

# UČINAK PRIMJENE LOKOMATA NA FUNKCIONALNOST I SMANJENJE TONUSA KOD DJECE SA SPASTIČNOM CEREBRALNOM PARALIZOM

---

**Benković, Ana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:198712>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Ana Benković

UČINAK PRIMJENE LOKOMATA NA FUNKCIONALNOST I SMANJENJE  
TONUSA KOD DJECE SA SPASTIČNOM CEREBRALNOM PARALIZOM

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Ana Benković

UČINAK PRIMJENE LOKOMATA NA FUNKCIONALNOST I SMANJENJE  
TONUSA KOD DJECE SA SPASTIČNOM CEREBRALNOM PARALIZOM

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

Mentor rada: Prof. dr. sc. Daniela Malnar, dr. med.

Diplomski rad je obranjen dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_,  
pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

## SAŽETAK

UVOD: Cerebralna paraliza je klinički entitet kojim se označuje skupina neprogresivnih motoričkih poremećaja, koji su često promjenjivi. Oni su uzrokovani razvojnim poremećajem ili oštećenjem mozga prije, za vrijeme ili nakon poroda. Najčešći je uzrok težih neuromotornih odstupanja u djece, koja zahvaća 2-3/1000 živorođene djece. Robotika u neurorehabilitaciji pomaže u oporavku na principu neuroplastičnosti. Lokomat je vodeći svjetski robotski medicinski uređaj. Napravljen je u svrhu vraćanja funkcionalnosti donjih ekstremiteta odraslih pacijenata i djece koji su je djelomično ili u potpunosti izgubili. Istovremeno se vrši trening hoda, stimulira propriocepcija te izvršavaju zadaci na računaru za kognitivni oporavak.

CILJ RADA: Ispitati utjecaj Lokomata na povećanje funkcionalnosti i smanjenje tonusa kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom.

ISPITANICI I METODE: Uzorak ispitanika čini tridesetoro djece s klasifikacijom spastične cerebralne paralize u rasponu od četiri do šesnaest godina. Svi ispitanici su imali individualni rehabilitacijski program te terapije uz superviziju fizioterapeuta na rehabilitacijskom uređaju Lokomatu, 6 dana u tjednu u trajanju od 40-50 min dnevno. Podvrgnuti su testiranjima na početku i na kraju rehabilitacijskog ciklusa. Za provjeru učinka terapije provedeni su testovi GMFM-88 na početku i na kraju ciklusa terapija. Lokomatom se mogu mjeriti opseg, snaga i tonus pokreta donjih ekstremiteta (L-STIFF, L- FORCE).

REZULTATI: Provedeno istraživanje je pokazalo kako je utjecaj robotskog uređaja Lokomata na povećanje funkcionalnosti imao pozitivan učinak, dok se na smanjenje tonusa i spazma u donjim ekstremitetima kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom nije pokazala statistički značajna razlika.

ZAKLJUČAK: Zahvaljujući robotskoj neurorehabilitaciji, koja omogućava visoke doze i intenzitete terapije, čime snažno potiče neuroplastičnost mozga, kroz motoričko učenje i ponavljanje zadataka, trebala bi što prije postati ravnopravna metoda u neurorehabilitaciji.

Ključne riječi: cerebralna paraliza, neurorehabilitacija robotikom, Lokomat

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Cerebral palsy is a clinical entity which includes a group of non-progressive motor disorders which are often changing. They are caused by a disorder or damage to the brain before, during or after childbirth. It is the most common cause of severe neuromotor disorder in children, affecting 2-3/1000 of live-born children. Robotics in neurorehabilitation help in recovery on the principle of neuroplasticity. Lokomat is the world's leading robotic medical device. It has been created with the purpose to regain the functionality of lower extremities of adult patients and children that have partially or fully lost it. At the same time, gait training is performed, proprioception is stimulated, and computer-based tasks for cognitive recovery are performed.

**AIM OF STUDY:** Investigate the effect of the Lokomat on increasing the functionality and reducing tonus in children with spastic cerebral palsy.

**METHODS :** The sample of respondents consists of thirty children with a classification of spastic cerebral palsy ranging from four to sixteen years. All of them had an individual rehabilitation therapy program and under the supervision of a physiotherapist at the Lokomat rehabilitation device, 6 days a week for 40-50 minutes a day. They underwent testing at the beginning and at the end of the rehabilitation cycle. GMFM-88 test measurement at the beginning and end of rehabilitation program were performed to check the performance. The Lokomat measured the range, strength and tone of movement of the lower extremities (L-STIFF, L-FORCE).

**RESULTS:** The research results showed that the effect of the Lokomat robotic device on the increase of functionality had a positive effect, while no statistically significant difference was shown on the reduction of tone and spasm in the lower extremities in children with spastic cerebral palsy.

**CONCLUSIONS:** Thanks to robotic neurorehabilitation, which enables high doses and intensities of therapy, which strongly encourages neuroplasticity of the brain, through motor learning and repetition of tasks, it should become an equal method in neurorehabilitation as soon as possible.

**Key words:** cerebral palsy, robotic neurorehabilitation, Lokomat

## SADRŽAJ

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA .....	1
1.1. Cerebralna paraliza.....	1
1.2. Tipovi cerebralne paralize .....	3
1.2. Spastični tip cerebralne paralize .....	6
1.4. Funkcionalno stupnjevanje grubih motoričkih funkcija .....	7
1.5. Neuroplastičnost mozga.....	9
2. ROBOTIKA U NEUROREHABILITACIJI .....	11
2.1 Robot za donje ekstremitete- Lokomat.....	13
2.1. 1. Indikacije.....	15
2.1.2. Kontraindikacije.....	15
2.1.3. Faktori rizika .....	16
2.2. Neurorehabilitacija Lokomatom u pedijatriji .....	18
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	21
3. HIPOTEZE .....	22
4. METODE RADA .....	23
4.1 Uzorak ispitanika .....	23
4.2. Mjerni instrumenti i varijable procjene.....	25
4.2.1. L- FORCE .....	25
4.2.2. L-STIFF.....	26
4.2.2. GMFM-88 .....	28
4.3. Metode statističke obrade podataka .....	30
5. REZULTATI.....	31
5.1. Opis pacijenata .....	31
5.2. Ukupni rezultati rehabilitacijskog liječenja.....	32
5.3. Usporedba L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja .....	35
5.4. Usporedba L-STIFF parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja: .....	37
6. RASPRAVA.....	38
7. ZAKLJUČAK.....	41
8. LITERATURA .....	42
9. PRILOZI.....	49
10. ŽIVOTOPIS.....	51

# 1.UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

## 1.1. Cerebralna paraliza

Cerebralna paraliza (u daljnjem tekstu CP) je klinički entitet kojim se označuje skupina neprogresivnih motoričkih poremećaja, koji su često promjenjivi. Oni su uzrokovani razvojnim poremećajem ili oštećenjem mozga prije, za vrijeme ili nakon poroda (1,2,3). Pojam "cerebralna paraliza" ne određuje etiološku dijagnozu, patogenezu, kao niti prognozu motoričkog poremećaja. Zbog nespecifične etiologije i velike varijabilnosti kliničke slike, sve više se postavlja pitanje kriterija uključivanja i isključivanja motoričkih poremećaja u ovaj entitet. CP označava skupinu trajnih poremećaja razvoja pokreta i posture koji uzrokuju ograničenja u izvođenju aktivnosti, a posljedica su neprogresivnih poremećaja nezrelog mozga ili mozga u razvoju. Motorički poremećaji CP često su udruženi s poremećajima osjeta, percepcije, kognicije, komunikacije, ponašanja, epilepsijom i sekundarnim mišićno – koštanim problemima (4).

Najčešći je uzrok težih neuromotornih odstupanja u djece, koja zahvaća 2-3/1000 živorođene djece, te tako predstavlja veliko opterećenje za oboljelo dijete, obitelj, zdravstvene, obrazovne ustanove i društvo u cjelini (5). Prema podacima Američke akademije za neurologiju, cerebralna paraliza ima najveće troškove liječenja po oboljelom (6).

Definicija cerebralne paralize temelji se na pet ključnih parametara (7-10):

- cerebralna paraliza je zajednički naziv za skupinu motoričkih poremećaja, pokreta i/ili položaja, te motoričkih funkcija;
- rezultat je poremećaja funkcije mozga (motoričkog korteksa, kortikospinalnih putova, bazalnih ganglija, cerebeluma i ekstrapiramidnih putova);
- poremećaj se klinički očituje u ranom djetinjstvu, trajan je, ali promjenjiv;
- oštećenje funkcije mozga posljedica je neprogresivnih patoloških procesa, najčešće vaskularnih poremećaja, hipoksije, infekcija, te razvojnih poremećaja mozga, uključujući i hidrocefalus;
- navedena oštećenja događaju se u nezrelom mozgu i/ili mozgu u razvoju.



Najčešći etiološki čimbenici koji pogoduju razvoju CP su perinatalna neprogresivna oštećenja mozga: hipoksično ishemično oštećenje, vaskularni poremećaji, hiperbilirubinemija, perinatalna infekcija (11).

Rizični čimbenici za nastanak CP su niska porođajna težina, nedonošenost, preeklampsija i višeploidna trudnoća (12,13). Čimbenikom rizika smatra se i korioamnionitis, koji oštećuje bijelu tvar mozga što je povezano s periventrikularnom leukomalacijom, koja pogoduje razvoju CP u nedonoščadi (14, 15).

CP je trajno oštećenje, ali može biti promjenjivog tijeka, za što je važna pravilna i rana dijagnoza. Klinička slika CP je varijabilna, a dijagnostika se temelji na anamnezi, kliničkoj slici i tijeku bolesti (16). Simptomi CP se mogu mijenjati jer na njih i njihovo očitovanje utječu procesi maturacije i plastičnosti mozga, kao i terapijski postupci (17). Upravo zbog toga nije dozvoljeno učiniti konačnu dijagnozu niti klasifikaciju CP prije 4. godine života, a optimalna dob za postavljanje dijagnoze je 5. godina (11, 18).

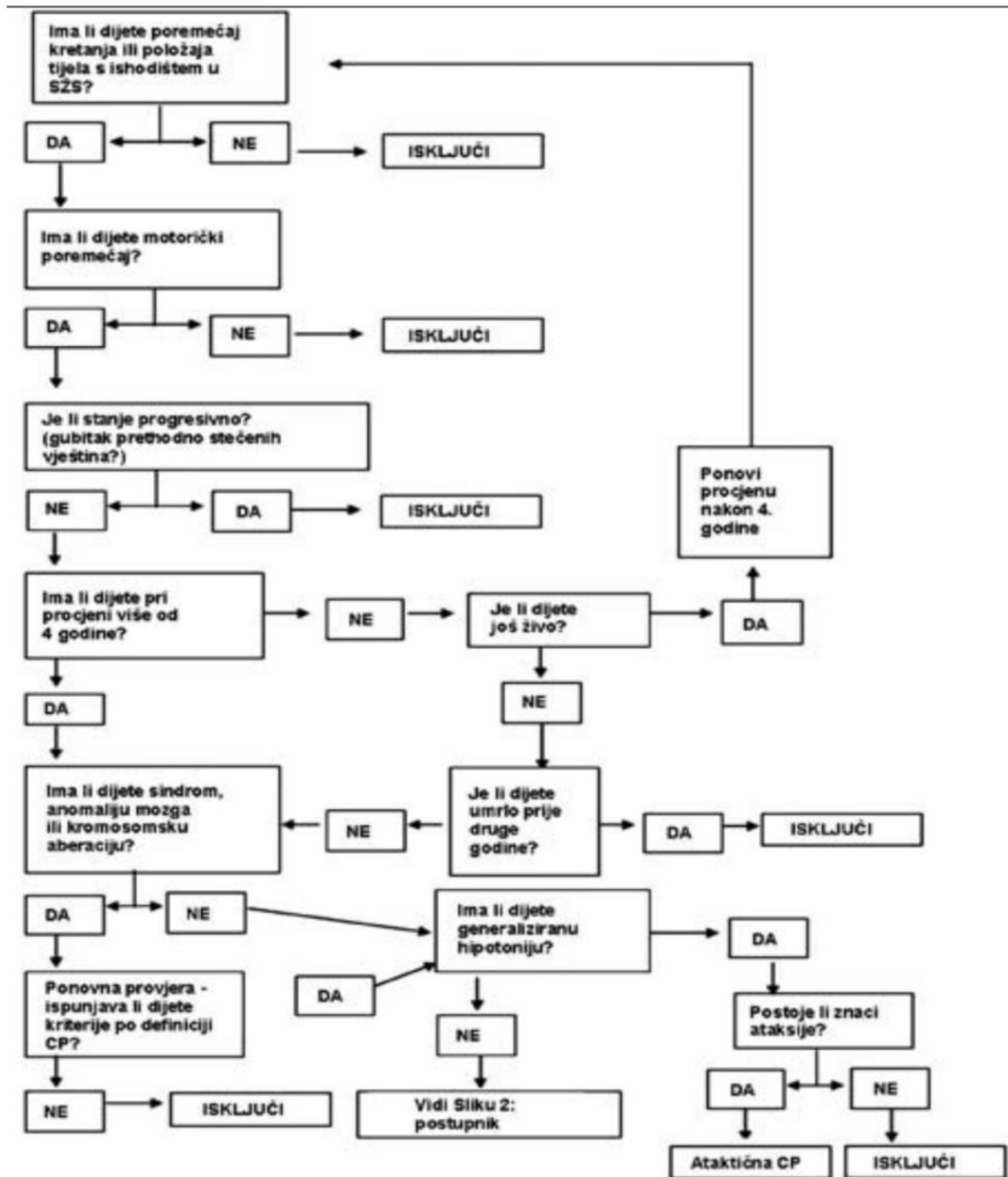
Prema navedenome, u CP se ubrajaju i postneonatalna cerebralna paraliza koja je uzrokovana oštećenjem mozga nakon neonatalne dobi. Gornja dobna granica neprogresivnog oštećenja mozga djeteta koje može biti uzrokom CP varira u dobi od 28 dana do 25 mjeseci postneonatalno. Najčešće do oštećenja mozga dolazi zbog infekcija središnjeg živčanog sustava, vaskularnih poremećaja, postnatalnih traumatskih oštećenja, te hipoksičnih oštećenja mozga. Na slučajeve postneonatalne CP otpada 10 – 15% (19).

Isključuje se mogućnost CP kod većine neurogenetskih sindroma, progresivnih poremećaja, bolesti kralješnične moždine, nasljednih metaboličkih bolesti, te ako je prisutna hipotonija kao zaseban simptom (20).

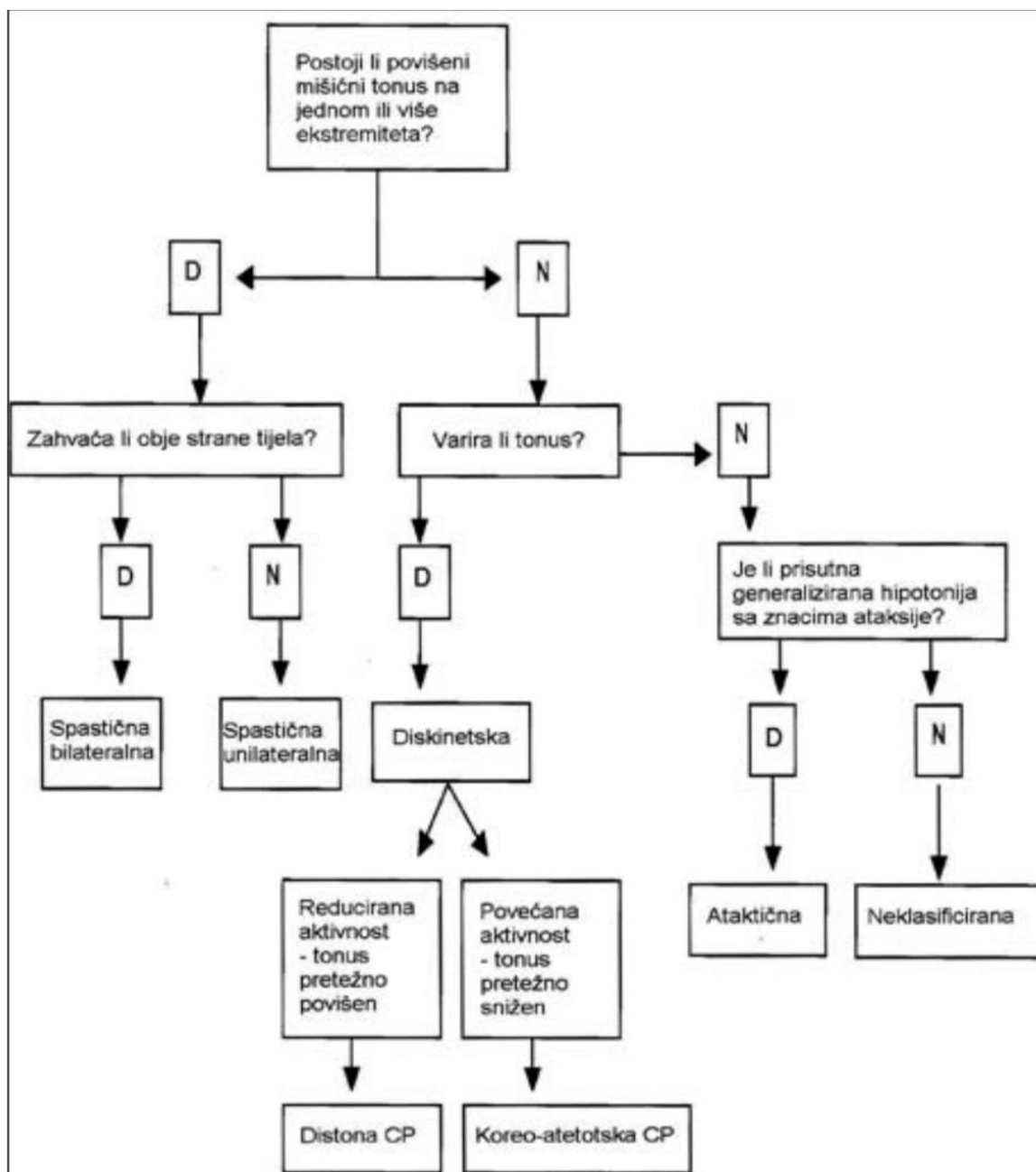
U klasifikaciju do treće godine ubrajaju se prolazna neuromotorna odstupanja. Klinička slika cerebralne paralize je podložna promjeni tijekom odrastanja. "Ranom dijagnozom" cerebralne paralize postoji mogućnost da se uključe i sporo progresivne encefalopatije kod kojih će tek naknadno doći do tipičnog gubitka stečenih motoričkih funkcija. Neka djeca od rane dobi pokazuju odstupanja u smislu cerebralne paralize, no umiru prije navršenih 5 godina. Isključivanje takve djece utjecalo bi na smanjenje prevalencije cerebralne paralize. Djeca od druge do pete godine ubrajaju se u prevalenciju cerebralne paralize dok se djeca do druge godine ne ubrajaju (10,11,21).

## **1.2. Tipovi cerebralne paralize**

Osnovna podjela po neurološkim simptomima na kojima se temelji SCPE klasifikacija CP su spastični, diskinetski i atakastični oblik. Spastični oblik se dijeli na: jednostrani spastični i obostrani spastični. Pod jednostranim spastičnim oblikom ubrajaju se termini hemipareze i hemiplegije, dok se pod obostrani spastični ubrajaju termini dipareze, tripareze i tetrapareze (1, 4, 6, 14). Kako bi se što učinkovitije primjenjivala SCPE klasifikacija za svrstavanje i određivanje osnovnih tipova i podtipova CP, napravljen je dijagnostički hodogram (Slika 1 i 2).

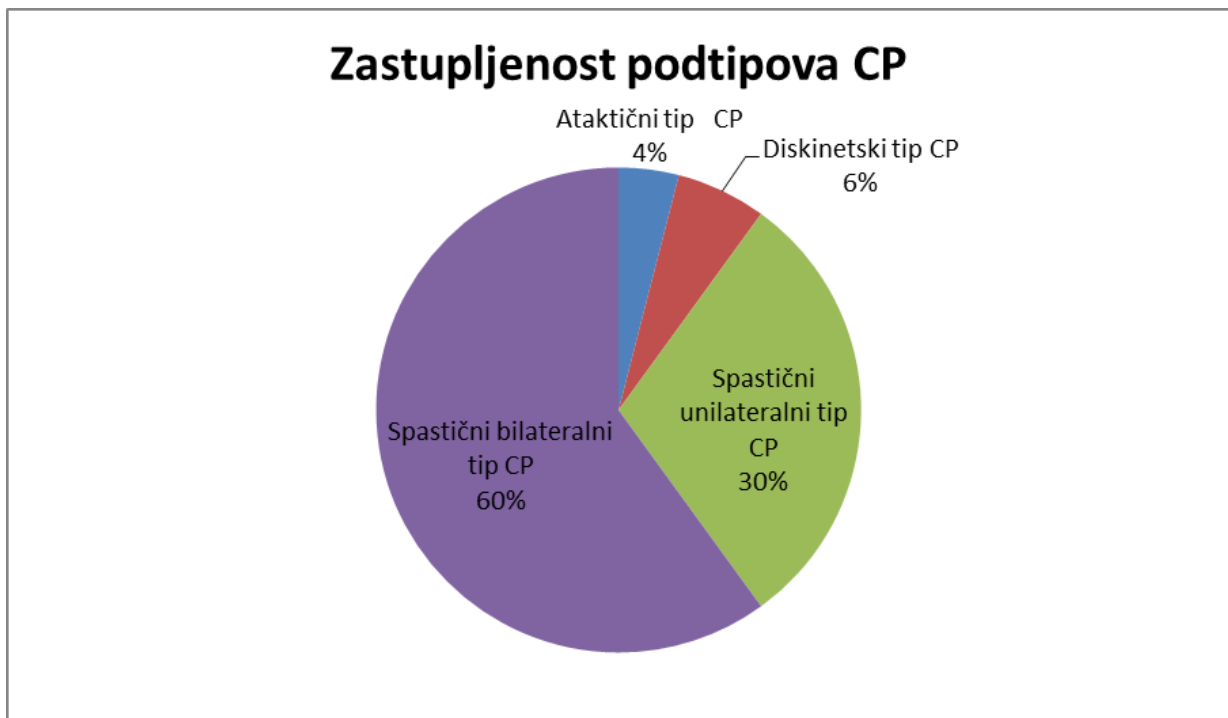


Slika 1. Dijagnostički hodogram za određivanje i svrstavanje CP u SCPE registar



Slika 2. Hodogram za podtipove CP

Spastični bilateralni tip ima 60% ukupne populacije s CP, spastični unilateralni 30%, diskinetski tip 6%, a tek 4% populacije ima ataktični tip (22) (Slika 3).



Slika 3. Zastupljenost podtipova CP

Najučestaliji tip cerebralne paralize koji pogađa oko 60 % djece je spastični tip. Spastičnost se definira kao povećan tonus ovisan o brzini i povezan sa sindromom oštećenja gornjih motornih neurona koji uključuje pojačan refleks stezanja mišića, Babinski refleks, slabost i poteškoće s koordinacijom. Diskinetski tip karakteriziran je nevoljnim pokretima kao što su distonija i atetozna te on nastaje zbog oštećenja bazalnih ganglija. Ataksični tip nastaje oštećenjem malog mozga i obilježen je gubitkom koordinacije mišićnih pokreta uz nedostajanje osjećaja ravnoteže i pozicioniranja u prostoru. Mali postotak pacijenata ima hipotonični tip cerebralne paralize. Tu djecu treba razlikovati od onih kod kojih se mogu utvrditi uzroci neonatalne hipotonije kao što su bolesti mišića, poremećaji metabolizma ili genetski sindromi. Mnoga od te djece razviju spastični ili ekstrapiramidalni tip poremećaja nakon nekoliko prvih mjeseci život. (23,24).

### ***1.2. Spastični tip cerebralne paralize***

Spasticitet je poremećaj senzomotoričke kontrole uzrokovan oštećenjem gornjeg motornog neurona, a očituje se povremenim ili trajnim nevoljnim kontrakcijama skeletne

muskulature (25). Spasticitet je najčešći poremećaj vezan uz osobe s CP, a uzrokuje ga oštećenje motoričkog korteksa, te nedovoljno otpuštanje glavnog inhibitorskog neurotransmitera središnjeg živčanog sustava, gama – amino maslačne kiseline u leđnu moždinu (26). Prema Ranatungau uzrok povećane napetosti kod spastične muskulature mogu biti promjene u ekstracelularnom matriksu (27).

Spastični oblik je najčešći oblik CP (28), a odražava se kroz abnormalnu reakciju na refleks istežanja što rezultira prekomjernom i neprilagođenom mišićnom kontrakcijom (29).

Spastični tip cerebralne paralize dijeli se na jednostrani i obostrani. Regulacija mišićnog tonusa preduvjet je za razvoj normalne posturalne kontrole i pokreta (30). Spastični tip CP karakteriziran je povišenim mišićnim tonusom koji rezultira rigidnošću mišića, te uvelike otežava održavanje optimalne posture, pokret i kretanje. Spasticitet na gornjim udovima najčešće se očituje kroz obrazac fleksije, adukcije i unutarnje rotacije u ramenom zglobu, fleksije u laktu, te fleksije ručnog zgloba i prstiju. Mišićni tonus trupa je snižen, a često se razvijaju deformacije kralježnice u vidu skolioze ili povećane torakalne kifoze. Donji ekstremiteti nalaze se u obrascu fleksije, adukcije i unutarnje rotacije zgloba kuka, fleksije koljena, te ekvinovarus stopala.

S vremenom, spasticitet utječe na meka tkiva vodeći ih ka atrofiji i fibroznim promjenama, razvijaju se kontrakture, te deformiteti kostiju zbog znatno skraćene muskulature koja na hvatištima povlači kosti u nepovoljne položaje. Kod osobe često dolazi do bolnih stanja. Djeca sa spastičnim oblikom CP često imaju gastroenterološke probleme, koji uključuju teškoće hranjenja i probave. Smanjena mogućnost kretanja djece s težim oblicima CP uzrok je respiratornih problema, ali i poremećaja urodinamike (30).

#### ***1.4. Funkcionalno stupnjevanje grubih motoričkih funkcija***

Najčešće korišten instrument koji opisuje grubo motoričko funkcioniranje kod djece s CP-om klasifikacijski je sustav grubih motoričkih funkcija (eng. *Gross Motor Function Classification System- GMFCS*) (31). Klasifikacijski sustav GMFCS temelji se na procjeni djetetovih trenutnih sposobnosti i ograničenja u gruboj motorici, s naglaskom na razinu

samostalnosti i motoričke učinkovitosti u kretanju, sjedenju i hodanju te korištenju pomagala za kretanje i/ili dodatne tehnologije. Motoričku sposobnost djeteta razlikuje prema pet razina funkcioniranja. Klasifikacija sustava GMFCS pokazuje visoku razinu pouzdanosti i primijenjivosti za potrebe kliničke prakse, istraživanja i administracije u rehabilitaciji djece s CP-om (32). Isto tako GMFCS opisuje razine motoričkih mogućnosti kroz kontrolu držanja tijela te izvedbu pokreta tijela (33).

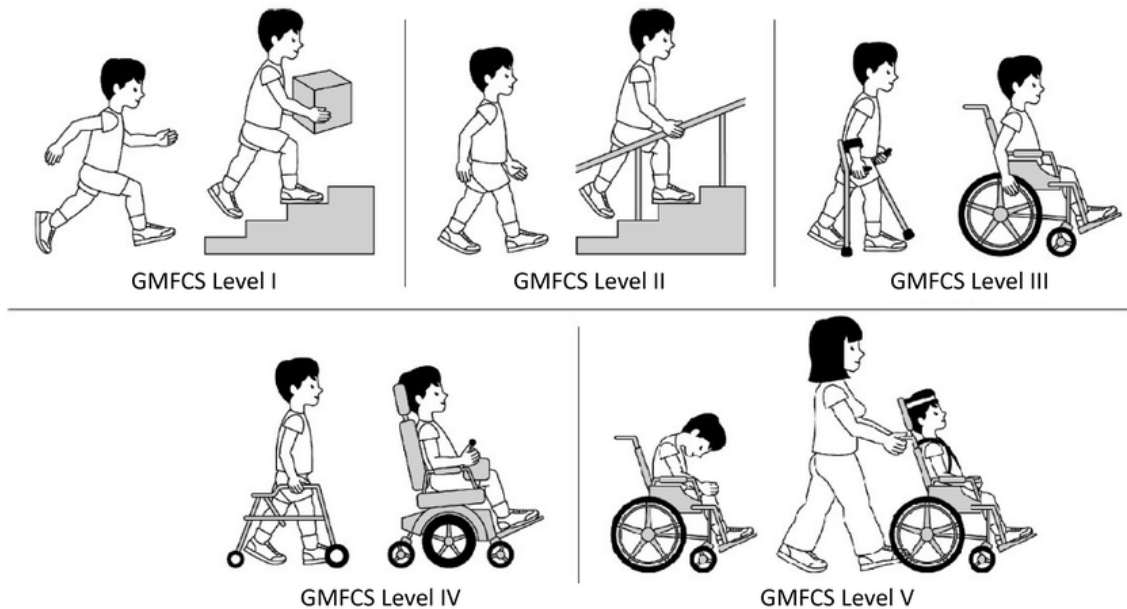
Danas GMFCS predstavlja osnovu za opisivanje razine motoričke sposobnosti djece s CP. GMFCS opisuje ključne funkcionalne karakteristike djece s CP u dobi 0-2 godine, 2-4 godine, 4-6 godina, 6-12 godina, te 12-18 godina. Pet razina klasifikacijskog sustava primarno se usmjerava na smislenost u svakodnevicu. Razlika između stupnjeva predstavlja razliku u grubim motoričkim funkcijama značajnim u svakodnevnom životu djece s CP (34).

GMFCS se fokusira na određivanje razine koja najbolje predstavlja trenutne sposobnosti i ograničenja grube motoričke funkcije kod djece i mladeži, a naglasak je na uobičajenoj izvedbi kod kuće ili u zajednici. U klasifikaciji grubih motoričkih funkcija naglašava se sposobnost, a ne ograničenje (31).

Ovisno o stupnju funkcionalnih ograničenja, potrebi za dodatnom tehnologijom, pomagalima za kretanje i kolicima, sustav razlikuje pet razina funkcioniranja (Slika 4):

- Razina 1: dijete hoda bez ograničenja i izvodi aktivnosti skakanja i trčanja. Ograničene su brzina, ravnoteža i koordinacija.
- Razina 2: dijete hoda, ali s teškoćama na većim udaljenostima, na neravnim terenima, u gužvi, skućenom prostoru, na kosinama ili pri nošenju predmeta. Može se penjati po stubama držeći se za ogradu ili uz fizičku pomoć. Mogućnost skakanja ili trčanja je minimalna.
- Razina 3: Dijete hoda uz veće teškoće ili koristeći pomagalo za kretanje. Pri ustajanju iz sjedećeg u stojeći položaj potrebna je pomoć potporne površine ili druge osobe. Velike udaljenosti prelazi koristeći pomagalo na kotače.
- Razina 4: Djetetov način kretanja zahtijeva fizičku pomoć ili vozilo na motorni pogon. Potrebne su prilagođene sjedalice za kontrolu trupa i zdjelice. Djetetov primarni način kretanja kod kuće je na podu (okretanje, gmizanje, puzanje). Dijete može imati sposobnost samo pokretati kolica.
- Razina 5: Dijete se prevozi kolicima u većini okruženja. Ograničena je sposobnost održavanja glave protiv sile teže, kao i održavanje položaja trupa, te kontrola kretnji

ruku i nogu. Ograničenja se ne mogu u potpunosti nadomjestiti tehnologijom i pomagalicama. Samostalnost se može doseći koristeći vozila na motorni pogon s velikim prilagodbama za sjedenje i pristup komandama.



Slika 4. GMFCS klasifikacijski sustav za CP.

Izvor: <http://calgarypaeds.org/wp-content/uploads/2014/11/GMFCS-levels-image.jpg>

### **1.5. Neuroplastičnost mozga**

Moždana kora se sastoji od živčanih stanica koje su međusobno povezane. Osnovno obilježje živčanog tkiva je njegova velika prilagodljivost na novonastale uvjete što predstavlja osnovu za učenje. Neuroplastičnost se temelji na sposobnostima prilagodbe i učenja na temelju iskustva. Strukturalnu razinu neuroplastičnosti čine grananje dendrita i aksona, veličina i broj sinapsi, gustoća receptora te broj neurona u pojedinim dijelovima mozga. Oni mogu doprinijeti kod oporavka funkcije nakon ozljede mozga jer čine složenu neuronsku mrežu koja je sposobna za reorganizaciju ovisno o podražaju. Kod novih pristupa



neurorehabilitacije se ističe kako ne postoje fiksne veze u mozgu, te da se stimuliranom funkcijom može utjecati na razne moždane stanice te da velik broj ponavljanja najbolje stimulira mozak, bez obzira na dob (35).

## 2. ROBOTIKA U NEUROREHABILITACIJI

Primjena robota je prisutna u svima područjima ljudske djelatnosti i smatra se da je to jedan od najznačajnijih pravaca razvoja čovječanstva u 21. stoljeću. Primjena robota u medicini (dijagnostika, kirurgija, skrb o bolesnicima, rehabilitacija i sl.) nije bila značajnije zastupljena u primjeni, a danas je to jedno od najperspektivnijih područja u koju se ulažu značajna financijska sredstva i znanstveni resursi i očekuju skori značajni rezultati (36).

U posljednjih dvadesetak godina, područje robotike u rehabilitaciji doživjelo je nagli rast i pri pregledu literature svake godine sve je više istraživanja na tu temu. Smatra se da roboti predstavljaju revoluciju u rehabilitacijskoj medicini, kao predstavnici tehnologije koja pomaže, unapređuje i kvantificira oporavak, te poboljšava kvalitetu života i samostalnost bolesnika (37).

Kako napreduje informacijska tehnologija, novi materijali tako i robotska tehnologija je dobila priliku prevladati probleme u medicini. Robotika nastoji pomoći bolesnicima da vrlo brzo ozdrave i vrate se u normalno stanje u kom su bili prije ozljede. U današnje vrijeme roboti su zauzeli značajno mjesto u medicini. Roboti olakšavaju medicinske procese uz precizno vođenje instrumenata te primjenu dijagnostičkih uređaja i alata za terapije. Utječu na povećanje sigurnosti i ukupne kvalitete operacije i bolju njegu kod bolesnika. Često se koriste za edukaciju i osposobljavanje medicinskog osoblja te promociju korištenja informacija u dijagnostici i terapiji. Svrha je da se stvaraju medicinski roboti koji zadovoljavaju prave potrebe u području medicinske pomoći i u području njege čovjeka, gdje je potrebna visoka razina tehnologije. Upotreba takve vrste robota sljedećih generacija bit će promovirana za rehabilitacijska područja u kojima roboti imaju više fizičkog kontakta s pacijentima, a sigurnost čovjeka osigurana (38).

Roboti kao pomoć kirurzima već se primjenjuju u svim područjima medicine od oftalmologije, urologije, ortopedije, ali i u drugim medicinskim djelatnostima kao što je fizioterapija, pomoć nepokretnim bolesnicima, distribucija lijekova po bolesničkim sobama, nadzor pacijenata, udaljena komunikacija s pacijentom i medicinskim osobljem i mnogim drugima. Nove robotske primjene nalažu nova rješenja, kako u pogledu konstrukcije, tako i u metodama upravljanja, primjeni novih materijala i senzora. Medicinski roboti su odličan primjer sinergije medicine i tehnike (36).

Poznate su činjenice da u svijetu postoji trend porasta radnika koji odlaze u mirovinu i i sve starije populacije stanovništva. Ovdje robotika nastoji pronaći rješenja kako bi

zadovoljila stariju populaciju stanovništva sa zdravstvene strane. Nastoji pružiti rješenja, kompletnu pomoć i njegu stanovništvu. Radi toga robotika ima cilj proizvesti robote koji podržavaju vježbe za rehabilitaciju i specifične pokrete koje osoba ne može izvesti sama. Ti roboti će pomoći čovjeku izvesti određene funkcionalne zadatke (38).

Velik broj kliničkih ispitivanja su pokazala značajan napredak kod oporavka gornjih ekstremiteta uz korištenje različitih senzomotoričkih tehnika. Također su uključeni forsirani uobičajeni pokret, terapija za ograničavanje izazvanog pokreta, tretmani funkcionalne električne stimulacije, korištenje virtualne stvarnosti i terapija uz pomoć robota (39).

Roboti i robotski sustavi se najčešće koriste u kombinaciji s interaktivnim sučeljima u svrhu osiguranja funkcionalnosti osobama u aktivnostima svakodnevnog života. Virtualna stvarnost se koristi u medicini kako bi se „prikazali“ zadaci koji zahtijevaju određene pokrete ekstremiteta preko senzora s kojim su ispitanici spojeni. Cilj je osigurati aktivnu i intenzivnu izvedbu pokreta kroz važne zadatke koji čine aktivnosti svakodnevnog života (39).

Robotika u neurorehabilitaciji može se podijeliti u četiri glavne grupe: robotski pomoćnici, proteze, ortoze i terapijski roboti. Robotski pomoćnici su naprave koje pomažu bolesnicima u aktivnostima svakodnevnog života. Proteze su sprave koje nadomještaju funkciju uda. Ortoze pomažu ili sprečavaju pokret u slabim ili paraliziranim udovima. Na kraju, u četvrtoj grupi terapijski roboti pomažu i unapređuju pokret u bolesnika facilitirajući na taj način oporavak, sudjeluju u terapiji i evaluiraju bolesnikov napredak. Prve tri grupe spadaju u tzv. pomoćnu tehnologiju (od eng. assistive technology), a posljednja grupa spada u tzv. terapijsku tehnologiju (od engl. therapeutic technology). U posljednje vrijeme istraživači dijele robotiku po miješanom klasifikacijskom modelu, od kojih je jedan neurorobotika i tu spadaju naprave koje pomažu oporavku neurološkog sustava i pomažu ponovnom uspostavljanju neuronskih putova (40).

Svake godine pada broj ljudi koji su zainteresirani za obavljanje uloge njegovatelja, a sve veći je udio starijih osoba u svijetu te privremeno ili trajno invalidnih osoba, pa u sljedećih 10 do 15 godina postoji ogroman potencijal potražnje za pomoćnim robotima. Zato velike znanstvene institucije rade na tome da razvijaju nove prototipove servisnih robota za pomoć starijim osobama i osobama kojima je potrebna rehabilitacija (38).

## ***2.1 Robot za donje ekstremitete- Lokomat***

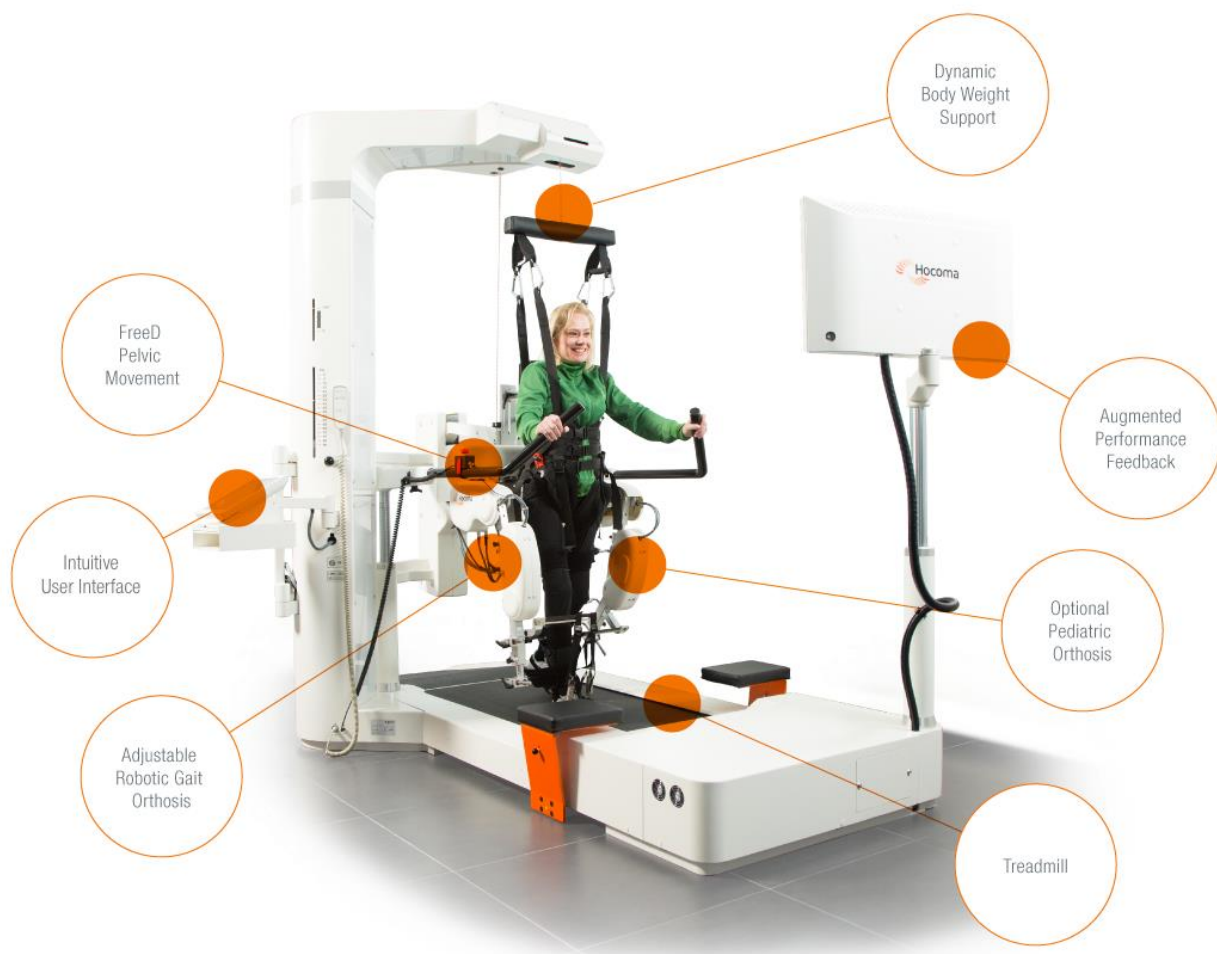
Lokomat je vodeći svjetski robotski medicinski uređaj. Svrha Lokomata kod odraslih bolesnika i djece je vraćanje funkcionalnosti donjih ekstremiteta, kod kojih je djelomično ili u potpunosti izgubljena. Egzoskeletne ortoze Lokomata su podesive odraslim bolesnicima i djeci do minimalno 4-5 godina starosti. Glavni cilj rehabilitacije je omogućiti djeci u ranim fazama rasta i razvoja funkcionalnost i poboljšati kvalitetu življenja i odrastanja.

Robot za hod Lokomat koristi se za multi senzornu rehabilitaciju. Istovremeno se vrši trening hoda, stimulira propriocepcija te izvršavaju zadaci na računalo za kognitivni oporavak. Dokazano je da pacijenti koji su bili uključeni u robotsku terapiju ostvaruju više rezultate oporavka od pacijenata koji su bili uključeni samo u konvencionalnu terapiju (41).

Biofeedback trening naziv je za terapiju biološkom povratnom spregom kod koje se audio-vizualnim znakovima s aparata može dobiti vrlo dobar uvid u stupanj mišićne kontrakcije i relaksacije (42). Na mišić se fiksira površinska elektroda spojena na aparat, a s pomoću audio-vizualne signalizacije, pacijent i fizioterapeut mogu uočiti i najmanje znakove mišićne aktivnosti (43,44).

Lokomat je najsofisticiraniji robot koji se koristi u poboljšanju obrasca hoda neuroloških i ortopedskih bolesnika. Od ortopedskih bolesnika, veliki uspjesi u rehabilitaciji postižu se kod TEP kuka i koljena, kao i konstruktivne operacije ACL-a, jer Lokomat uspijeva korigirati točno i u kojem postotku se osoba oslanja vlastitom težinom na podlogu, što je jako bitno u samom početku rehabilitacije. Među neurološkim bolesnicima, najbolji rezultati se postižu kod multiple skleroze, osoba nakon moždanog udara i djece s cerebralnom paralizom. Kod spinalnih ozljeda, mišićne distrofije i slično (42).

Glavne komponente Lokomata su podesive ortoze, široka traka za hodanje (treadmill), kontrola tjelesne težine (dynamic body weight support) i ekrana (biofeedback screen).



Slika 5. Robot za donje ekstremitete- Lokomat

Izvor: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat-2/>

### **2.1. 1. Indikacije**

Terapija Lokomatom se može provoditi za pacijente sa sljedećim stanjima (45):

- Moždani udar
- Traumatska ozljeda mozga
- Paraplegija
- Cerebralna paraliza
- Multipla skleroza
- Parkinsonova bolest
- Endoproteza
- Degenerativne bolesti zglobova donjih udova
- Spinalna mišićna atrofija
- Mišićna slabost zbog nedostatka pokretljivosti
- Srčana stanja ako je dopušteno liječenjem od liječnika
- Amputacije

### **2.1.2. Kontraindikacije**

Terapija Lokomatom ne može se provoditi ako je prisutan jedan od sljedećih stanja (45):

- kod pacijenata sa znatno smanjenom gustoćom kostiju (osteopenija ili osteoporoza)
- kod pacijenata težih više od 135 kg ili je viših od 2 m
- kod pacijenata lakših od 10 kg
- kod pacijenata s prijelomima
- kod pacijenata kod kojih je prisutno bilo koje zdravstveno stanje koje sprečava aktivnu rehabilitaciju (npr. respiratorna bolest, trudnoća, ortopedska stanja, kognitivni deficit koji ograničava komunikaciju, neuropsihološka stanja, infekcije ili upalni poremećaji, osteomijelitis ...)
- kontrakture koje ograničavaju raspon pokreta ortoza

- kod pacijenata s dužinom natkoljenice manjom od 21 cm (8,3 inča) ili većom od 35 cm (dječja ortoza) ili manjom od 35 cm (13,8 inča) i većom od 47 cm (18,5 inča) (ortoza za odrasle).
- u slučaju nemogućnosti pravilnog postavljanja pojasa i / ili ortoza na odgovarajući dio tijela zbog trudnoće, kolostomske vrećice, nepomirljive razlike u duljini nogu, kožnih lezija koje se ne mogu zaštititi na odgovarajući način te bilo koji drugi razlog koji sprječava pravilno postavljanje pojasa i / ili ortoza bez boli.

### **2.1.3. Faktori rizika**

Svako od navedenih stanja može biti faktor rizika ako je prisutno u niskom do umjerenom stupnju i kao pojedinačni faktor, no također može postati kontraindikacija ako je prisutno u većoj mjeri i/ili je nekoliko stanja prisutno istodobno. Ako je prisutno jedno ili nekoliko ovih stanja, potrebno je poduzeti dodatne sigurnosne mjere, primjerice redovito praćenje vitalnih znakova tijekom treninga ili upotreba steznika ili uloška (45).

Što je više faktora rizika prisutno kod određenog pacijenta i/ili čim su oni ozbiljniji, to je vjerojatnije da je upotreba uređaja kontraindicirana. Terapija na uređaju Lokomat treba odmah prekinuti ako dođe do bilo kakve potencijalno opasne situacije zbog u nastavku navedenih faktora rizika (45).

- Artroplastika (osobito artroplastika kuka ili artroplastika kod koje je vanjska rotacija kuka kontraindicirana za pacijenta)
- Nekontrolirana nestabilnost kuka, koljena ili gležnja koja bi mogla predstavljati opasnost usprkos potpori za tjelesnu težinu
- Nedostatak kontrole glave
- Kontrakture zglobova ili ograničenja raspona pomicanja zbog spastičnosti koja se mogu smanjiti
- Razlike u duljini nogu koje se mogu ispraviti ulošcima
- Osjetilno oštećenje u donjim udovima i trupu, osobito smanjen osjet boli

- Rizik od autonomne disrefleksije (ozljeda na razini T6 ili iznad; povijest autonomne disrefleksije (AD) povećava rizik od ponovne epizode)
- Nedavna povijest ili povišeni rizik od epileptičkih napadaja
- Kardiološka stanja, primjerice srčana insuficijencija i torakotomija, nekontrolirana ortostatska hipotenzija ili drugi krvožilni problemi, vaskularni poremećaji donjih udova
- Nekooperativno ili agresivno ponašanje prema sebi ili drugima (primjerice prolazni psihotični poremećaj)
- Mehanička ventilacija
- Dugotrajne infuzije (primjerice pumpe za primjenu baklofena, pumpe za intratekalnu primjenu lijekova, perkutane endoskopske gastrostome...) ili stimulatori (primjerice elektrostimulatori srca, stimulatori živaca)
- Kožne lezije (uključujući dekubitus) u područjima doticaja s pojasom, robotskom ortozom (stražnjica i duž donjih udova) ili opterećenja donjih udova (stopala) Postoje populacije s osjetljivom kožom i bolestima koje utječu na kožu. Kod pacijenata s ozljedom leđne moždine dolazi do smanjene osjetljivosti zbog njihove ozlijede ili zdravstvenog stanja. Oslabljeni osjet može dovesti do stvaranja dekubitusa zato što pacijent nije svjestan bilo kakvog problema. Oni terapeutu ne mogu reći da ih nešto boli ili da nešto nije u redu.
  - o Starije odrasle osobe prošle su kroz unutrašnje promjene, primjerice, smanjenje kolagena tipa I., elastina, fibroblasta i lučenja sebuma. Pedijatrijski pacijenti imaju tanju kožu koja se može lakše oštetiti.
  - o Pretili pacijenti imaju slabiji stupanj vaskularizacije masnog tkiva te ih se povezuje s drugim bolestima.
  - o Pacijenti s HIV-om ili AIDS-om su imunosupresivni.
  - o Komorbiditeti koji utječu na kožu:
    - o dijabetes uz mikrovaskularne ili neurološke promjene (dulje zacjeljivanje rana)
    - o promijenjen nutritivni status
    - o promijenjene razine hormona (estrogena, testosterona, hormona rasta)
    - o anemija
    - o ateroskleroza, smanjena perfuzija
    - o venska insuficijencija
    - o bilo koji izvor edema, venska staza, hipoalbuminemija
    - o kolonizacija kože gljivicama i patogenima, veći broj otpornih bakterija
    - o farmakološka kompromitacija: kortikosteroidi, imunomodulatori.

Ovaj popis nije sveobuhvatan. Medicinski tim ima odgovornost za rehabilitacijsku terapiju i za odlučivanje je li određena terapija prikladna za pacijenta, u svakom pojedinom slučaju je



potrebno odvagnuti moguće rizike i nuspojave te očekivane prednosti. Osim toga, individualna situacija pacijenta igra jednako važnu ulogu kao i osnovna procjena rizika za određene skupine pacijenata. Nadležni liječnik odgovoran je za prilagodbu terapija i tijeka terapije prema pacijentovim mogućnostima (45).

## ***2.2. Neurorehabilitacija Lokomatom u pedijatriji***

Motorički deficit u djece nastaje kao posljedica brojnih neuroloških poremećaja kao što su cerebralna paraliza, traumatska ozljeda mozga ili heredodegenerativne bolesti. Osim smanjene grube motoričke snage i pokretljivosti ekstremiteta, djeca mogu imati i ograničenje sudjelovanja u aktivnostima svakodnevnog života u školi, kući ili drugom okruženju. Opravak senzomotornih funkcija nakon oštećenja središnjeg živčanog sustava temelji se na neuroplastičnosti.

Robotska neurorehabilitacija omogućava visoke doze i intenzitete treninga čime snažno potiče neuroplastičnost mozga pa se koristi u rehabilitaciji pacijenata s motoričkim deficitom nastalim kao posljedica bilo koje neurološke bolesti (46). Robotski uređaji za neurorehabilitaciju mogu biti egzoskeletoni koji sustavom opruga pružaju potporu cijelom udu i uređaji koji imaju učinak samo na distalnim dijelovima udova (engl. “end effectors”) (47).

Robotski uređaji pružaju ekstremitetima dovoljnu potporu za izvođenje velikog broja ponavljanja fizioloških pokreta. Igranjem zabavnih video igara i pomoću feedbacka pacijenti su motivirani čim jače aktivno sudjelovati što dovodi do boljeg ostvarivanja postavljenih terapijskih ciljeva. Ova svojstva čine, ovisno o indikaciji, robotsku rehabilitaciju dokazanom ili obećavajućom novom tehnologijom za rehabilitaciju neuroloških bolesnika. Broj novih robotskih uređaja, kao i broj istraživanja u ovom području kontinuirano se povećava. Sve je više znanstvenih dokaza o učinkovitosti rehabilitacijske robotike u odraslih (48). Posljednjih godina robotska neurorehabilitacija postaje novi alat za rehabilitaciju djece s cerebralnom paralizom i traumatskom ozljedom mozga, ali i u drugim neurološkim bolestima koje dovode do motoričkih hendikepa. Zbog heterogenosti terapijskih protokola još uvijek ne postoje prave smjernice za upotrebu robotske neurorehabilitacije u djece (49).

Pedijatrijska populacija ima posebne individualne karakteristike koje onemogućuju jednostavnu generalizaciju od odraslih do pedijatrije. Iz tog se razloga grupa fizioterapeuta i liječnika okupila i razvila nekoliko praktičnih preporuka za terapiju Lokomatom kod djece s cerebralnom paralizom. Cjeloviti rezultati objavljeni su u članku Aurich i sur. *Neuropediatrics* iz 2015. godine.

Kako bi se osiguralo pravilno postavljanje, sljedeću preporuku dala je skupina stručnjak:

- tjelesna težina mora biti najmanje 15 kg
- minimalna duljina bedrene kosti mora biti najmanje 21 cm
- uvijek je potrebno upotrijebiti distalnu manžetu Lokomat kako biste egzoskelet bolje pričvrstili na noge pacijenata
- pacijent bi trebao biti u stanju držati vertikalni položaj najmanje 20 minuta prema procjeni terapeuta prije početka terapije.
- strategije izlaska u nuždi tijekom terapije moraju se unaprijed postaviti i možda će biti korisno vježbati ih unaprijed sa zdravim volonterom
- postupak hitnog poziva pojedine ustanove mora biti poznat svim terapeutima
- stanje pacijenta mora se kontinuirano pratiti tijekom terapije
- često se uočavaju blagi bolovi tijekom prvih terapijskih treninga (npr. bolovi u mišićima, bolovi uzrokovani pritiskom manšeta ili sustavom remena)
- bilo koja vrsta boli, ali najvažnija bol u kostima, zglobovima ili mekom tkivu tijekom terapije, mora se odmah analizirati
- moraju se izbjegavati posmične sile na spojevima. Slijedom toga, pojedinačno uklapanje i prilagodba egzoskeleta mora se izvesti s velikom pažnjom na trenutni opseg pokreta i osi pacijentovih nogu
- korekcija postojećih anatomskih abnormalnosti ili deformacija trebala bi se vršiti samo malim, postupnim promjenama unutar postavki softvera
- ako se pritužbe nastave unatoč prilagodbama tijekom druge ili treće terapijske sesije, potrebno je kritički preispitati indikaciju robotiziranog treninga trake za trčanje kao terapijske mogućnosti.

Medicinski stručnjaci koji prepisuju i provode terapiju Lokomatom, odgovorni su za pacijenta. Njihova je odluka kakav je tretman prikladan za pojedine pacijente u njihovoj njezi; to uključuje je li Lokomat trening prikladan za određenog pacijenta.

U većini studija uključena su djeca s cerebralnom paralizom (bilateralni, unilateralni spastični i diskinetički oblik). Učinak robotske neurorehabilitacije prikazan je i kod drugih kliničkih stanja kao što je traumatska ozljeda mozga, paraplegija, moždani udar, Guillain Barre sindrom i displazija kuka.. Zbog heterogenosti terapijskih ciljeva i metodologije studija ne postoji jasno definirani protokol terapije Lokomatom. Opisani su razni protokoli koji podrazumijevaju trajanje individualnog treninga od 25 do 60 minuta, 2-5 puta tjedno, a sveukupno trajanje od 2-12 tjedana (49).

Dvije randomizirane kliničke studije pokazale su bolji učinak robotske rehabilitacije na funkcionalnost gornjih ekstremiteta od klasične fizikalne terapije (50,51). Nekoliko studija pokazalo je pozitivan učinak robotske terapije na funkcionalna poboljšanja koordinacije i fluentnosti pokreta gornjih ekstremiteta (49,52-56). Dvije randomizirane kliničke studije pokazale su poboljšanje brzine hoda i ravnoteže kod robotske rehabilitacije donjih ekstremiteta nasuprot konvencionalne fizikalne terapije (57, 58). Samo su u studiji Borggarefe i sur. koja je istraživala rehabilitaciju nogu analizirane nuspojave metoda robotski potpomognute rehabilitacije. Najčešće nuspojave koje su bile prijavljene u istraživanima bile su mišićna bol i eritem ili kožne lezije na mjestima kontakta sa suspenzorom. Ove nuspojave ispitanici su prijavili kao blage do umjerene, a vrlo malo je ispitanika zbog nuspojava isključeno iz terapijskog postupka (49).

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Ispitati utjecaj Lokomata na povećanje funkcionalnosti i smanjenje tonusa kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom.

### **3. HIPOTEZE**

Hipoteza 1: Lokomat ima pozitivan učinak na povećanje funkcionalnosti kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom.

Hipoteza 2: Lokomat ima pozitivan učinak na smanjenje tonusa i spazma u donjim ekstremitetima kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom.

## 4. METODE RADA

### 4.1 Uzorak ispitanika

Istraživanje je provedeno u Poliklinici Glavić u Zagrebu. Prilikom odabira ispitanika za istraživanje, ispitanici i njihovi skrbnici su informirani o mogućnosti njihova uključivanja u istraživanje i tražen je njihov pristanak, a za istraživanje je korištena arhiva podataka.

Uzorak ispitanika se sastoji od tridesetoro djece s klasifikacijom spastične cerebralne paralize u rasponu od četiri do šesnaest godina (Tablica 1.). Svi ispitanici su imali individualni rehabilitacijski program te terapije uz superviziju fizioterapeuta na rehabilitacijskom uređaju Lokomatu, 6 dana u tjednu u trajanju od 40-50 min dnevno. Uz terapije Lokomatom, svi ispitanici su imali i fizikalnu terapiju, ali i ostale robotske terapijske procedure. Jedan od preuvjeta je mogućnost kognitivnog praćenja terapije te su svi ispitanici morali zadovoljiti da mogu pratiti verbalne upute. Podvrgnuti su testiranjima na početku i na kraju rehabilitacijskog ciklusa. Za provjeru učinka terapije provedeni su testovi Gross Motor Function Measure (GMFM) na početku i na kraju ciklusa terapija. Uređaj Lokomat ima posebna mjerenja koja se odnose na opseg pokreta donjih ekstremiteta, snagu, tonus i spazam (L-STIFF, L- FORCE).

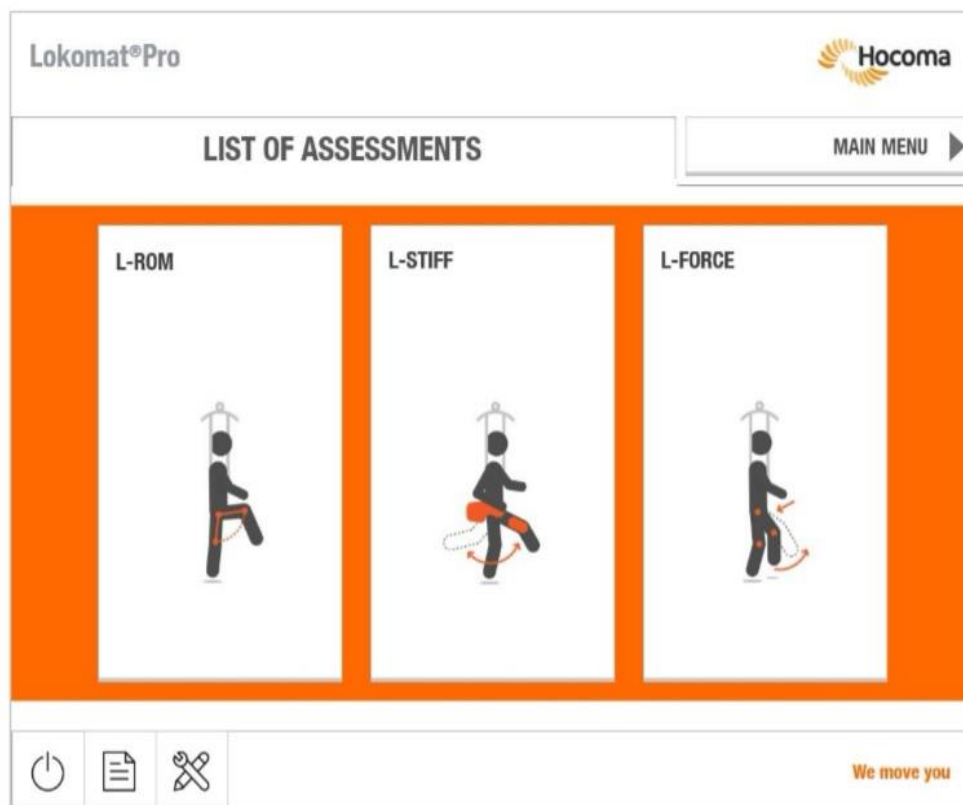
Prije provođenja istraživanja jasno su postavljeni kriteriji isključenja i uključivanja u istraživanje. Osnovni faktor uključivanja je bio da je dijete u dobi od četiri do šesnaest godina te da ima dijagnozu spastične cerebralne paralize uz minimalno trajanje rehabilitacije 8 tjedana. Faktori isključenja su bili kraće trajanje rehabilitacije od 8 tjedana, djeca koja kognitivno nisu u mogućnosti pratiti upute fizioterapeuta i/ili zadataka na Lokomatu.

<b>R. BR.</b>	<b>PACIJENT</b>	<b>SPOL</b>	<b>GOD. ROĐ.</b>	<b>TRAJANJE U DANIMA</b>	<b>DOB</b>
1.	L.V.	Ž	2012.	360	8
2.	N.D.	Ž	2014.	90	4
3.	K.J.	M	2008.	90	11
4.	P.B.	M	2007.	120	10
5.	M.Š.	M	2003.	90	16
6.	A.S.	Ž	2003.	90	16
7.	M.C.	Ž	2007.	120	16
8.	I.B.	M	2011.	90	8
9.	A.C.	Ž	2014.	90	5
10.	N.K.	Ž	2013.	320	6
11.	N.T.	Ž	2008.	90	10
12.	N.I.	M	2006.	180	11
13.	J.P.	M	2008.	90	10
14.	J.B.	M	2009.	90	9
15.	A.Š.	Ž	2007.	90	11
16.	M.M.	M	2004.	90	15
17.	S.K.	Ž	2012.	90	6
18.	D.S.	Ž	2004.	90	14
19.	R.B.	M	2003.	90	16
20.	L.B.	M	2003.	90	16
21.	B.J.	M	2014.	90	5
22.	J.V.	M	2014.	90	5
23.	J.S.	Ž	2011.	90	8
24.	P.S.	M	2003.	90	16
25.	R.R.	Ž	2014.	90	5
26.	K.N.	Ž	2013.	320	6
27.	T.N.	Ž	2008.	90	10
28.	I.N.	M	2006.	180	11
29.	P.J.	M	2008.	90	10
30.	B.J.	M	2009.	90	9

**Tablica 1.** Prikaz ispitanika u istraživanju po spolu, dobi, trajanju rehabilitacije u danima.

## 4.2. Mjerni instrumenti i varijable procjene

Za provjeru učinka terapije među ispitanicima mjerena je snaga donjih ekstremiteta, tonus donjih ekstremiteta te GMFM zbroj u inicijalnom i finalnom mjerenju. Nad svim ispitanicima proveden je isti postupak procjene. Fizioterapeut pravilno pozicionira pacijenta u robotski uređaj Lokomat te kada je pacijent siguran započinje s testiranjem.



Slika 6. Prikaz mjerenja na Lokomatu

Izvor: hocoma.com

### 4.2.1. L- FORCE

L-FORCE služi za procjenu izometričke sile koju pacijent generira u statičkom položaju za sku. Lokomat pomiče noge na 30° u zglobovima kuka i 45° u zglobovima koljena te ostaje u tom početnom položaju skupine mišića pregibača i ispružaća zglobova kuka i koljena (45).





Slika 7. Prikaz mjerenja L-Force

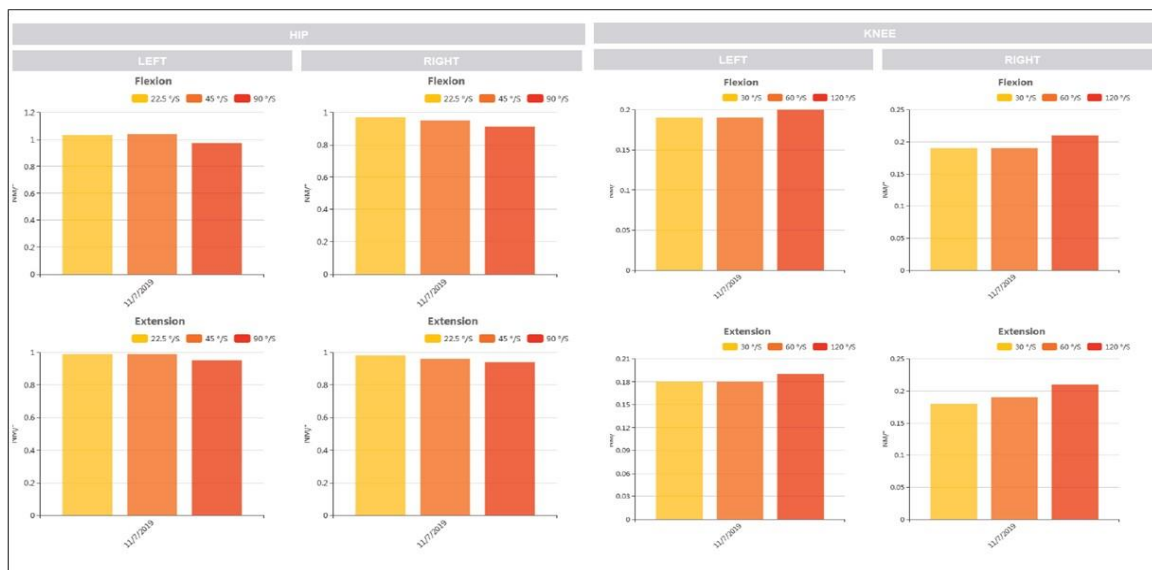
Izvor: hocoma.com

#### 4.2.2. L-STIFF

L-STIFF mjeri mehaničku otpornost na pomicanje, takozvanu ukočenost zgloba kuka i koljena tijekom pasivnih pokreta fleksije i ekstenzije. Mjerenje se provodi pri tri različite brzine:  $30^\circ / s$ ,  $60^\circ / s$  i  $120^\circ / s$  za koljeno i  $22,5^\circ / s$ ,  $45^\circ / s$  i  $90^\circ / s$  za kuk. Uzorak kretanja unaprijed je postavljen u softveru. Opseg pokreta terapeut može prilagoditi prema pacijentovim mogućnostima (45)

L-STIFF vam može pomoći u razumijevanju oštećenja pacijenta i pruža informacije o otpornosti zglobova na mehanička pomaka - ukočenosti. Ukočenost mogu uzrokovati ne samo spastičnost već i drugi čimbenici kao što su mišićne kontrakture, deformacije zglobova ili neuromuskularne patologije. Stoga se vrijednosti L-STIFF moraju pažljivo protumačiti i nadopuniti ostalim kliničkim procjenama koje provode educirani i vješti terapeuti (45).

L-STIFF je klinički potvrđen mjerenjem vrijednosti L-STIFF i vrijednosti Modificirane skale Ashworth (MAS) kod više pacijenata. Statistički gledano, što je veća vrijednost L-STIFF, to je veća i vrijednost MAS (Lünenburger i sur., 2005.). Međutim, L-STIFF procjena ne mjeri spastičnost ili MAS vrijednosti same po sebi (45).



Slika 8. Prkaz grafova iz mjerenja L-STIFF

Izvor: hocoma.com

Prikazani su pojedinačni grafikoni za pojedinačne zglobove i pravce kretanja fleksije i ekstenzije. Stupci predstavljaju krutost u  $\text{Nm} / ^\circ$  za svaku ispitivanu brzinu. Boje označavaju različite brzine mjerenja. Ako je vrijednost L-STIFF negativna, moguće je da je pacijent aktivno podržavao pokret (45).

L-STIFF algoritam oslanja se na pretpostavke o biomehaničkim parametrima pacijenta (npr. masa nogu) koji se procjenjuju iz mase (tjelesne težine) i duljinama nogu pacijenta te mehanički model nogu Lokomata (trenje, mase, duljina, itd.) Ovo se mjerenje smatra pouzdanom sve dok se poštuju sljedeće smjernice (45):

- pretpostavke se temelje na vrijednostima unesenim u postavke pacijenta u uređaju Lokomat (težina, visina, duljina gornje i potkoljenice)
- uvijek se koristite iste postavke hardvera, nogavica, manšeta i duljine za sva mjerenja ako se uspoređuju
- paziti da trake nisu ponovno podešene između mjerenja.
- L-STIFF pretpostavlja da je pacijent u opuštenom stanju. Ako se pacijent tijekom procjene kreće, to će utjecati na mjeru. Terapeut treba potaknuti pacijenta da se opusti tijekom mjerenja.

- položaj gornjeg dijela tijela pacijenta ne smije se mijenjati između ili tijekom mjerenja.
- pacijent ne smije nositi krutu odjeću (npr. traperice) ili vrlo teške cipele (teške cipele povećavaju masu segmenta nogu, što utječe na procjenu ukočenosti, posebno pri velikim brzinama).
- mjerenje se provodi tijekom istih faza treninga u više ponavljanja.
- uspoređuju se vrijednosti i trendovi u više ponavljanja (idealno > 3).

#### **4.2.2. GMFM-88**

Mjera grubih motoričkih funkcija (u daljnjem tekstu GMFM, prema Gross Motor Function Measure) je standardizirani opservacijski instrument razvijen za djecu s CP ili Down sindromom (59). Razvijena je za kliničke i istraživačke svrhe (60) i pokazala se vrijednom i pouzdanom u mjerenju klinički značajnih promjena na području grube motorike kod djece s CP (61). Temeljno obilježje GMFM – a je unidimenzionalnost, što znači da mjeri isključivo jednu dimenziju – grubu motoričku funkciju. Originalna verzija GMFM –88 a sastoji se od 88 zadataka podijeljenih u pet položaja tj. mjernih dimenzija:

- ležanje i okretanje (17 zadataka)
- sjedenje (20 zadataka)
- puzanje (14 zadataka)
- stajanje (13 zadataka)
- hodanje, trčanje i skakanje (24 zadatka).

Zadaci GMFM-88 ocjenjuju se ocjenama od 0 do 3 po principu:

0 = ne izvodi zadatak (ne započinje izvedbu)

1 = započinje izvođenje zadatka (izvodi manje od 10% zadatka)

2 = djelomično izvodi zadatak (izvodi između 10 i 100% zadatka)

3 = izvodi zadatak u potpunosti

Ukupni rezultat GMFM –88 je zbroj rezultata svih pet mjernih dimenzija podijeljen s brojem dimenzija, a izražen je kao postotak (Slika 9).

### GMFM-88 SUMMARY SCORE

DIMENSION	CALCULATION OF DIMENSION % SCORES			GOAL AREA
				<small>(indicated with ✓ check)</small>
A. Lying & Rolling	Total Dimension A	= $\frac{51}{51} \times 100 =$	_____ %	A. <input type="checkbox"/>
B. Sitting	Total Dimension B	= $\frac{60}{60} \times 100 =$	_____ %	B. <input type="checkbox"/>
C. Crawling & Kneeling	Total Dimension C	= $\frac{42}{42} \times 100 =$	_____ %	C. <input type="checkbox"/>
D. Standing	Total Dimension D	= $\frac{39}{39} \times 100 =$	_____ %	D. <input type="checkbox"/>
E. Walking, Running & Jumping	Total Dimension E	= $\frac{72}{72} \times 100 =$	_____ %	E. <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL SCORE =</b>	$\frac{\%A + \%B + \%C + \%D + \%E}{\text{Total \# of Dimensions}}$			
	=	$\frac{\quad}{5}$	= _____ = _____ %	
<b>GOAL TOTAL SCORE =</b>	$\frac{\text{Sum of \%scores for each dimension identified as a goal area}}{\text{\# of Goal areas}}$			
	=	_____	= _____ %	

Slika 9. Ukupni GMFM – 66 rezultat.

Izvor: Russel DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M. Gross Motor Function Measure (GMFM – 66 & GMFM – 88) User's Manual: Clinics in Developmental Medicine, No. 159. London, England: Mac Keith Press, 2002

Svrha korištenja ovog instrumenta procjene jest praćenje promjena u djetetovoj gruboj motoričkoj funkcij u određenom vremenskom periodu, nakon provedene intervencije i/ili u istraživanju učinkovitosti intervencija kod djece s CP-om (63). Istraživanja Russella i suradnika pokazuju kako je GMFM-88 test pouzdan i koristan instrument za procjenu motoričke funkcije i ishoda tretmana djece s CP-om. U procjeni ishoda fizioterapijskog tretmana isti se instrument pokazao kao dovoljno osjetljiv za pozitivne i negativne promjene u motoričkoj izvedbi djece s CP-om (33).

### ***4.3. Metode statističke obrade podataka***

Rezultati analize prikupljenih numeričkih podataka opisani su medijanom, interkvartilnim rasponom te ukupnim rasponom, a prezentirani su u tablicama ili grafički sa grafom Kutija i brkovi, gdje brkovi grafa predstavljaju ukupni raspon, širina kutije interkvartilni raspon, a crta kroz kutiju predstavlja vrijednost medijana na grafikonu. Kategorijski podaci prikazani su apsolutnim frekvencijama i proporcijama.

Za usporedbu kategorijskih podataka korišten je Hi Kvadrat test, dok je za usporedbu numeričkih zavisnih podataka korišten Wilcoxonov test sume rankova.

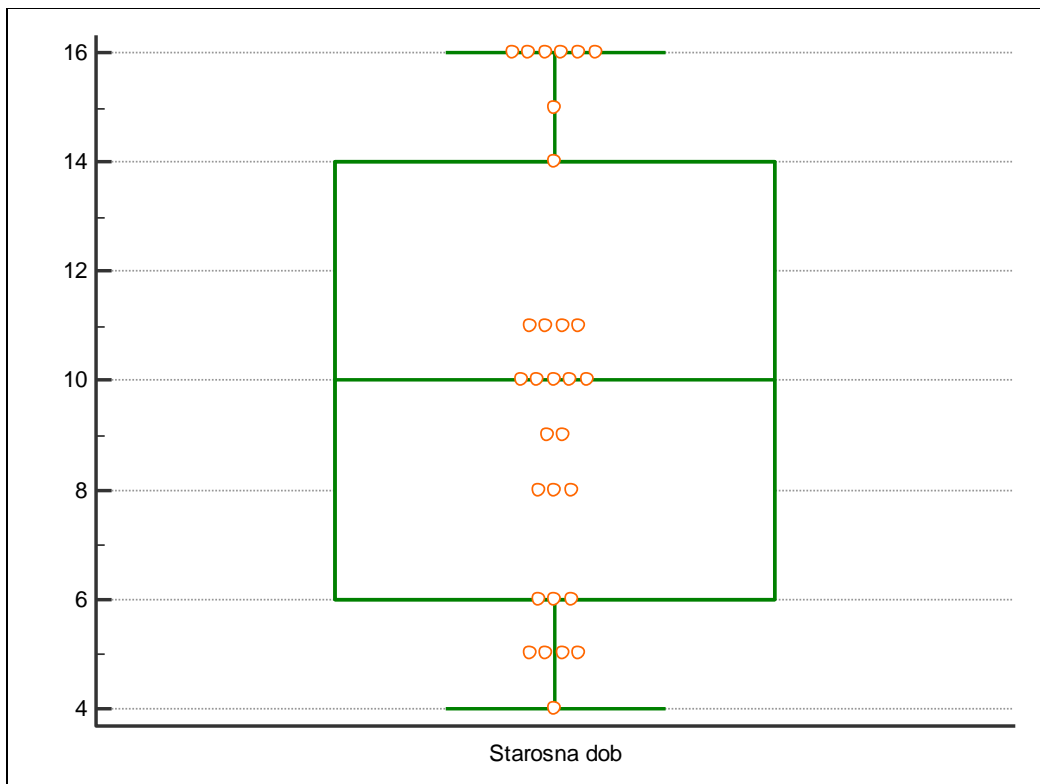
Statistička analiza učinjena je programskim sustavom MedCalc (inčica 19.3.1, MedCalc Software bvba), uz odabranu razinu značajnosti od  $\alpha=0,05$ . Sve P vrijednosti su dvostrane.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Opis pacijenata

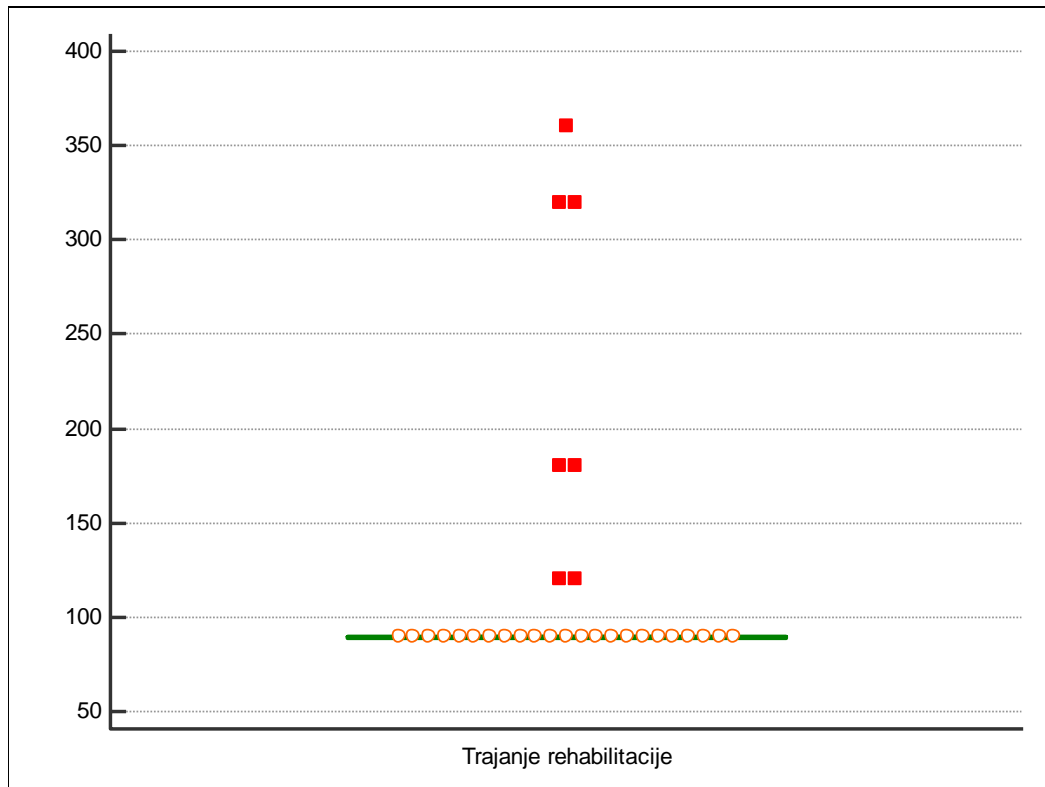
U istraživanju je sudjelovalo ukupno 30 pacijenata sa specifičnom cerebralnom paralizom prosječne starosne dobi od 10 (medijan) godina (Slika 10). U istraživanju je sudjelovalo podjednako pacijenata oba spola: 46,7% djevojčica i 53,3% dječaka (Hi-Kvadrat test,  $P=0,79$ ).

Slika 10. Distribucija dobi pacijenata



Za većinu pacijenata rehabilitacija je trajala 90 (medijan) dana, za dvoje je trajala 120, za dvoje 180, za dvoje 320 te za jdnog pacijenta maksimalnih 360 dana (Slika 11).

Slika 11. Distribucija dana provedenih u rehabilitaciji



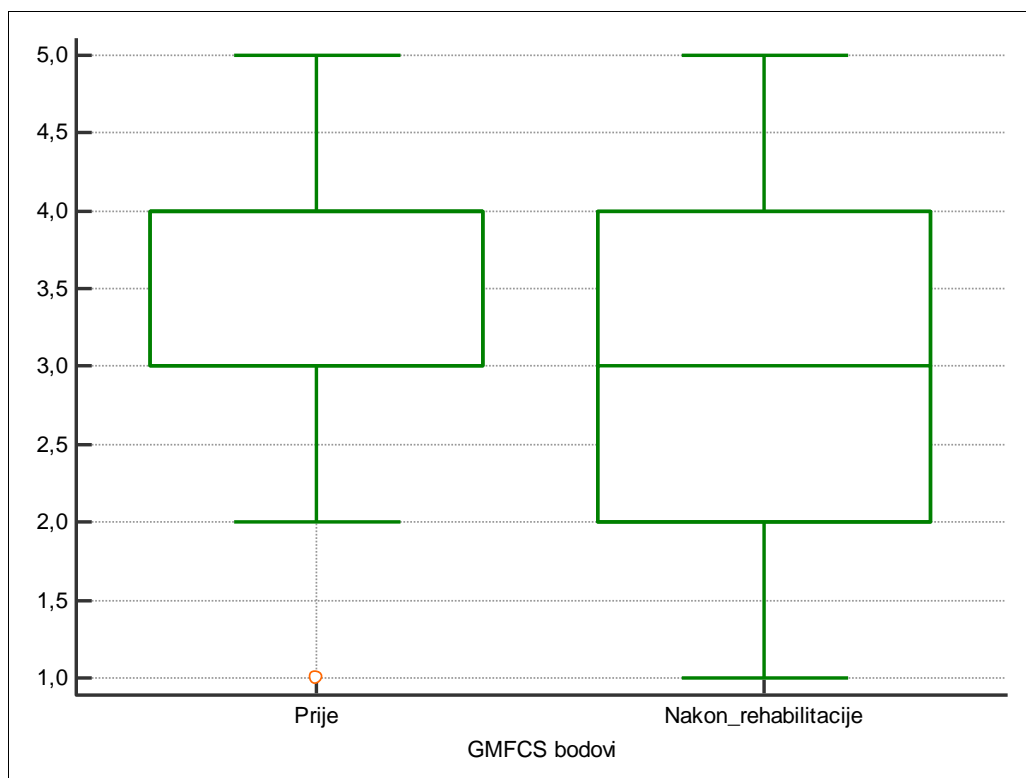
## 5.2. Ukupni rezultati rehabilitacijskog liječenja

Usporedba parametara prije te nakon rehabilitacije pokazuje koliko je poboljšanje postignuto tijekom rehabilitacije. Prikazani su GMFCS koji označava u kojoj je dijete klasifikacijskoj kategoriji (od 1 za najlakše oštećenje do maksimalnih 5) te ukupni bodovi postignuti GMFM-88 testom.

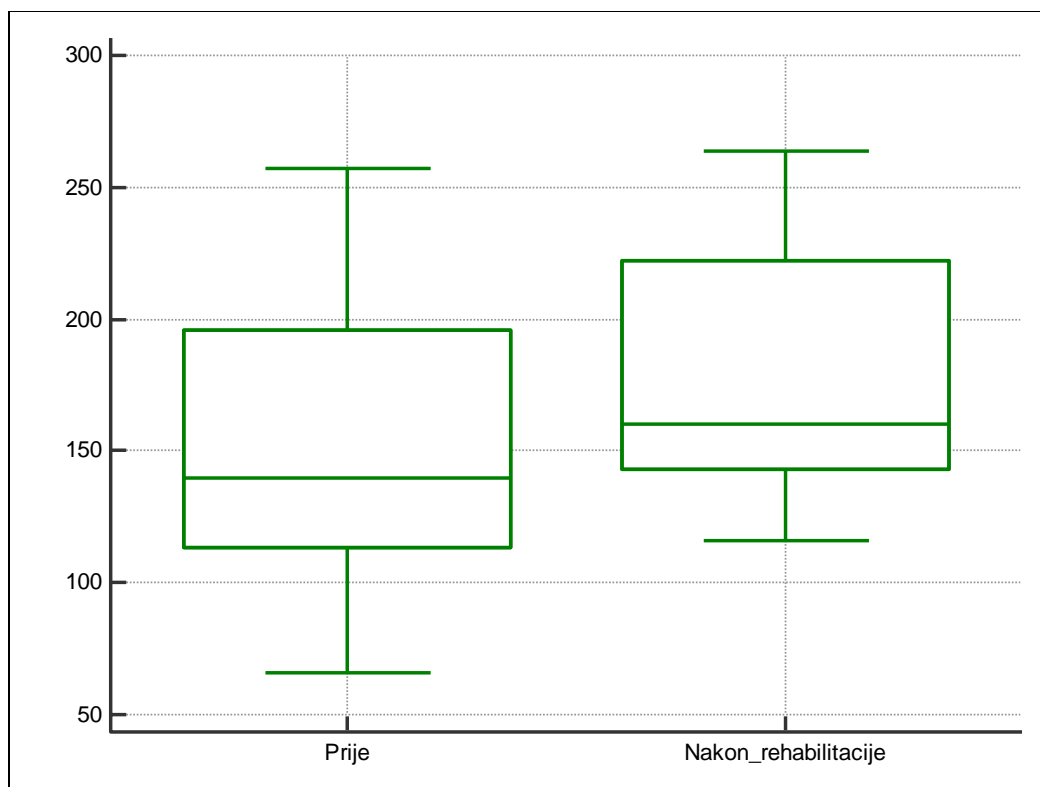
Vrijednost GMFCS je u prosjeku statistički značajno manja nakon rehabilitacije (Wilcoxonov test,  $P < 0,001$ ). Smanjena je za jedan stupanj, sa prosječnih 4 (medijan) uz interkvartilni raspon od 3 do 4 na prosječnih 3 (medijan) uz interkvartilni raspon od 2 do 4 stupnja. (Slika 12).

Ukupni bodovi postignuti GMFM-88 testom su statistički značajno povećani nakon rehabilitacije (Wilcoxonov test,  $P < 0,001$ ). U prosjeku su povećani za 20 bodova, sa prosječnih 140 (medijan) uz interkvartilni raspon od 113 do 196 na prosječnih 160 (medijan) uz interkvartilni raspon od 143 do 222 boda (Slika 13).

Slika 12. Usporedba distribucije GMFCS prije i nakon rehabilitacije



Slika 13. Usporedba distribucije bodova postignutih GMFM-88 testom prije i nakon rehabilitacije





Usporedba bodova postignutih GMFM-88 testom za svaku pojedinu dimenziju također je pokazala statistički značajno poboljšanje tijekom rehabilitacije (Tablica 2).

Tablica 2. Usporedba distribucije bodova postignutih GMFM-88 testom za svaku pojedinu dimenziju prije i nakon rehabilitacije

	Prije			Nakon			P*
	Medijan	interkvartilni raspon		Medijan	interkvartilni raspon		
		25%	75%		25%	75%	
1. DIMENZIJA	49,0	41,75	51,0	51,0	49,0	51,0	0,001
2. DIMENZIJA	43,0	38,0	57,5	53,5	49,0	60,0	<0,001
3. DIMENZIJA	30,5	24,25	39,0	37,0	29,0	40,0	<0,001
4. DIMENZIJA	12,0	3,0	25,0	15,0	9,0	31,25	<0,001
5. DIMENZIJA	8,0	0,0	31,0	12,0	8,0	44,0	<0,001

\* Wilcoxonov test

### 5.3. Usporedba L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja

Usporedba L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja pokazala je statistički značajno poboljšanje, odnosno prosječno povećanje snage za sve promatrane parametre tijekom rehabilitacije (Tablica 3).

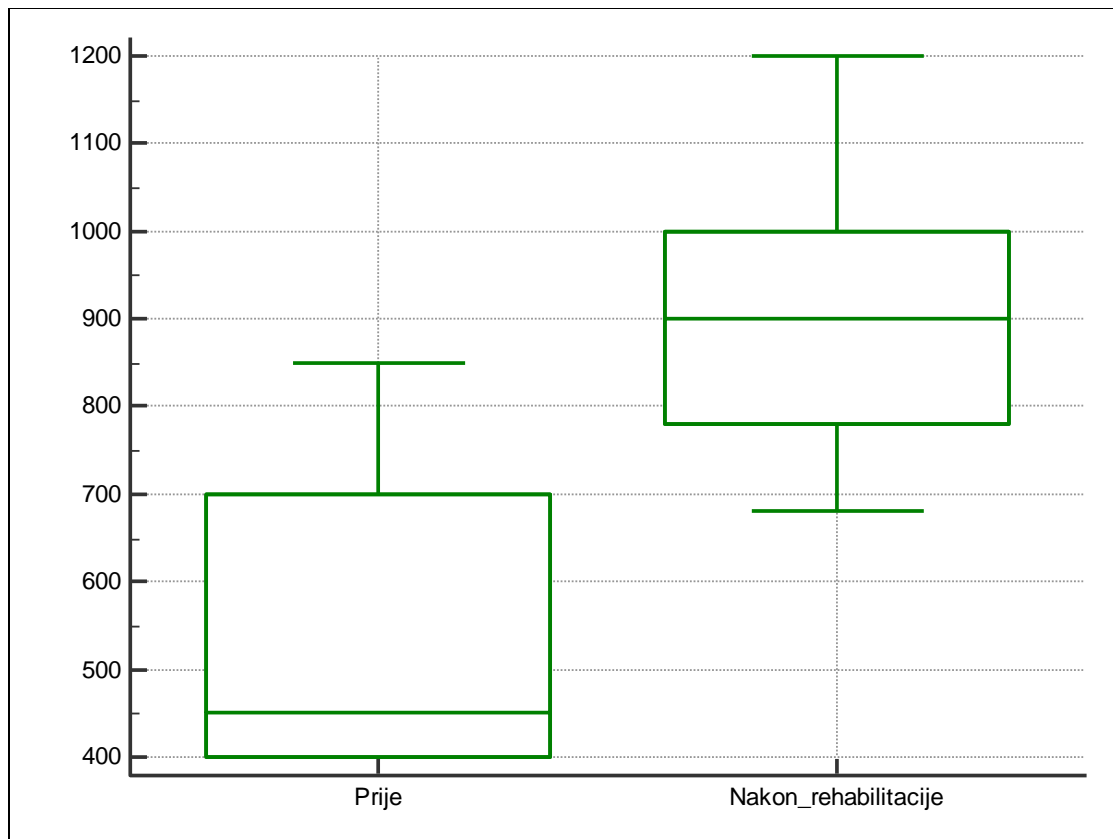
Mjerena je također dužina staze koju su uspjeli prehodati u metrima, te je dobiveno statistički značajno poboljšanje nakon provedene rehabilitacije (Wilcoxonov test,  $P < 0,001$ ). Sa početnih prosječnih 450 (medijan) metara dužina staze se produžila na prosječnih 900 (medijan) metara (Slika 14).

Tablica 3. Usporedba distribucije L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacije

	Prije			Nakon			P*
	Medijan	interkvartilni raspon		Medijan	interkvartilni raspon		
		25%	75%		25%	75%	
FLEX.KUK.L	6,0	4,0	9,0	16,5	10,0	26,0	<0,001
FLEX.KUK.D.	5,0	4,0	8,0	18,0	11,0	22,0	<0,001
FLEX.KOLJENO L.	1,0	0,0	2,2	7,5	5,0	12,0	<0,001
FLEX.KOLJENO D.	1,5	0,9	4,0	7,0	4,0	13,0	<0,001
EXT.KUK L.	2,0	1,0	3,5	9,0	4,0	11,0	<0,001
EXT.KUK D	2,0	1,0	5,0	11,0	4,5	20,0	<0,001
EXT.KOLJENO L.	2,0	0,0	7,0	7,0	4,5	12,0	<0,001
EXT.KOLJENO D.	4,0	2,0	6,0	8,0	5,0	12,0	<0,001

\* Wilcoxonov test

Slika 14. Usporedba postignute dužine hodne pruge u metrima prije i nakon rehabilitacije



#### 5.4. Usporedba L-STIFF parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja:

Usporedba L-STIFF parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja pokazala je određeno smanjenje tonusa, no razlike nisu statistički značajne (Tablica 4).

Tablica 4. Usporedba distribucije L-stiff parametara prije i nakon rehabilitacije

	Prije			Nakon			P*
	Medijan	interkvartilni raspon		Medijan	interkvartilni raspon		
		25%	75%		25%	75%	
FLEX.KUK.L	0,27	0,25	0,30	0,25	0,20	0,30	0,77
FLEX.KUK.D.	0,30	0,22	0,40	0,25	0,20	0,30	0,20
FLEX.KOLJENO L.	0,11	0,06	0,12	0,10	0,03	0,14	0,25
FLEX.KOLJENO D.	0,11	0,06	0,20	0,09	0,05	0,13	0,16
EXT.KUK L.	0,28	0,22	0,30	0,26	0,20	0,32	0,73
EXT.KUK D	0,29	0,20	0,31	0,25	0,17	0,30	0,75
EXT.KOLJENO L.	0,09	0,06	0,14	0,08	0,03	0,15	0,20
EXT.KOLJENO D.	0,10	0,06	0,21	0,10	0,05	0,20	0,74

\* Wilcoxonov test

## 6. RASPRAVA

Provedeno istraživanje je pokazalo kako je utjecaj robotskog uređaja Lokomata na povećanje funkcionalnosti imao pozitivan učinak, dok se na smanjenje tonusa i spazma u donjim ekstremitetima kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom nije pokazala statistički značajna razlika.

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 30 pacijenata sa spastičnom cerebralnom paralizom prosječne starosne dobi od 10 (medijan) godina. U istraživanju je sudjelovalo podjednako pacijenata oba spola: 46,7% djevojčica i 53,3% dječaka ( $P=0,79$ ). Usporedba parametara prije i nakon rehabilitacije pokazuje koliko je poboljšanje postignuto tijekom rehabilitacije. Prikazane su kategorije GMFCS-a, koji označava u kojoj je dijete klasifikacijskoj kategoriji te ukupni bodovi postignuti GMFM-88 testom. Vrijednost GMFCS-a je u prosjeku statistički značajno manja nakon rehabilitacije ( $P<0,001$ ). Smanjena je za jedan stupanj, sa prosječnih 4 (medijan) uz interkvartilni raspon od 3 do 4 na prosječnih 3 (medijan) uz interkvartilni raspon od 2 do 4 stupnja.

Ukupni bodovi postignuti GMFM-88 testom su statistički značajno povećani nakon rehabilitacije ( $P<0,001$ ). U prosjeku su povećani za 20 bodova, sa prosječnih 140 (medijan) uz interkvartilni raspon od 113 do 196 na prosječnih 160 (medijan) uz interkvartilni raspon od 143 do 222 boda. Usporedba bodova postignutih GMFM-88 testom za svaku pojedinu dimenziju također je pokazala statistički značajno poboljšanje tijekom rehabilitacije. Prema studiji Klobucka i suradnika iz 2013. godine rezultati su pokazali statistički značajna poboljšanja u svim dimenzijama GMFM-88 nakon terapije robotskim uređajem Lokomatom. Poboljšanja GMFM-88 u dimenzijama A, B i C bila su znatno veća kod pacijenata GMFCS III, IV u odnosu na pacijente koji pripadaju skupini GMFCS I, II. Suprotno tome, poboljšanja u dimenzijama GMFM-88 D i E bila su veća kod GMFCS I i II, ali nisu bila statistički značajna (64).

Usporedba L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja pokazala je statistički značajno poboljšanje, odnosno prosječno povećanje snage za sve promatrane parametre tijekom rehabilitacije. Lokomat pomoću mjernog instrumenta L-FORCE omogućuje mjerenje maksimalnog dobrovoljnog izometrijskog momenta (MVIT) na zglobovima koljena i kuka u stojećem položaju, što je najbližije položaju zauzetom tijekom hodanja. Pouzdanost parametra L-FORCE kod djece s cerebralnom paralizom (CP) provjerili

su Cherni i suradnici. Glavni cilj studije bio je procijeniti pouzdanost L-Force-a u CP populaciji uz korelaciju između L-Force i ručnog dinamometra. Studija je pokazala kako je L-FORCE parametar pouzdan za kvantificiranje momenta fleksora i ekstenzora kuka i koljena kod djece s cerebralnom paralizom s važnim uštedama vremena i funkcionalnijim držanjem tijela od konvencionalnog ručnog dinamometra (65). Isto tako, Švicarska studija je otkrila da terapija Lokomatom potiče više fizioloških obrazaca aktivacije mišića u usporedbi s hodanjem na traci bez potpore. Terapije uz pomoć robota mogu nadopuniti konvencionalnu fizikalnu terapiju kod djece s neurološkim poremećajima kretanja. Do zaključka su došli istraživanjem obrazaca aktivnosti površinske elektromiografije (sEMG) tijekom terapije hoda uz pomoć robota (sa i bez motivacijskih uputa terapeuta) i hodanja na pokretnoj traci bez podrške te su ih usporedili s fiziološkim uzorcima. Robotski asistirana terapija hoda Lokomatom uz terapijsko poticanje na odgovarajući način povećava mišićnu aktivnost te općenito može potaknuti fiziološke obrasce aktivacije mišića, što može ukazivati da terapija robotskim uređajem ne koristi kompenzacijske mehanizme (66).

Konvencionalna fizioterapija trebala bi se nadopuniti robotski asistiranom terapijom hoda kako bi se povećao broj ponavljanja koraka, povratnih informacija, motivacije i dodatnih simultano izvršenih zadataka osim hodanja. U tri studije zamijećen je pojačani učinak na facilitaciju aktivnog sudjelovanja kroz pojačanu povratnu spregu (engl. “augmented feedback”) primjenom video igara s virtualnom stvarnosti koje su dodatno motivirale djecu da pojačaju svoj odgovor na različite stupnjeve zahtjevnosti treninga tijekom rehabilitacije (49).

U ovoj studiji mjerena je dužina hodne pruge koju su uspjeli prehodati u metrima, te je dobiveno statistički značajno poboljšanje nakon provedene rehabilitacije ( $P < 0,001$ ). Sa početnih prosječnih 450 (medijan) metara dužina staze se produžila na prosječnih 900 (medijan) metara. Metaanaliza koja je uključivala 10 studija pokazala je pozitivne učinke na brzinu hoda, izdržljivost i GMFM-88 u dimenzijama D i E. Dobiveni rezultati sugeriraju da ovaj način neurorehabilitacije koristi osobama s cerebralnom paralizom (67).

Usporedba L-STIFF parametara prije i nakon rehabilitacijskog liječenja pokazala je određeno smanjenje spazma, no razlike nisu statistički značajne, odnosno poboljšanje nije toliko veliko da statistika detektira razliku, jer je ona nešto manja nego u drugim podacima, Istraživanje bi bilo statistički značajno na većem uzorku, po zahtjevima statistike na 64 ispitanika.

Studija Groleger i suradnika je istraživala dugoročni učinak Lokomata te su došli do zaključka kako bi se neuorehabilitacijskom robotskom terapijom spriječilo pogoršanje grube motorike kod djece s cerebralnom paralizom, a posebno kod djece s boljom razinom GMFCS-a, poput one u razini GMFCS III. Trebalo bi uspostaviti dulje razdoblje praćenja, kako bi se točno odredila dugoročna učinkovitost te kako bi se bolje planirala učestalost neurorehabilitacije Lokomatom (68). Prema istraživanju Arellano-Martínez i suradnika, godinu dana nakon terapijskog ciklusa Lokomatom, intervencija je pokazala tendenciju zadržavanja obrazaca hoda samo kod pacijenata liječenih Lokomatom. Učinci primijećeni na skupini koja se rehabilitirala na robotskom uređaju Lokomatu, bilo u kliničkoj procjeni ili parametrima hoda, davali su bolje rezultate nego oni rehabilitirani konvencionalnom terapijom (69).

Danas zbog raznolikih terapijskih pristupa nije potpuno regulirano trajanje robotske neurorehabilitacije u djece kao niti smjernice za intenzitet. Robotika u neurorehabilitaciji kao takva još uvijek nije dovoljno istražena niti dokazana na većim uzorcima. Gotovo u svim ustanovama za rehabilitaciju u svijetu koristi se kao pomoćna metoda u neurorehabilitaciji. Studije u budućnosti bi trebale ispitati učinkovitost Lokomata u djece sa spastičnom cerebralnom paralizom u raznim dobnim skupinama te većim uzorcima i standardiziranim metodama kroz duži vremenski period.

## 7. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje na terapijskom robotskom uređaju Lokomatu pokazalo je pozitivan učinak na povećanje funkcionalnosti, dok se na smanjenje tonusa u donjim ekstremitetima kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom nije pokazala statistički značajna razlika. Mnoga istraživanja dokazuju pozitivan učinak na povećanje funkcionalnosti, koordinacije, balansa, boljeg obrasca hoda te smanjenje sekundarnih komplikacija kod nepokretnih ili slabo pokretnih pacijenata. Zahvaljujući robotskoj neurorehabilitaciji, koja omogućava visoke doze i intenzitete terapije, čime snažno potiče neuroplastičnost mozga, kroz motoričko učenje i ponavljanje zadataka, trebala bi što prije postati ravnopravna metoda u neurorehabilitaciji. Robotska neurorehabilitacija predstavlja revoluciju u medicini. Iako taj način rehabilitacija djeluje pasivno, robot daje vrijeme pacijentu da sam aktivno odradi vježbu, tek ako ne odradi, tada robot pomaže pri izvođenju pokreta.

Zbog heterogenosti terapijskih protokola i nedostatka kvalitetnih randomiziranih studija, liječnici i fizioterapeuti za svakog pojedinca u terapiji kreiraju individualni protokol u svrhu ostvarenja ciljeva. Potrebno je nastaviti raditi longitudinalna istraživanja o rehabilitacijskim robotima, kako bi se dobio opći uvid kvalitete života pacijenata te se još bolje razumjelo kako utječu na cerebralnu paralizu. Također, važno je detaljnije istražiti utjecaj rehabilitacijskih robota, posebice kod djece, kako bi fizioterapeuti mogli kvalitetnije pristupiti rehabilitaciji robotikom, ali i promicanju ove vrste rehabilitacije.

Iako u ovom istraživanju nije statistički dokazan pozitivan utjecaj na smanjenje tonusa kod djece sa spastičnom cerebralnom paralizom, trebalo bi se ponoviti istraživanje s većim uzorkom ispitanika. Mali uzorak ispitanika se pripisuje visokom cijenom neurorehabilitacije robotikom, koja je još uvijek nažalost nedostižna terapija za mnoge.



## 8. LITERATURA

1. Bax M. Terminology and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1964; 6: 295-7.
2. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Pantech N. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Chil Neurol.* 2005; 47: 571-6.
3. Gainsborough M, Surman G, Maestri G, Colver A, Cans C. Validity and reliability of the guidelines of the Surveillance of Cerebral Palsy in Europe for the classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2008; 50: 828-31.
4. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson B. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49 (Suppl. 109): 8 – 14. doi:10.1111/j.14698749.2007.tb12610.x
5. SCPE collaboration. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol.* 2000; 42: 816-24.
6. Ashwal S, Russman BS, Blasco PA, Miller G, Sandler A. Practice parameter; Diagnostic assessment of the child with cerebral palsy. *Neurology.* 2004; 62: 851-63.
7. SCPE collaboration. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol.* 2000; 42: 816-24.
8. Ashwal S, Russman BS, Blasco PA, Miller G, Sandler A. Practice parameter; Diagnostic assessment of the child with cerebral palsy. *Neurology.* 2004; 62: 851-63.
9. SCPE collaboration. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol.* 2002; 44: 633-40.
10. Cans C, Dolk H, Platt MJ et al. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007; 109: 35-8.
11. Mejaški-Bošnjak V. Neurološki sindromi dojenačke dobi i cerebralna paraliza. *Paediatrica Croatica* 2007; 51 (Supl 1): 120-129. Dostupno na: <http://hpps.kbsplit.hr/hpps-2007/pdf/dok26i33.pdf>

12. Nelson KB, Grether JK. Causes of cerebral palsy. *Current Opinion in Pediatrics* 1999; 11: 487-91.
13. Han TR, Bang MS, Lim JY, Yoon BH, Kim IW. Risk factors of cerebral palsy in preterm infants. *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81: 297-303.
14. Wu YW, Colford JM Jr. Chorioamnionitis as a risk factor for cerebral palsy: A metaanalysis. *JAMA* 2000; 284: 1417-24. Dostupno na: doi:10.1001/jama.284.11.1417
15. Kosuge S, Ohkucki A, Minakami H, Matsubara S, Uchida A, Eguchi Y, Honma Y, Sato I. Influence of chorioamnionitis on survival and morbidity in singletons liveborn at <32 weeks of gestation. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2000; 79 (10): 861-5.
16. Ashwall S, Russman BS, Blasco PA, Miller G, Sandler A. Practice Parameter: Diagnostic assessment of the child with cerebral palsy. *Neurology* 2004; 62 (6): 851-63. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1212/01.WNL.0000117981.35364.1B>
17. Kostović I, Judaš M. Transient patterns of organization of the human fetal brain. *Croatian Medical Journal*, 1998; 39 (2): 107-1
18. Smithers – Sheedy H, Badawi N, Blair E, Cans C, Himmelmann K, Krägeloh – Mann I, McIntyre S, Slee J, Uldall P, Watson L, Wilson M. What constitutes cerebral palsy in the twenty – first century? *Dev Med Child Neurol* 2014; 56: 323 – 328. Dostupno na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/dmcn.12262/full>
19. Cans C, McManus V, Crowley M, Guillem P, Platt MJ, Johnson A, Arnaud C. Cerebral palsy of post – neonatal origin: characteristics and risk factors. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2004; 18: 214 – 20.
20. Badawi N, Watson L, Petterson B, Blair E, Slee J, Haan E, Stanley F. What constituted cerebral palsy? *Developmental Medicine & Child Neurology* 1998; 40 (8): 520-7.
21. Krägeloh-Mann I, Cans C. Cerebral palsy update. *Brain Dev*. 2009; 31: 537-44.
22. CP and CP subtypes. Dostupno na: <http://www.scpnetwork.eu/en/my-scpe/rtm/cpand-cp-subtypes/>.
23. Ferriero DM. Cerebral palsy: diagnosing something that is not one thing. *J Curr Opin Pediatr* 1999;11:485-7.

24. Lebedowska MK, Gaebler-Spira D, Burns RS, Fisk JR. Biomechanical characteristics of patients with spastic and dystonic hypertonia in cerebral palsy. *J Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(Issue6):875-80.
25. Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP, Wood D, Van Wijck F, Burridge J, Hermens H, Johnson GR. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. *Disability and Rehabilitation*. 2005; 27 (1 – 2): 2-6.
26. Albright AL. *CNS Drugs* (1995) 4: 17 – 27.
27. Ranatunga KW. Skeletal muscle stiffness and contracture in children with spastic cerebral palsy. *J Physiol*. 2011; 589 (11): 2665. Dostupno na: <https://dx.doi.org/10.1113%2Fjphysiol.2011.209981>
28. Spastic cerebral palsy. Dostupno na: <https://www.cerebralpalsy.org.au/what-is-cerebral-palsy/types-of-cerebral-palsy/spastic-cerebral-palsy/>.
29. Bar – On L, Molenaers G, Aertbeliën E, Van Campenhout A, Feys H, Nuttin B, Desloovere K. Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. *BioMed Research International*, 2015; (2015): 1 – 10. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/317047>
30. Sinkjaer T, Andersen JB, Nielsen JF, Hansen HJ. Soleus long – latency stretch reflexes during walking in healthy and spastic humans. *Clinical Neurophysiology*. 1999; 110 (5): 951 – 959. Dostupno na: [http://dx.doi.org/10.1016/S13882457\(99\)00034-6](http://dx.doi.org/10.1016/S13882457(99)00034-6)
31. Palisano RJ, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston MH. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50(10):744-750.
32. Shevell MI, Dagenais L, Hall N; REPACQ CONSORTIUM\*. The relationship of cerebral palsy subtype and functional motor impairment: a population-based study. *Dev Med Child Neurol*. 2009;51(11):872-877.
33. Katušić, A., Milašević, D. i Gagula, J. (2019). Instrumenti procjene grubih motoričkih funkcija u djece s cerebralnom paralizom. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 55 (1), 59-67. <https://doi.org/10.31299/hrri.55.1.6>

34. Katušić A. Cerebralna paraliza: redefiniranje i reklasifikacija. Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja. 2012, Vol 48, br. 1, 117 – 126.
35. Oljača A, Schnurrer – Luke - Vrbanić T, Avancini - Dobrović V, Kraguljac D. Neurorehabilitacija u pacijenata nakon preboljelog moždanog udara. Medicina fluminensis. 2016; 52(2): 165 – 175. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/158497>
36. Nikolić G. Medicina - perspektivno područje primjene robotike. Polytechnic & design. 2016; 4(3): 208-224. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/191499>
37. Schnurrer - Luke - Vrbanić T. Robotika u neurorehabilitaciji: jučer, danas, sutra. Fizikalna i rehabilitacijska medicina. 2016; 28(1-2): 14-23. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/163321>
38. Karabegović I, Karabegović E, Husak E. Primjena servisnih robota u rehabilitaciji i pomoći bolesnicima. Medicina Fluminensis. 2013; 49(2): 167-174. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/103482>
39. Baniček Šoša I, Mršić D, Imgrund J, Nemvra J, Jajić O. Učinak primjene robotičkog sustava u neurorehabilitaciji ruke osoba koje su preboljele moždani udar. Physiotherapia Croatica. 2016; 14(1): 32-37. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/174014>
40. Schnurrer – Luke - Vrbanić T, Avancini - Dobrović V, Bakran Ž, Kadojić M. Smjernice za rehabilitaciju osoba nakon moždanog udara. Fizikalna i rehabilitacijska medicina. 2016; 20 (3-4): 237-269. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/163304>
41. Đurđević N. Elektromehanički roboti u rehabilitaciji hoda kod bolesnika nakon preboljelog moždanog udara. Diplomski rad. Medicinski fakultet. Rijeka; 2016.
42. Buterin M. Rehabilitacija bolesnika s oštećenjem nervusa peroneusa. Završni rad. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija. Split; 2014.
43. Fizioterria.org. Dostupno na: <https://fizioterria.com/2012/12/20/emg-biofeedback-i-dio/>
44. MedlinePlus.org. Dostupno na: <https://medlineplus.gov/stroke.html>
45. <https://hocoma.com> Pristupljeno 25.4.2020.
46. Mehrholz J, Pohl M, Platz T et al. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. Cochrane Database Syst Rev. 2015; 11: CD006876.

47. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, (The PRISMA Group) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009; 6: e1000097.
48. Borggraefe I, Klaiber M, Schuler T, Warken B, Schroeder SA, Heinen F et al. Safety of roboticassisted treadmill therapy in children and adolescents with gait impairment: A bi-centre survey. *Dev Neurorehabil.* 2010; 13: 114-9.
49. Rutović S, Cvitanović N.K, Glavić J. Neurorehabilitacija robotikom u pedijatriji. *Paediatr Croat.* 2019; 63 (Supl 1): 128-131
50. Frascarelli F, Masia L, Di Rosa G, Cappa P, Petrarca M, Castelli E et al. The impact of robotic rehabilitation in children with acquired or congenital movement disorders. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2009; 45 (1): 135-41.
51. Fasoli SE, Fragala-Pinkham M, Hughes R, Hogan N, Krebs HI, Stein J. Upper limb robotic therapy for children with hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2008; 87 (11): 929-36.
52. Ladenheim B, Altenburger P, Cardinal R et al. The effect of random or sequential presentation of targets during robot-assisted therapy on children. *NeuroRehabilitation.* 2013; 33 (1): 25-31.
53. Fluet GG, Qiu Q, Kelly D et al. Interfacing a haptic robotic system with complex virtual environments to treat impaired upper extremity motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation.* 2010; 13 (5): 335-45.
54. Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Peri E, Servodio Iammarone F, Gagliardi C. May new technologies improve upper limb performance in grown up diplegic children? *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2016; 52 (5): 672-81.
55. Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, Cosentino A, Waldner A, Hesse S et al. Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011; 90 (2): 137-49.
56. Druzbecki M, Rusek W, Szczepanik M, Dudek J, Snela S. Assessment of the impact of orthotic gait training on balance in children with cerebral palsy. *Acta Bioeng Biomech.* 2010; 12: 53-8.

57. Patritti B, Sicari M, Deming L, Romaguera F, Pelliccio MM, Kasi P et al. The role of augmented feedback in pediatric robotic-assisted gait training: A case series. *Technol Disabil.* 2010; 22: 215-27.
58. Borggraefe I, Meyer-Heim A, Kumar A, Schaefer JS, Berweck S, Heinen F. Improved gait parameters after robotic-assisted locomotor treadmill therapy in a six year old child with cerebral palsy. *Mov Disord.* 2008; 23: 280-2.
59. Russel D, Palisano R, Walter S, Rosenbaum P, Gemus M, Gowland C, Galuppi B, Lane M. Evaluating motor function in children with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol.* 1998; 40: 693 – 701. Dostupno na: doi:10.1111/j.1469-8749.1998.tb12330.x
60. Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, Palisano RJ, Russell DJ, Raina P, Wood E, Bartlett DJ, Galuppi BE. Prognosis for Gross Motor Function in Cerebral Palsy: creation of motor development curves. *JAMA.* Sep 18, 2002; 288 (11): 1357 – 63. doi:10.1001/jama.288.11.1357
61. Russell DJ, Rosenbaum PL, Cadman DT, Gowland C, Hardy S, Jarvis S. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Dev Med Child Neurol.* 1989; 31 (3): 341 – 352.
62. Russel DJ, Avery LM, Rosenbaum PL, Raina PS, Walter SD, Palisano RJ. Improved Scaling of the Gross Motor Function Measure for Children With Cerebral Palsy: evidence of reliability and validity. *Phys Ther.* 2000; 80 (9): 873 – 885.
63. Russel DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M. Gross Motor Function Measure (GMFM – 66 & GMFM -88) User's Manual: Clinics in Developmental Medicine, No. 159. London, England: Mac Keith Press, 2002.
64. Klobucká S, Kováč M, Žiaková E, Klobucký R. Effect of Robot-Assisted Treadmill Training on Motor Functions Depending on Severity of Impairment in Patients with Bilateral Spastic Cerebral Palsy. 2013. doi: 10.12970/2308-8354.2013.01.02.1
65. Cherni Y, Girardin-Vignola G, Ballaz L, Begon M. Reliability of maximum isometric hip and knee torque measurements in children with cerebral palsy using a paediatric exoskeleton - Lokomat. *Neurophysiol Clin.* 2019;49(4):335-342. doi:10.1016/j.neucli.2018.12.001

66. Aurich Schuler, T., Müller, R. & van Hedel, H.J. Leg surface electromyography patterns in children with neuro-orthopedic disorders walking on a treadmill unassisted and assisted by a robot with and without encouragement. *J NeuroEngineering Rehabil* 10, 78 (2013). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-78>
67. Carvalho I, Pinto SM, Chagas DDV, Praxedes Dos Santos JL, de Sousa Oliveira T, Batista LA. Robotic Gait Training for Individuals With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(11):2332-2344.  
doi:10.1016/j.apmr.2017.06.018
68. Groleger Sršen K., Pišek I., Novak Z., Jemec I., Majdič N. Efficiency of robot assisted gait training on Lokomat® for children with cerebral palsy. 2017.
69. Arellano-Martínez IT, Rodríguez-Reyes G, Quiñones-Uriostegui I, Arellano-Saldaña ME. Spatial-temporal analysis and clinical findings of gait: comparison of two modalities of treatment in children with cerebral palsy-spastic hemiplegia. 2013;81(1):14-20.

## **9. PRILOZI**

### **Tablice:**

Tablica 1. Prikaz ispitanika u istraživanju po spolu, dobi, trajanju rehabilitacije u danima

Tablica 2. Usporedba distribucije bodova postignutih GMFM testom za svaku pojedinu dimenziju prije i nakon rehabilitacije

Tablica 3. Usporedba distribucije L-FORCE parametara prije i nakon rehabilitacije

Tablica 4. Usporedba distribucije L-stiff parametara prije i nakon rehabilitacije

### **Slike:**

Slika 1. Dijagnostički hodogram za određivanje i svrstavanje CP u SCPE registar

Slika 2. Hodogram za podtipove CP

Slika 3. Zastupljenost podtipova CP

Slika 4. GMFCS klasifikacijski sustav za CP

Slika 5. Robot za donje ekstremitete- Lokomat

Slika 6. Prikaz mjerenja na Lokomatu

Slika 7. Prikaz mjerenja L-Force

Slika 8. Prkaz grafova iz mjerenja L-STIFF

Slika 9. Ukupni GMFM – 66 rezultat.

Slika 10. Distribucija dobi pacijenata

Slika 11. Distribucija dana provedenih u rehabilitaciji

Slika 12. Usporedba distribucije GMFCS prije i nakon rehabilitacije



Slika 13. Usporedba distribucije bodova postignutih GMFM testom prije i nakon rehabilitacije

Slika 14. Usporedba postignute dužine hodne pruge u metrima prije i nakon rehabilitacije

## 10. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI:

<b>Ime i Prezime</b>	Ana Benković
Adresa	Zrinski Frankopana 28 10450 Jastrebarsko
Država	Hrvatska
Telefon	099 745 21 08 (mobitel)
E – mail	benkovicana18@gmail.com
Datum rođenja	18.08.1992.

### OBRAZOVANJE

<b>1999.-2007.</b>	Osnovna škola  OŠ Ljubo Babić  Jastrebarsko
2007. – 2011.	Srednja škola „Jastrebarsko“ Smjer: Opća gimnazija
2011. - 2014.	Zdravstveno veleučilište Zagreb Stručni studij fizioterapije
2017. -	Fakultet zdravstvenih studija Rijeka Diplomski sveučilišni studij fizioterapije – razlikovna godina
<b><u>STRUČNA SPREMA</u></b>	Prvostupnica fizioterapije (bacc.physioth)

**DODATNO** NRT Bobath terapeut  
**OBRAZOVANJE** HUNRBT, Zagreb (2018.)

**RADNO ISKUSTVO**

2014. – 2015. Specijalna bolnica za zaštitu djece s neurorazvojnim i motoričkim smetnjama  
Goljak 2, Zagreb  
Stručno osposobljavanje za prvostupnika fizioterapije

2017. - Poliklinika Glavić Zagreb  
Prvostupnica fizioterapije

**DODATNA ZNANJA**

STRANI JEZICI Engleski, Njemački

OSTALE SPOSOBNOSTI Odgovorna i organizirana u radu  
Spremna za rad u timu, komunikativna

VOZAČKA DOZVOLA B kategorija