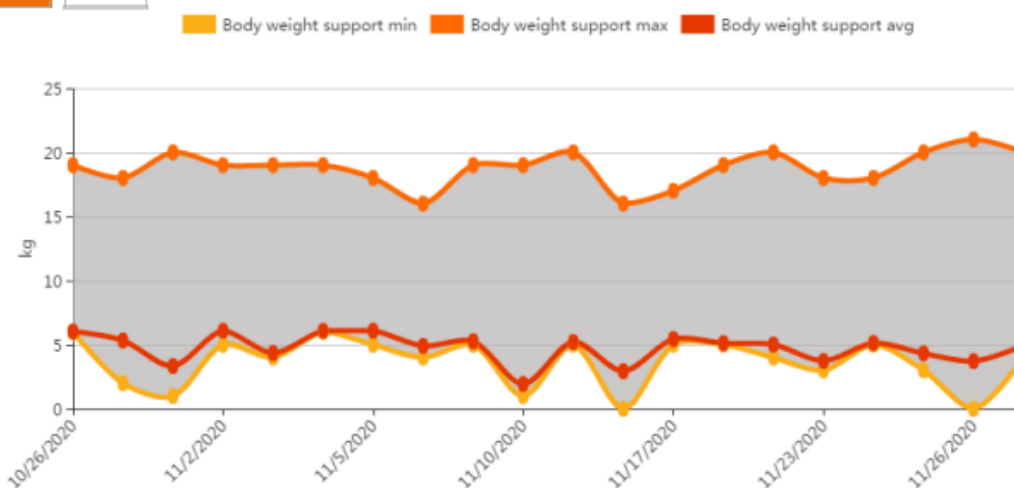
Speed

avg Speed Change, first/last session: -7%



Body weight support

avg Body weight support Change, first/last session: -18%



LOKOMAT PATIENT REPORT

Name and surname:

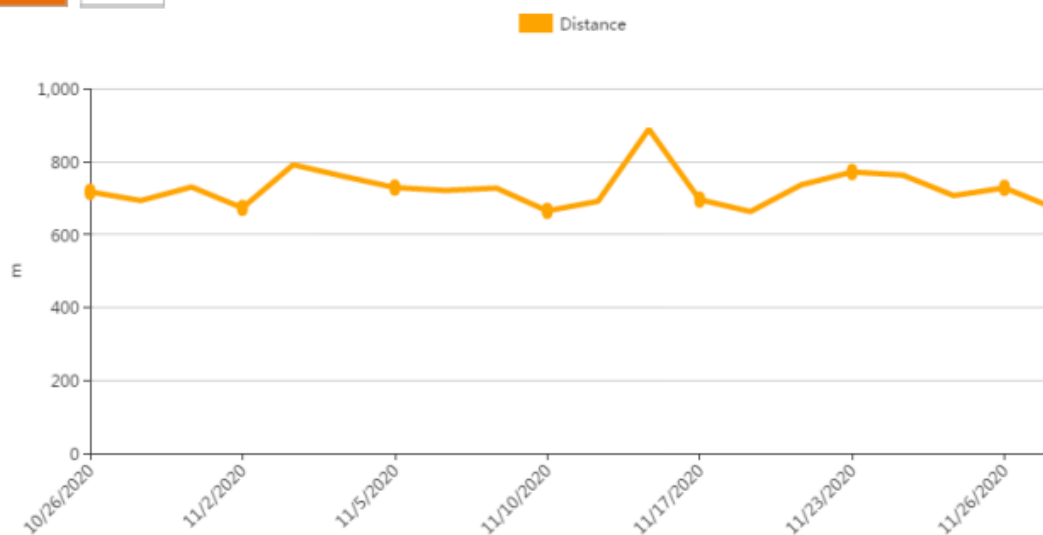
10/26/2020 - 11/29/2020



Distance

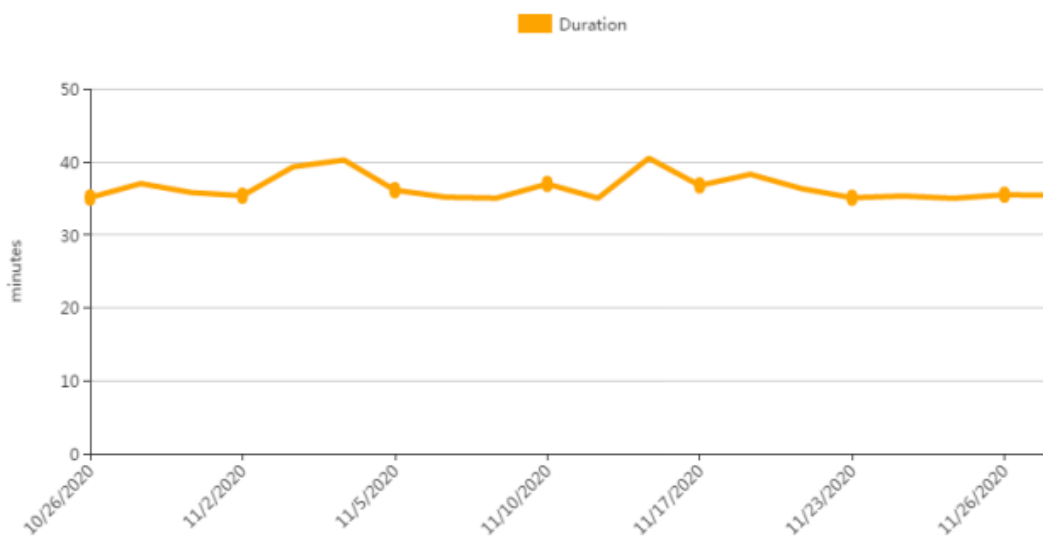
meters steps

Distance Change, first/last session:-6%



Duration

Duration Change, first/last session:+1%



LOKOMAT PATIENT REPORT

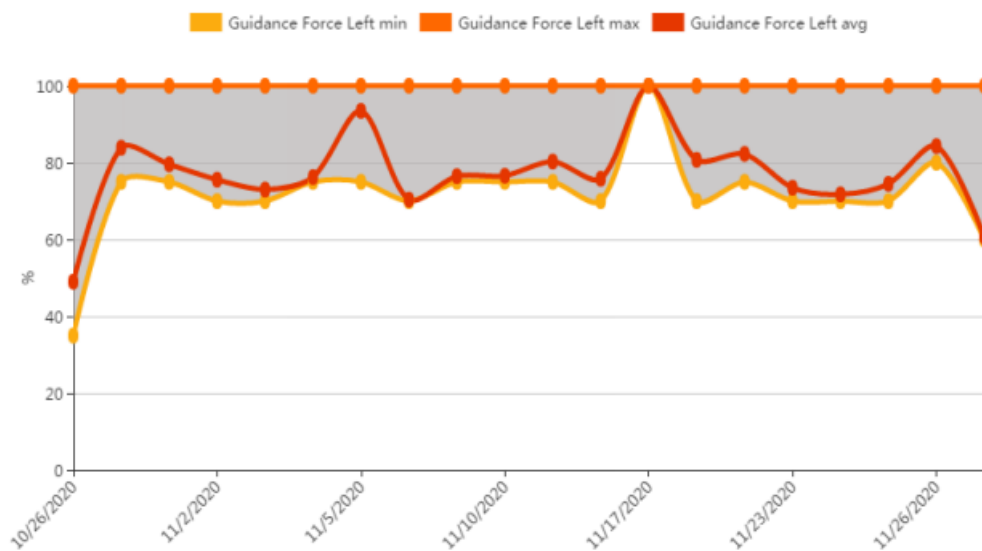
Name and surname:

10/26/2020 - 11/29/2020

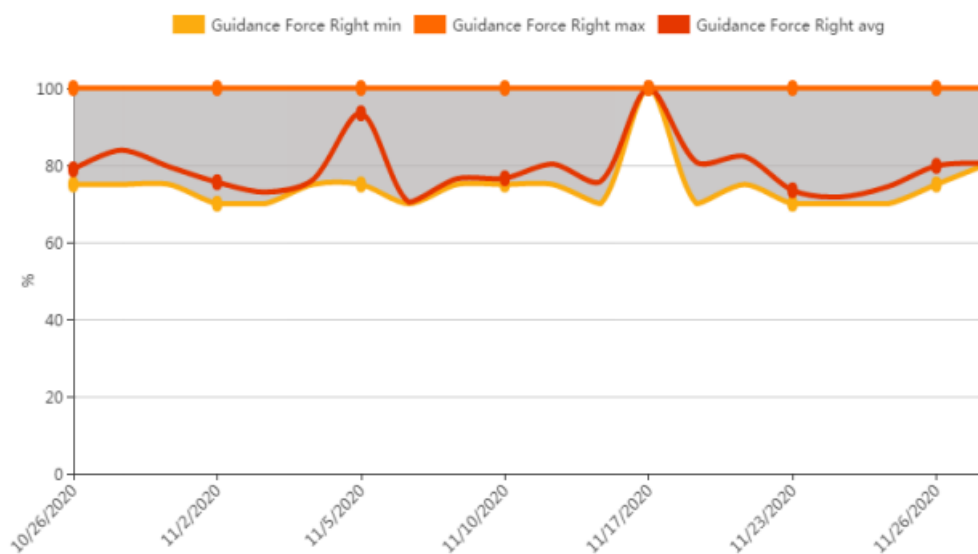


Guidance Force

avg Guidance Force Change, first/last session: +24%



avg Guidance Force Change, first/last session: +2%



Прилог 5. Протокол традиционалног тренинга

Истезање 5 минута	Јачање 20 минута	Баланс 5 минута	Тренинг хода 10 минута
☐ Iliopsoas ☐ Hamstrings ☐ Gastrocnemius ☐ Adductors ☐ Soleus ☐ Quadriceps (пасивно истезање спастичних мишића од минимално 30 сек. задржавања)	☐ Изометријска контракција ☐ Изоловано јачање мишића у хоризонталној позицији Thera band траком - 3 сета 8-12 понављања уколико је оцена мишића 2 ☐ Изоловано јачање мишића у антигравитарној позицији Thera band траком - 3 сета 8-12 понављања уколико је оцена мишића већа од 3 ☐ Јачање трупа ☐ Јачање абдоминалне мускулатуре ☐ Функционално јачање (устајање са столице, чучањ) ☐ Стационарни бицикл ☐ Вожња трицикла или бицикла	<u>Положај стајања</u> ☐ Тврда подлога ☐ Мека подлога <u>Клечећи положај</u> ☐ Високо клечећи ☐ Искорак из клечећег <u>Четвороножни положај</u> ☐ Подизање једне руке ☐ Подизање једне ноге ☐ Подизање руке и супротне ноге ☐ Вежбе баланса на лопти	☐ Ход на покретној траци ☐ Ход уназад ☐ Бочни ход ☐ Ход уз стрму раван

Прилог 6. Преглед иностраних студија – Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са ЦП

Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Druzicki (2010)	9	6-14	Билатерална спастична ЦП GMFCS II-III	5 недељно 4 недеље	5 конвенционална терапија-исти интезитет	Испитивање баланса Зебрис платформа-компјутерска анализа
Резултат	Статистичко значајно побољшање баланса у експерименталној групи, побољшање баланса у контролној групи које није статистично значајно. Побољшање симетрије ослонца на ДЕ.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Patritti (2010)	2 учесника GMFCS II, crouch ход 2 GMFCS III са еквинус положајем стопала	Није дат	Билатерална спастична	3 пута недељно 6 недеља 30 min		GMFM – D & E 10 мет 6 мин Компјутерска анализа
Резултат	Значајно поправљање функције GMFCS II у односу на GMFCS III. Побољшање функција обе групе на клиничким тестовима и биомеханици хода. GMFCS III промене само у брзини и издржљивости. Резултати су непромењени и након 3 месеца од третмана.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Borggraefe (2010)	14	8.2+5.4	Билатерална Спастична	4 пута недељно 3 недеље 12 терапија		GMFM – Д и Е
Резултат	Побољшање у димензији Д од 49,5 до 54,4 % ($p=0.08$) и од 38,9 до 42,3 % ($p=0.012$) у димензији Е. Брзина хода се поправила од 0,8 м/с на 1,01 м/с ($p=0.06$). Резултати 6 месеци након тренинга показују просек од 56,8 % за Д и 43.3 за Е и 1,11 м/с за 10 метара тест хода.					

Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Smania (2011)	18		Диплегија тетраплегија	2 недеље 10 третмана 30мин Gait Trainer GT I и 10 мин истезања и пасивних вежби	40 мин конвенциона физиотерапија	10 мет 6 мин WeeFim Компјутерска анализа
Резултат	Значајно повећање брзине, дужине корака, на тесту 10 метара и 6 минута и у кинематици кука које се одржало и 1 месец након третмана. Нема значајних разлика код контролне групе.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Clobucka (2013)	51	4-27 година	Билатерална спастична ЦП	20 третмана 5-6 недеља		GMFM – 88 (A- E) 10 мет 6 мин FAC
Резултат	Статистичко значајно повећање на свим димензијама GMFM-88. Значајно статистичко побољшање на домену А, Б, Ц за децу GFMCS III-IV у односу на ниво I-II. Деца нивоа I-II су више напредовала на GMFM домен Д и Е, али то побољшање Е није статистички значајно. Просек(SD) максималне брзине хода од 0,75 (0,48) до 0,89 (0,52) m/s;просек (SD) 6 минута тест хода 154 (103,21) до 191,21 (114,55) m; просек (SD) FAC од 1,44 (1,22) до 1,89 (1,33) показује статистичку значајност (p= .000).					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Druzicki (2013)	26	6-13	Билатерална спастична GMFCS II-III	4 недеља	9 конвенционал на терапија	Компјутерска анализа
Резултат	Побољшање брзине хода у обе групе, али нема статистично значајне разлике између група. Побољшање симетрије ослонца на ДЕ. Са повећањем обима покрета у куку, брзина хода се повећава ($r = 0,48$, $p = 0,0035$) као и дужина корака ($r = 0,62$, $p = 0,0001$).					

Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Schroeder (2014)	83	4-18	Спастична ЦП (69пацијента) атаксија, херидитарна спастична парепареза, генетички синдроми (14 пацијента)	12 третмана током 3 недеље		GMFM – D & E
Резултат	Значајно побољшање на GMFM-66 (+2.5; 95% CI 2,0–3,0), GMFM-D (+5,2; 95% CI 3,6–6,8), и GMFM-E (+4,0; 95% CI 2,8–5,3). Побољшање GMFM 66 – Д и Е обрнуто у односу на узраст.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Schroeder (2014)	18	5- 21,8	Билатерална спастична	3 недеље 12 третмана 30-60 мин		GMFM -66, D & E COPM
Резултат	Узраст, ниво GMFCS и поновљени блокови терапије корелирају негативно са GMFM али не и са COPM након 8 недеља по престанку третмана.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Meyer -Heim (2009)	22	4.6- 11.7	Билатерална спастична GMFCS II- IV	3-5 недеља 3-5 третмана 45-60 мин	Нема	GMFM – 66 10 мет, 6 мин FAC
Резултат	Значајно статистичко побољшање брзине хода на 10 м тесту, и димензије Д на GMFM – 88. Побољшање на 6-мин. Тест и димензији Е на GMFM без статистичке значајности.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Van Hedel (2016)	67 у периоду 2005-2013	3,9-19,9	Билатерална спастична GMFCS II-IV	3- 5 недељно мултидисциплинарне терапије		GMFM- 66 FAC WeeFIM 10 мет тест 6 минута тест

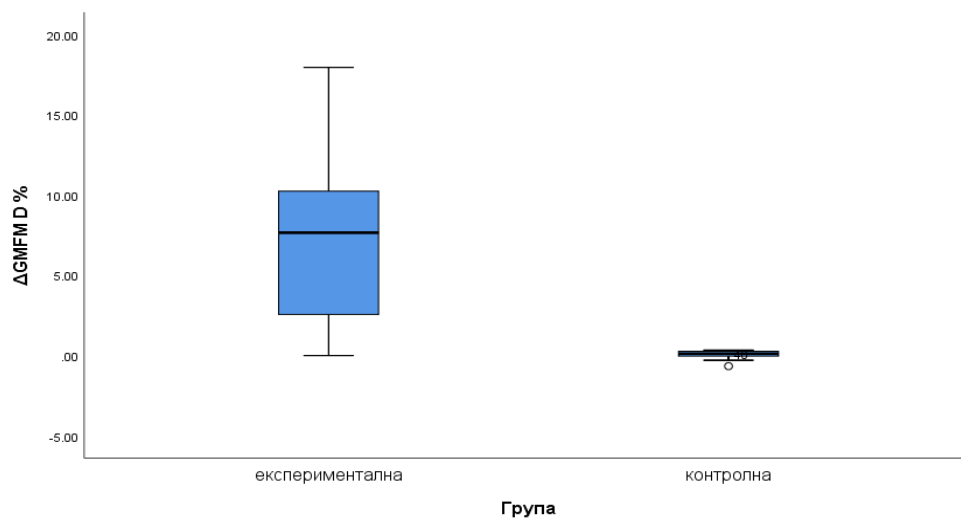
Резултат	Између нивоа нема значајне разлике. Значајно побољшање је остварено код деце нивоа IV на функционалним тестовима хода.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Wu (2017)	23			3 пута недељно 6 недеља	Тренинг на покретној траци	GMFM – D & E 6 минута.
Резултат	Статистичко значајно повећање брзине хода и дистанце на 6 минута тесту за ралику од контролне групе на покретној траци.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	4 групе	Инструменти процене
Walard (2017)	30 14 у експерименталној 16 у контролној	8-10	Билатерална спастична GMFCS II Jump knee gait	20 терапија 5x недељно 40 min	физиотерапија	GMFM – D & E Поправља локомоторну функцију Боља контрола ГЕ
Резултат	Поправља локомоторну функцију. Боља контрола ГЕ и боља постурална контрола и баланса у ходу.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Carvalho (2017)	10 студија 9 студија на Локомату			4 пута недељно 30 мин најмање		GMFM – D & E 10 метара 6 минута
Резултат	Значајно повећање брзине и издржљивости хода. У 7 студија поправља грубу моторичку функцију Најбољи резултати на нивоу GMFCSI- II					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Lefmann (2017)	487 ЗРСТ	5- 17 год	Неуролошки ортопедски проблеми хода GMFCS I- 4 Билатерална, унилатерална, дискинетична			
Резултат	Слаби и непоуздани докази да Локомат тренинг поправља стајање и брзину хода код ЦП.					

Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Peri (2017)	44	4-17	Билатерална спастична	4 недељно 40 третмана	1. Функционални тренинг (ФТ) 2. Локомат 3. Локомат +(ФТ) 4. Индивидуални 5. Локомат +(ФТ)	GMFM – 88 10 метара 6 минута Компјутерска анализа
Резултат	Обе групе са Локоматом и ФТ имају значајно повећање на GMFM и 3 месеца након терапије.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Walard (2018)	30	8-10	Билатерална спастична	5 недељно 20 третмана 40 минута		
Резултат	Поправља шему хода и постуралну и локомоторну функцију $p=0.073$ у експерим. групи наспрот $p=0.048$ у контролној. Локомат је додатна метода која је замењује традиционални третман					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Yazici (2019)	12		Унилатерална	3 недељно 12 недеља <i>Innowalk Pro</i> <i>уређај</i>	12	
Резултат	Промене у балансу, сатурацији кисеоника, брзини хода које су се одржале и 3 месеца по престанку терапије.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Cherni (2019)	17		Спастична билатерална GMFCS I- III	3-5 недеља 3-5 недеља 45-60 мин	Нема	10 метара 6 минута Компјутерска анализа
Резултат	Одлична поузданост Локомат процене L-Force за мерење изометријске снаге флексора кука и екстензора колена код деце нивоа GMFCS II- III.					

Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Weinberger (2019)	20	5,9 просечне старости	Билатерална Спастична GMFCS II – IV	4 пута недељно 3 недеље 12 терапија 3 блока током 21 месеци		GMFM – 66
Резултат	Током 21 месеца кумулативни ефекат је 6,5 (CI: [4,8; 8,2]) на GMFM 66, који представља клинички значајну величину ефеката од 3,6 (CI: [1.4; 5.8]) која је изнад очекивања.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Clobucka (2020)	21	21.2+ 5.33	Билатерална Спастична	4-6 недеља 3-5 пута недељно 20 терапија	26 - конвенционал на терапија	GMFM – 88
Резултат	У димензијама А-Е значајно повећање као и на збирном скору GMFM – 88 ($p < 0.001$). Ефикасност терапије се одржала 3-4 месеци за експерименталну групу.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Ammon-Reiffer (2020)	16	11.3 просечне старости	Билатерална Спастична GMFCS II – III	3 пута недељно 5 недеља 45 минута трајања	конвенционал на терапија	GMFM – 66 10 метара 6 минута
Резултат	GMFM Е медијан скор $\square 0,7$ ($\square 2,8$ до 3,5) после Локомата и 0 ($\square 2,4$ до 2,4) конвенционална терапија. Нема значајности на GMFM Е у обе групе, у два мерена периода након терапија и 5 недеља по престанку терапија.					
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
Cherni (2020)	24	7-20 година	Билатерална Спастична GMFCS II – III	12 недеља 2 пута недељно 24 третмана	Не	Компјутерска анализа хода
Резултат	Поузданост L-Force процене. Статистичко значајно повећање мишићне снаге флексора кука и екстензора колена. Значајно повећање брзине хода, издржљивости хода и дужине искорака. Издржљивост се одржала 6 месеци након поновне процене.					

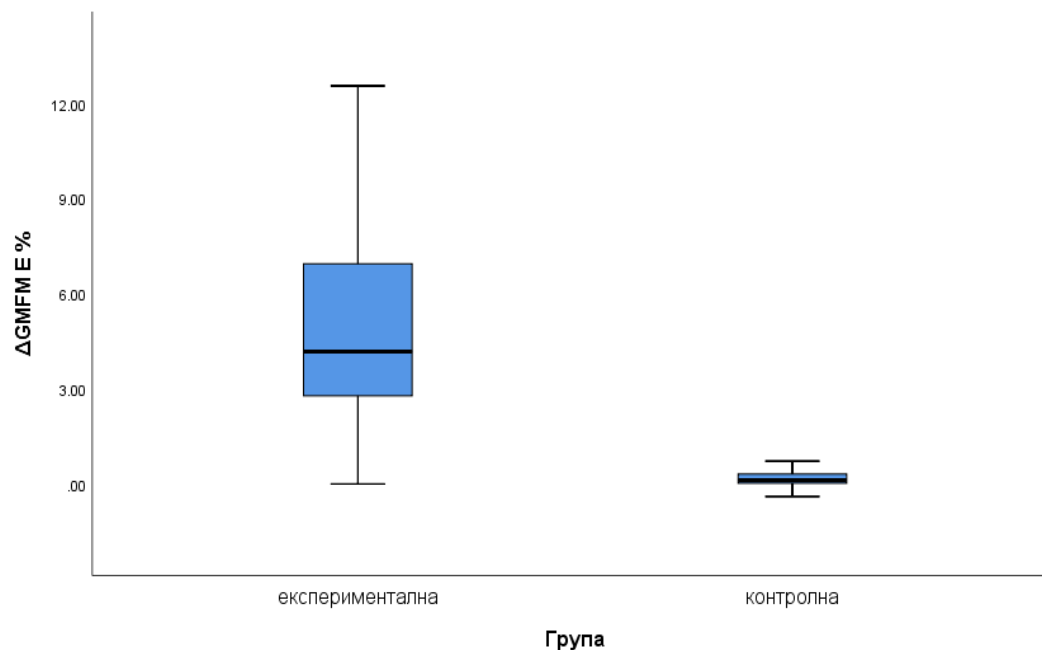
Студије	Број испитаника	Узраст	Тип ЦП	Интезитет терапије	Контролна група	Инструменти процене
YASAR (2021)	26 (13експеримен. 13 контролна)	11-14	Билатерална Спастична	8 недеља 2 пута недељно 25мин Robogait тренинга+ 40 мин конвенционалн ог тренинга	65 мин конвенционал не терапије	MAS GMFM 10 метара 6 минута
Резултат	Обе групе су напредовале у балансу и моторичким функцијама, Robogait није супериорнија интервенција $p < 0.05$. На MAS забележено је смањење спастицитета.					

Прилог 7 Приказ промена на функционалним тестовима у нашем истраживању



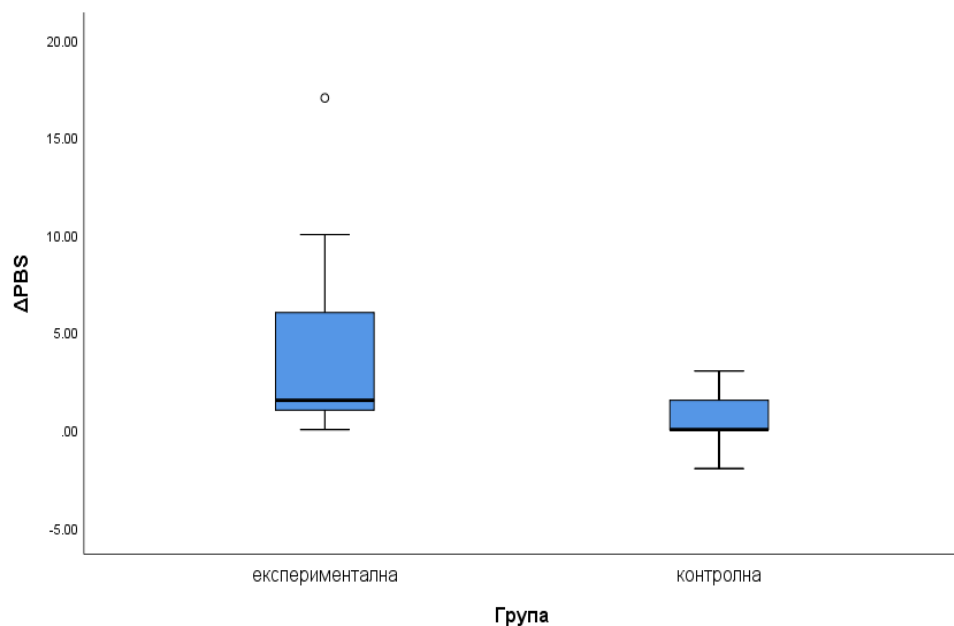
Графикон 1. Промена GMFM димензија D по групама

Из графика се види да је промена између другог и првог мерења на тесту GMFM димензија D значајно већа код експерименталне групе у односу на контролну групу.



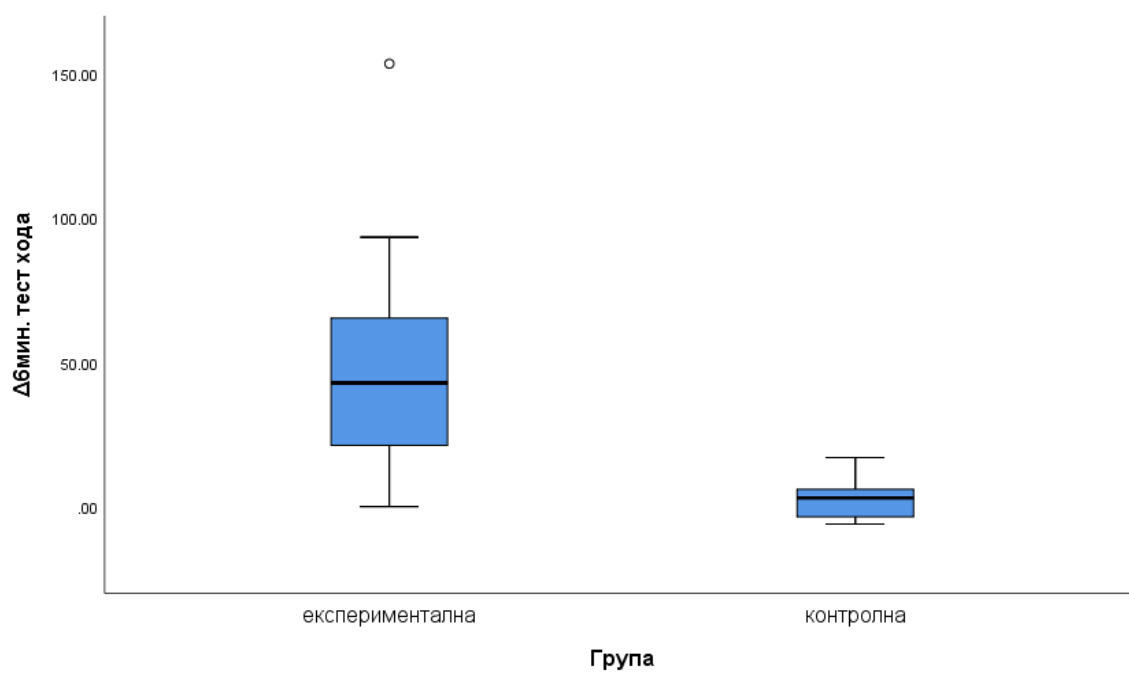
Графикон 2 . Промена GMFM димензија E по групама

Из графика се види да је промена између другог и првог мерења на тесту GMFM димензија E већа код експерименталне групе у односу на контролну групу.



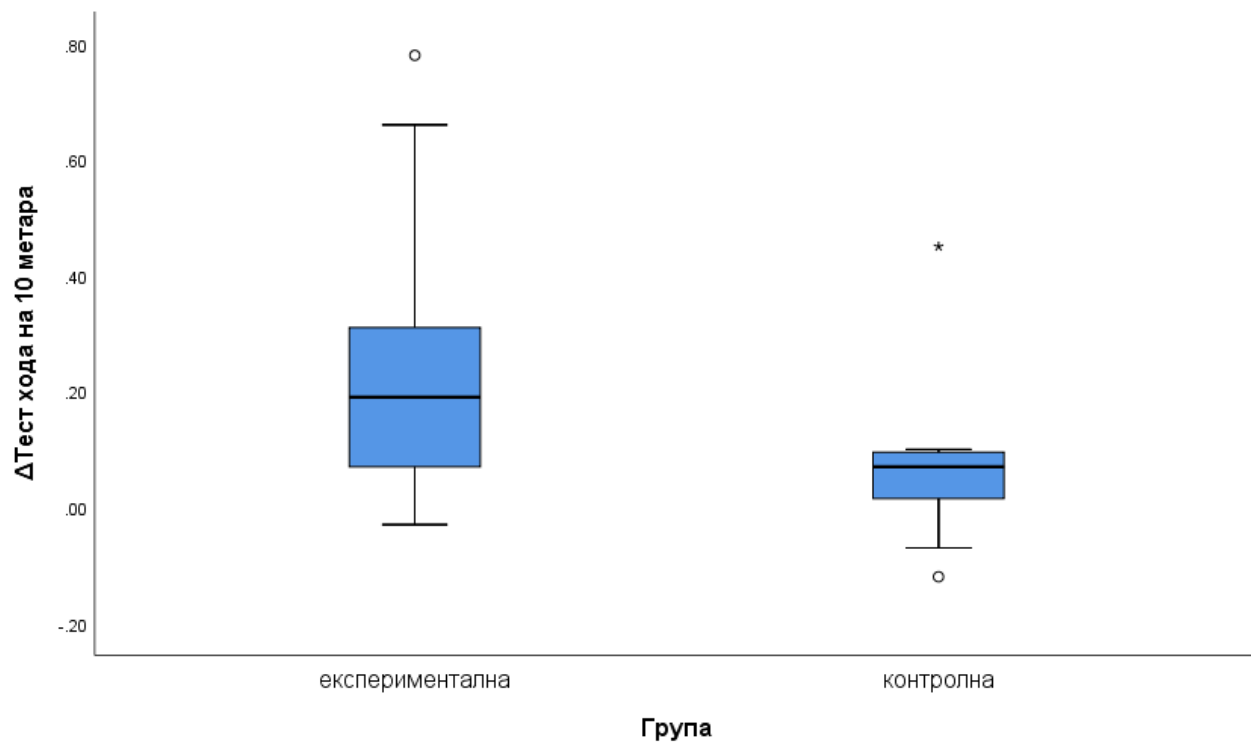
Графикон 3. Промена на скали баланса по групама

Из графикона се види да је промена између другог и првог мерења на скали баланса значајно већа код експерименталне групе у односу на контролну групу.



Графикон 4. Промена на шестоминутном тесту хода по групама.

Из графикона се види да је промена између другог и првог мерења на шестоминутном тесту хода значајно већа код експерименталне групе у односу на контролну групу.



Графикон 5 . Промена на тесту хода на 10 метара по групама.

Из графикона се види да постоји промена између другог и првог мерења на 10 метара тесту хода код обе групе, али је промена већа код експерименталне групе.

Прилог 8. Биографија

Драгана Ђурић је рођена у Пироту где је завршила основну школу и гимназију. Дипломирала је на Филозофском факултету, Универзитета у Београду на катедри за Антропологију и етнологију.

Завршила је Високу струковну школу, одсек за физиотерапеуте . Има 18 година клиничког искуства као физиотерапеут у раду са децом са сметњама у развоју у Заводу за психофизиолошке поремећаје и говорну патологију “Проф. др Цветко Брајевић “ у Београду.

Завршила је магистарске студије на Факултету за специјалну едукацију и рехабилитацију, на смеру Соматопедије, Универзитета у Београду. Магистарски рад на тему “Сензомоторна стимулација превремено рођене деце у раном детињству” одбранила је 2010. године.

Од 2011. живи и ради у УАЕ. Запослена је као предавач Физиотерапије на Фатима колеџу здравствених студија (*Fatima College of Health Sciences*) у Абу Дабију. Почасно чланство Монаш универзитета (*Monash University*) Аустралија добила је 2014-2015. године.

Прилог 9. Изјава о ауторству

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Драгана Д. Ђурић

Број индекса 2018/5020

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

“ Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са церебралном парализом ”

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 01.06.2022.



Прилог 10. Изјава о истоветности

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Драгана Д. Ђурић

Број индекса 2018/5020

Студијски програм Дефектологија

Наслов рада Роботски потпомогнути тренинг хода код деце са церебралном парализом

Ментор др Снежана Илић, ванредни професор

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 01.06.2022.



