

# NEUROREHABILITACIJA DJECE S HEMIPAREZOM KOD CEREBRALNE PARALIZE

---

**Pamić, Luka Jan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Visoka škola Ivanić-Grad / Visoka škola Ivanić-Grad**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:258:031610>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Bez prerada 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University of Applied Sciences Ivanić-Grad](#)



**VISOKA ŠKOLA IVANIĆ-GRAD**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJE**

(studiji za stjecanje naziva: prvostupnik fizioterapije)

**Luka Jan Pamić**

**NEUROREHABILITACIJA DJECE S  
HEMIPAREZOM KOD CEREBRALNE  
PARALIZE**

Završni rad

Mentor:

Mark Tomaj, mag. physioth., pred.

---

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija završnog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u digitalni repozitorij Visoke škole Ivanić-Grad.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. CEREBRALNA PARALIZA.....	2
2.1. Etiologija cerebralne paralize.....	2
2.2. Klinička slika cerebralne paralize.....	3
2.3. Klasifikacija cerebralne paralize.....	3
2.4. Tipovi cerebralne paralize.....	4
2.5. Sustav klasifikacije- Gross motor function classification system.....	4
2.6. Simptomi cerebralne paralize.....	6
2.7. Oštećenje sluha.....	7
2.8. Poremećaj vida.....	7
2.9. Abnormalnosti posture.....	7
2.10. Hemipareza kod djece s cerebralnom paralizom.....	8
3. NEUROREHABILITACIJA.....	9
3.1. Metode liječenja kod cerebralne paralize.....	10
3.1.1 Bobath koncept.....	10
3.1.2 Vojta koncept.....	10
4. ROBOTIKA U MEDICINI.....	12
4.1. Neuroplastičnost mozga.....	13
4.2. Robotika u neurorehabilitaciji.....	14
4.3. Robotika u pedijatriji.....	14
4.4. Podjela rehabilitacijskih robota.....	15
4.5. Strategije treninga.....	16
4.6. Lokomat.....	19
4.7. Gloreha.....	21
5. ZAKLJUČAK.....	23
6. LITERATURA.....	24

## NEUROREHABILITACIJA DJECE S HEMIPAREZOM KOD CEREBRALNE PARALIZE

### Sažetak

Cerebralna paraliza jedan je od najčešćih oštećenja kod djece. Glavni uzroci i čimbenici rizika kod cerebralne paralize jesu: višestruki porod, ekstremna nedonoščad, problemi s hranjenjem, produljena hospitalizacija ili postnatalna infekcija. Najučestaliji tip cerebralne paralize je spastični tip. Pogađa oko 75% djece. Gruba motorička funkcija djece i mladih s cerebralnom paralizom može se kategorizirati u 5 različitih razina pomoću alata nazvanog gross motor function classification system. Neurorehabilitacija je ključna stavka kako bi rehabilitacija djece bila što uspješnija. Neurorehabilitacija se po mnogo stvari razlikuje od ostalih grana neurologije. Rehabilitacija je proces edukacije osobe s invaliditetom kojem je krajnji cilj pomoći pacijentu da se samostalno nosi sa svakodnevnicom kao što su posao, obitelj, prijatelji i slobodno vrijeme. Najveći značaj na način liječenja i rehabilitacije cerebralne paralize prepisuje se B. i K. Bobath i V. Vojta. Oni su svojim metodama uvelike pridonijeli kvaliteti liječenja pacijenata. Kao nova metoda rehabilitacije djece s neurološkim oštećenjima pojavljuje se terapija temeljena na robotima. Ova rehabilitacijska terapija potpomognuta robotom sastoji se od mehatroničkog uređaja koji autonomno potpomaže repetativnom izvođenju specifičnih pokreta. Korištenje robota u rehabilitacijskim terapijama donosi prednosti u odnosu na tradicionalne terapije. Istraživanja pokazuju da roboti u fizioterapiji ne koriste samo pacijenata već i samanjuju opterećenje na mišićno-koštani sustav terapeuta. Roboti za rehabilitaciju često se klasificiraju prema njihovoj mehaničkoj strukturi i općenito se dijele na krajnje efekte i egzoskelete. Lokomat je robotski uređaj koji je dizajnirala Hocoma AG za liječenje odraslih i djece. Lokomat se sastoji od egzoskeleta s 2 ortoze s motornim pogonima, potporom za tjelesnu težinu i sinkroniziranom trakom za trčanje. Studija razvijena sa 16 korisnika koji su prethodno imali moždani udar pokazala je da su nakon liječenja svi pacijenti poboljšali performanse hoda i motoričke funkcije. Uređaj za neuromotoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta. Gloreha Sinfonia je najnaprednija verzija Gloreha uređaja za rehabilitaciju gornjih udova. Provedena istraživanja dokazuju da gloreha robot ima pozitivne učinke na funkciju distalnog djele gorenjeg uda kod oboljelih od cerebralne paralize.

**Ključne riječi:** cerebralna paraliza, djeca, terapija, neurorehabilitacija, robotika, robot

## **NEUROREHABILITATION OF CHILDREN WITH HEMIPARESIS IN CEREBRAL PALSY**

**Summary**

Cerebral palsy is one of the most common lesions in children. The main causes and risk factors for cerebral palsy are: multiple births, extreme prematurity, feeding problems, prolonged hospitalization or postnatal infection. The most common type of cerebral palsy is the spastic type. It affects about 75% of children. Rough motor function of children and adolescents with cerebral palsy can be categorized into 5 different levels using a tool called gross motor function classification system. Neurorehabilitation is a key item to make the rehabilitation of children as successful as possible. Neurorehabilitation differs in many ways from other branches of neurology. Rehabilitation is a process of educating a person with a disability whose ultimate goal is to help the patient cope with everyday life such as work, family, friends and leisure. The greatest importance in the way of treatment and rehabilitation of cerebral palsy is attributed to B. and K. Bobath and V. Vojta. They have greatly contributed to the quality of patient care with their methods. Robot-based therapy is emerging as a new method of rehabilitating children with neurological impairments. This robot-assisted rehabilitation therapy consists of a mechatronic device that autonomously assists in the repetitive performance of specific movements. The use of robots in rehabilitation therapies brings advantages over traditional therapies. Research shows that robots in physiotherapy not only benefit patients but also reduce the burden on the therapist's musculoskeletal system. Rehabilitation robots are often classified according to their mechanical structure and are generally divided into end effectors and exoskeletons. Lokomat is a robotic device designed by Hocoma AG for the treatment of adults and children. The locomotive consists of an exoskeleton with 2 orthoses with motor drives, weight support and a synchronized treadmill. A study developed with 16 users who had previously had a stroke showed that after treatment, all patients improved gait performance and motor function. Device for neuromotor rehabilitation of the upper extremities. Gloreha Sinfonia is the most advanced version of Gloreha upper limb rehabilitation device. Studies have shown that the gloreha robot has positive effects on the function of the distal part of the upper limb in patients with cerebral palsy

**Key words:** cerebral palsy, children, therapy, neurorehabilitation, robot

## 1. UVOD

Cerebralna paraliza (CP) jedan je od najčešćih invaliditeta u djetinjstvu i postavlja velike izazove za obitelj, djecu te zdravstvene, obrazovne i socijalne aspekte života. Najčešće citirane definicije CP su poremećaj držanja i pokreta zbog defekta ili lezije u nezrelom mozgu ili skupina poremećaja pokreta i držanja koji su povezani s progresivnom promjenom nezrelog mozga tijekom fetalnog ili dojenačkog. Poremećaji su trajni, ali ne i nepromjenjivi, a poremećaji postavljaju određena ograničenja u svakodnevnom životu. CP je često povezan sa senzornim deficitima, kognitivnim oštećenjima, komunikacijskim i motoričkim poteškoćama, problemima u ponašanju, poremećajima napadaja, boli i sekundarnim mišićno-koštanim problemima. Glavni uzroci i čimbenici rizika za CP su: višestruki porod, ekstremna nedonošćad, problemi s hranjenjem, produljena hospitalizacija ili postnatalna infekcija. Cilj rehabilitacije je povećati pacijentovu samostalnost u svakodnevnim životnim aktivnostima. Temeljne sposobnosti i vještine razvijaju se tijekom ranih faza razvoja stoga je bitno dati dojenčadi s CP-om priliku za interakciju s okolinom radi cjelovitog razvoja, tjelesnog i kognitivnog. Uspješnost rehabilitacije raste u skladu s intenzitetom terapije, ponavljanjem i motivacijom bolesnika. Potrebne su nove strategije kako bi se pomoglo u promicanju, održavanju i rehabilitaciji funkcionalne sposobnosti i na taj način umanjilo potrebnu predanost i pomoć te ekonomske zahtjeve koje ovo stanje predstavlja za pacijenta, njegovatelje i društvo. Čini se da su terapije potpomognute robotom učinkoviti i sve više dostupni tretmani. Ovaj rad predstavlja pregled terapija potpomognutih robotom posebno dizajniranih za osobe s CP-om, s naglaskom na uređaje namjenjene djeci s hemiparetičnom cerebralnom paralizom.

## 2. CEREBRALNA PARALIZA

Cerebralnu paralizu možemo definirati kao skupinu neprogresivnih, ali potencijalno promjenjivih motoričkih poremećaja. Posljedica je poremećaja u razvoju ili brojnih lezija mozga u ranom stadiju djetetova razvoja. Kliničku sliku i etiologiju same bolesti nije lako definirati. Nastoje se odrediti kriteriji prema kojima se može isključiti ili uključiti motorički poremećaj. Uzrok CP-e je oštećenje mozga u ranom djetinjstvu, dok je mozak u razvoju. Na temelju detaljne procjene, povijesti i tijeka bolesti te kliničke slike postavlja se dijagnoza. Kliničku sliku opisujemo kao poremećaj kontrole pokreta i položaj te tonusa i refleksa (Miller i sur.,2006). Karakteristični simptomi očituju se već od dojenačkoj dobi, često su promjenjivi uz usporeni razvoj motorike. Terapijski tretmani i neuroplastičnost mozga utječu na promjenjivost simptoma i njihovu varijaciju. Zbog niza različitih terapijski metoda, kojima se pokušava zadovoljiti potrebe djece, treba staviti naglasak na potrebu timskog pristupa pacijentu. Sve se metode primjenjuju s ciljem preveniranja invalidnosti, povećanja funkcije tijela i povećanjem razine kvalitete života oboljelih (Kraguljac, Brenčić, Zibar, Schnurrer Luke-Vrbanić 2018).

### 2.1. Etiologija cerebralne paralize

Najčešći uzrok neuromotornih odstupanja kod djece i njihovog invaliditeta je cerebralna paraliza. Na 1000 živorođenčadi, javlja se 2 do 3 slučaja oboljenja. Zbog varijacija nalaza motoričkog poremećaja i kliničke slike, dijagnoza se ne bi trebala postavljati prije 4.godine života. U izračune prevalencije se ne uključuju djeca mlađa od 2 godine. Razvojem neonatalne skrbi smatralo se da će se prevalencija oboljelih smanjiti, međutim nije došlo do vidne promjene. Povećano preživljavanje djece s niskom porođajnom težinom dovelo je do povećanja prevalencije poremećaja, zato što takva djeca imaju veći rizik za razvoj cerebralne paralize (Kraguljac, Brenčić, Zibar, Schnurrer Luke-Vrbanić 2018).

### 2.2. Klinička slika cerebralne paralize



Djeca s cerebralnom paralizom obično imaju zaostali razvoj ili motorički deficit. Uočavanje razlika između statičke (neprogresivne) i progresivne kliničke slike vrlo je važno. Gubitak prethodno stečenih motoričkih sposobnosti označava početak većine metaboličkih i neurodegenerativnih bolesti. Međutim, neki neurodegenerativni ili metabolički poremećaji sporo napreduju i mogu se pogrešno dijagnosticirati kao cerebralna paraliza. Stoga, jasna razvojna regresija možda neće biti evidentna, posebno u ranim fazama stadija bolesti ili u mlađoj dobi početka. Osim toga, neurološke posljedice CP-a mogu se odgoditi nekoliko mjeseci zbog nezrelosti živčanog sustava. Motorni deficiti CP-a uključuje negativne pojave kao što su slabost, umor, nekoordinacija, spastičnost, klonulost, ukočenost i grčevi. Motorički deficit uključuje negativne pojave kao što su slabost, umor, nekoordinacija, spazam, kljant, ukočenost i grčevi. Spazam označava povećani mišićni tonus s hiperfleksijom koja je posljedica hiperekscitabilnosti refleksa stezanja. Takvo stanje, ako se ne liječi, može napredovati u fibrozu mišića, kontrakture i naknadne mišićno-koštane deformacije. Klinička slika CP se može klasificirati prema težini motoričkih deficita kao blaga, umjerena ili teška. Nekoliko drugih klasifikacijskih sustava temelji se na patofiziologiji, etiologiji i raspodjeli motoričkih deficita (Kraguljac, Brenčić, Zibar, Schnurrer Luke-Vrbanić 2018).

### 2.3. Klasifikacija cerebralne paralize

Cerebralna paraliza može se klasificirati prema topografskom raspodjelu motoričke aktivnosti. Motorički deficiti uključuju monoplegiju, diplegiju, hemiplegiju, triplegiju, kvadriplegiju i dvostruku hemiplegiju. Diplegija je prisutna kada su primarno zahvaćeni donji ekstremiteti, dok su gornji ekstremiteti u manjoj mjeri zahvaćeni. Spastična diplegija je najčešći tip cerebralne paralize kod nedonoščadi. Periventrikularni zametni matriks, koji je područje aktivne proliferacije neurona, posebno je osjetljiv na krvarenja i hipoksične ishemijske ozljede. Okolna periventrikularna bijela tvar sadrži piramidalna vlakna koja se spuštaju kroz unutarnju kapsulu za opskrbu donjih udova. Više periferno u periventrikularnoj bijeloj tvari su piramidalni putevi gornjih ekstremiteta. Stoga, periventrikularni inzult kod nedonoščadi oštećuje donje udove od gornjih udova, što rezultira spastičnom diplegijom. Poznato je da se pojam paraplegije ne smije koristiti u ovom kontekstu jer podrazumijeva ozljedu leđne moždine što rezultira lezijom donjeg motoneurona sa normalnom funkcijom gornjih ekstremiteta. Takvo stanje nema cerebralno podrijetlo. Hemiplegiju karakterizira zahvaćenost jedne strane tijela, ruka je tipično jače zahvaćena u usporedbi sa nogom zbog veće kortikalne zastupljenosti šake i ruke. Monoplegija se odnosi na zahvaćenost jednog uda. Rezultat je najčešće vrlo blage hemiplegije uz pojačani deficit u ruci. Kada su zahvaćena sva

četiri uda, kvadriplegija je odgovarajući opisni pojam. Ovo stanje najviše onesposobljava, s 25% djece koja trebaju potpunu njegu. Dvostruka hemiplegija se odnosi pojam kvadriplegije koja uključuje ruke više nego noge s bočnom asimetrijom. Triplegija je rijetka i obično je posljedica blaže i vrlo asimetrične dvostruke hemiplegije ili blaže asimetrične diplegije. Te podtipove, kod nekih pacijenata, može biti teško klinički razlučiti (Thornhill, Naarden Braun, Yeargin-Allsopp, 2009).

#### 2.4. Tipovi cerebralne paralize

Najučestaliji tip cerebralne paralize je spastični tip koji pogađa oko 75% djece. Spazam je povezan sa sindromom oštećenja gornjih motoneurona koji uključuje poremećaj refleksa stezanja mišića, slabost, babinski refleks te poteškoće s koordinacijom. Diskinetički tip karakteriziraju distonija i atetoz, odnosno nevoljne kretnje. Najčešće nastaje zbog oštećenja bazalnih ganglija. Gubitak koordinacije mišićnih pokreta obilježava ataksični tip cerebralne paralize. Nedostatak osjećaja za pozicioniranje u prostoru i ravnotežu rezultat je oštećenja malog mozga, što uvelike smanjuje kvalitetu života oboljelog. Hipotonični tip cerebralne paralize razvija vrlo mali broj djece. Djecu s neonatalnom hipotonijom, kod kojih je moguće utvrditi uzrok kao što je bolest mišića, genetski faktor ili poremećaji metabolizma, treba razlikovati od djece kod kojih to nije moguće (Lebiedowska, Gabler-Spira, 2004).

#### 2.5. Sustav klasifikacije- Gross motor function classification system

Gruba motorička funkcija djece i mladih s cerebralnom paralizom može se kategorizirati u 5 različitih razina pomoću alata nazvanog Gross motor function classification system. GMFCS razmatra pokrete kao što su sjedenje, hodanje i korištenje uređaja za kretanje. Općenito, dijete ili mlada osoba starija od 5 godina neće poboljšati svoju razinu GMFCS-a, tako da, na primjer, ako je dijete klasificirano na Razinu IV (slika 1.) u dobi od 6 godina, onda je vjerojatno da će morati koristiti pokretni uređaj tijekom cijelog života.

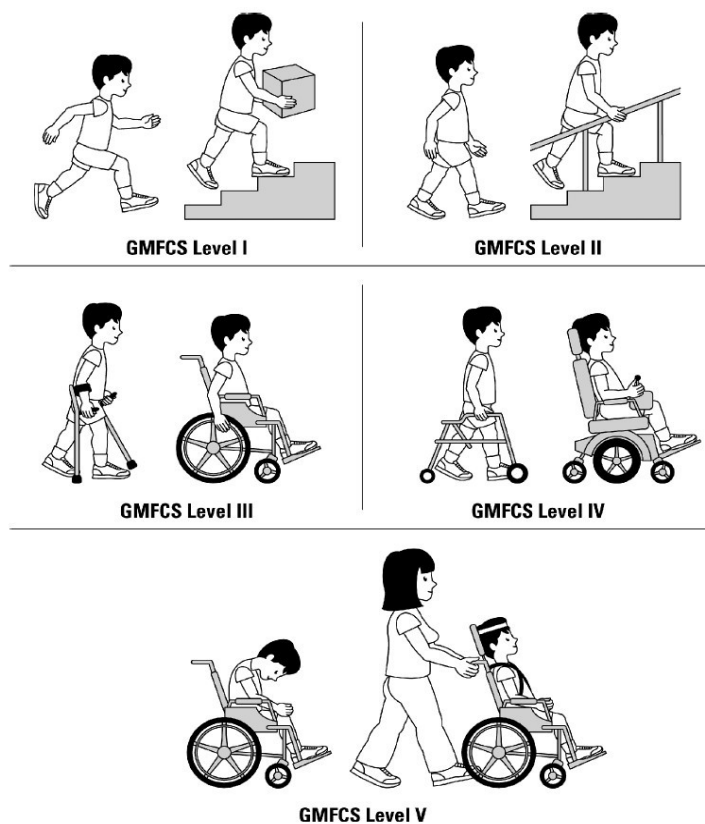
Razina I – Djeca mogu izvoditi grube motoričke zadatke (npr. trčanje i skakanje), ali im je smanjena sposobnost ravnoteže, promjene/kontrole brzine i koordinacije. Nije potrebna pomoć prilikom hoda.

Razina II – Djeca mogu imati poteškoća s hodanjem na velike udaljenosti, trebaju im ograde za penjanje stepenicama ili imaju poteškoća s održavanjem ravnoteže na neravnim površinama. Grube motoričke sposobnosti su minimalne, često se očituju u smetnjama u trčanju ili skakanju. Često koriste pomoćno sredstvo za hodanje.

Razina III – djeca na ovoj razini obično će hodati koristeći pomoćno sredstvo za pokretljivost na kratkim udaljenostima, a kretanje u kolicima za duže udaljenosti. Često će se samostalno pokretati na kraćim udaljenostima i rukama se držati za ograde.

Razina IV – Djeca ovise o metodama mobilnosti s pogonom i/ili kotačima, a neke zahtijevaju pomoć osobe. Kod kuće hodaju na kratke udaljenosti, ali u zajednici koriste ručna ili pogonska kolica.

V. razina – Djeca kategorizirana u ovoj razini koriste ručna invalidska kolica kao svoje prijevozno sredstvo u svim okruženjima. Djeca su ograničena u održavanju uspravnog položaja trupa i kontroli ekstremiteta.



Slika 1. GMFCS klasifikacijski sustav za CP.

Dostupno

na:

[https://canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/003/531/original/GMFCS\\_ER\\_Croatian\\_March11\\_2021.pdf?license=yes](https://canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/003/531/original/GMFCS_ER_Croatian_March11_2021.pdf?license=yes)

## 2.6. Simptomi cerebralne paralize

Kada govorimo o simptomima cerebralne paralize moramo naglasiti kako postoji puno različitih stupnjeva oštećenja koje možemo primijetiti. Primjerice simptom može biti skoro

neprijetna nezgrapnost djeteta kao i teška mišićna ukočenost (spazam) koja čini dijete nepokretno. Pojam spazam označuje mišićnu ukočenost. Mišići su ukočeni i slabi a razvija se u oko 70% pacijenata. Kod 20% pacijenata javlja se koreoatetoza odnosno spontani i spori pokreti bez normalne kontrole. Ataksija predstavlja lošu kordinaciju pokreta koji su popraćeni drhtanjem. Uzimajući u obzir glavne simptome bolesti koji su spazam, koreoatetoza i ataksija možemo govoriti o 4 tipa cerebralne paralize. Mješani tip CP-a je najčešći. Razvija se kombinacijom spazma i koreoatetoze. Spastična cerebralna paraliza dovodi do ukočenosti dijelova ili strane tijela. Najčešće se u literaturi spominju 3 vrste s obzirom na lokalitet samog spazma. Kvadrilegija odnosno ukočenost obje ruke i noge, diplegija koja najčešće zahvaća obje noge te hemiplegija koja označuje spazam na određenoj strani tijela, primjerice lijeva noga i lijeva ruka. Pogođeni udovi su slabi, ukočeni i loše razvijeni. Simptomi koreoatetonične cerebralne paralize primjećujemo kao usporene pokrete udova, nekontrolirani, izvijajući, crvoliki i izbijajući. Emocionalne oscilacije mogu dovesti do pogoršanja simptoma dok u snu najčešće nestaju. Kod ataksičnog tipa dolazi do loše koordiniranih pokreta mišića, uz to dolazi do slabosti i drhtanja. Pacijenti sa takvom vrstom dijagnoze imaju probleme s izvođenjem finih i brzih pokreta. Hod im je nestabilan zbog šire baze oslonca u nogama koje su u spazmu. Zbog nepotpune kontrole mišića koji sudjeluju u govoru. Kod većine djece se razvijaju i druge poteškoće kao naprimjer niski koeficijent inteligencije ili različiti stupnjevi mentalne retardacije iako oko 40% djece s cerebralnom paralizom razvije normalne kognitivne sposobnosti ili blizu normalnog. Epilepsija je također česta pojava, najčešće kod djece oboljelih od spastičnog tipa ( Sadowska, Sarecka- Hujar, Kopyta, 2019).

## 2.7. Oštećenje sluha

Određene etiologije, poput kernicterusa, post-meningitisa i kongenitalne rubeole, povećavaju rizik za gubitak sluha. Ako se dijagnosticira i ne liječi rano, gubitak sluha može ometati razvojni napredak i rehabilitaciju, čime doprinosi daljnjem zaostajanju. Procjena sluha preporučuje se rutinski za svako dijete koje kasni u razvoju, posebno za djecu s poteškoćama govora (Dilip, Mekala, Pandher, Merrick, 2020).

## 2.8. Poremećaj vida

Djeca s cerebralnom paralizom, posebno nedonošćad, pod visokim su rizikom od poremećaja vida, uključujući retinopatiju nedonošćadi, miopiju, strabizma, glaukom i ambliopiju. Vidni deficiti, ukoliko se rano ne dijagnosticiraju i liječe, mogu ometati razvojni napredak i rehabilitaciju. Strabizam može dovesti do trajnog monokularnog gubitka vida (ambliopija). Oštećenja vida mogu biti korikalna zbog oštećenja vidnog korteksa zatiljnih režnjeva. Preporučuju se redovite oftalmološke procjene za svako dijete s kašnjenjem u razvoju, posebno ako se sumnja na gubitak vida (Dilip, Mekala, Pandher, Merrick, 2020).

## 2.9. Abnormalnosti posture

Kosti u razvoju rastu u smjeru sile usmjerene prema njima. Spastičnost može dovesti do progresivnih kontraktura zglobova, skraćena mišića i deformacije kuka ili stopala. Ostale ortopedske komplikacije na koje treba obratiti pažnju uključuju skoliozu i prijelome zbog osteomalacije ili osteoporoze. Takve su manifestacije češće kod teških motoričkih onesposobljenja, poput kvadriplegije (Dilip, Mekala, Pandher, Merrick, 2020).

## 2.10. Hemipareza kod djece s cerebralnom paralizom

Hemiparetična cerebralna paraliza je uobičajena neurološka stanje povezano sa senzomotoričkom funkcijom i razvojem u djece. Hemiparetična cerebralna paraliza može se okarakterizirati kao neurološki poremećaj kretanja koji je uzrokovan neprogresivnom lezijom mozga u razvoju. Prvenstveno zahvaća jednu stranu tijela. Djeca s hemiparetskom cerebralnom paralizom mogu imati niz funkcionalnih poteškoća pri izvođenju ručnih vještina. Ove poteškoće su općenito veće na zahvaćenoj strani tijela, ali nezahvaćena strana također ima određene deficite. Općenito, deficiti u manualnim sposobnostima kod pacijenta uz poteškoće koordinacije. Hemiparetična cerebralna paraliza često dovodi do kašnjenja motoričkog razvoja ili neiskoristivosti zahvaćenih udova zbog sklonosti pacijenta da

kompenzira s udovima koji nisu zahvaćeni, a ne pokušavaju koristiti zahvaćene udove. Ne interveniranje ili intervencija koja naglašava kompenzacijski ili refleksni mehanizam inhibicije pridonijeti će razvoju NLTU-a (never-learned-to-use) ili nedovoljnoj iskorištenosti oštećenog uda. Za pomoć djeci s hemiparetičnom cerebralnom paralizom u prevladavanju NLTU-a ili nedovoljnoj iskorištenosti koriste se razne neurorehabilitacijske terapije uključujući neurorazvojno liječenje te neuromuskularnu električnu stimulaciju (Utley, Steenbergen, 2006).

### **3. NEUROREHABILITACIJA**

Neurorehabilitacija se po mnogo stvari razlikuje od ostalih grana neurologije. Rehabilitacija je proces edukacije osobe s invaliditetom kojem je krajnji cilj pomoći pacijentu da se samostalno nosi sa svakodnevnicom kao što su posao, obitelj, prijatelji i slobodno vrijeme. To je proces koji u središte stavlja pacijenta koji aktivno sudjeluje u izradi planova i postavljanja ciljeva koji su važni i moraju biti u skladu sa njihovim zdravstvenim stanjem. Drugim riječima to je proces koji se ne radi prema pacijentu, već proces koji radi sami pacijent, ali uz pomoć, vodstvo i podršku širokog spektra stručnjaka. Rehabilitacijski postupak se često bazira isključivo na fizičke posljedice, međutim kod neurorehabilitacije ključno je prilagoditi proces rehabilitacije psihološkim posljedicama koje

imaju značajan utjecaj na kvalitetu provođenja terapije. Dakle, ključni čimbenik koji razlikuje rehabilitaciju od većine neurologije je da to nije proces koji provode isključivo neurolozi, već zahtijeva aktivno partnerstvo s cijelim nizom zdravstvenih i socijalnih stručnjaka. Neurološka rehabilitacija može uključivati neke od sljedećih članova tima: fizijatri, odnosno liječnici specijalizirani za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju. Neuropsiholozi zaduženi za procjenu kognitivnih i/ili bihevioralnih problema povezanih s ozljedom mozga, moždanim udarom ili drugim bolestima. Također rade s pacijentima kojima je potrebna pomoć da se priviknu na promjene u razinama njihovih sposobnosti. Oni mogu pomoći s kognitivnom terapijom, tehnikama smanjenja stresa ili drugim tretmanima. Fizioterapeuti pridonose smanjenju boli ili povratku snage, povećanju raspona pokreta, poboljšanje ravnoteže ili koordinacije. Njihov je cilj vratiti i održati sposobnost osobe da se kreće i obavlja fizičke zadatke. Radni terapeuti procjenjuju koliko dobro pacijenti mogu obavljati svakodnevne zadatke kao što su jelo, odijevanje, toalet i kupanje. Njihov je cilj pomoći pacijentima da što više učine sami. Radni terapeuti mogu obavljati procjenu vida prema nalogu liječnika. Logopedi liječe pacijente koji imaju problema s govorom i razmišljanjem. Ovi problemi su česti među onima koji su imali moždani udar, ozljedu mozga ili druge promjene na živčanom sustavu. Logopedi također rade s pacijentima koji imaju poteškoća s gutanjem (Kesselring 2001).

### 3.1. Metode liječenja kod cerebralne paralize

Najveći značaj na način liječenja i rehabilitacije cerebralne paralize prepisuje se B. i K. Bobath, N.R. Finnie, V. Vojta. Oni su svojim metodama uvelike pridonijeli kvaliteti liječenja pacijenata ali i samom shvaćanju bolesti i načinim njenog djelovanja. Liječenje se uvijek provodi individualno s kombinacijom više metoda liječenja. Ovisno o kojem se tipu i stupnju bolesti radi. ( Sadowska, Sarecka- Hujar, Kopyta, 2019)

#### 3.1.1 Bobath koncept

Bertha Bobath, fizioterapeut, utemeljitelj je Bobath koncepta. Ona je potaknula istraživanje koja su rezultirala spoznajom da druga područja živčanog sustava mogu preuzeti funkcije oštećenih živčanih struktura, odnosno otkrićem plastičnosti živčanog sustava. Svako

efektivno učenje djeteta, tako i motoričko, bazira se na činjenici da dijete mora aktivno sudjelovati u procesu. Na takvom se promatranju bazira Bobath koncept. Cilj tretmana je pozitivno utjecati na funkcionalne vještine. Svi sustavi koji utječu na pokret moraju funkcionirati skladno i učinkovito. Ukoliko jedan od sustava nema zadovoljavajuću funkciju ili je prisutno oštećenje, automatski djeluje na druge tjelesne sustave pa tako i na same motoričke vještine. Tretmanom obuhvaćamo sve tjelesne sustave: respiratorni, senzorni, perceptivni, mišićno - koštani i neuromuskularni. Cilj je ubrzati ulaz verbalne ili fizičke informacije gdje dijete s vremenom preuzima i započinje pokret (Knox, Evans, 2002).

Istraživanje koje je 2002. godine provedeno na 15 djece oboljelih od CP-a ukazuje da Bobath terapija ima pozitivan učinak na motoričku funkciju i samonjegu pacijenta (Knox, Evans, 2002).

### 3.1.2 Vojta koncept

Refleksna lokomocija, odnosno Vojta, je terapijski pristup koji se uglavnom primjenjuje na cerebralnu paralizu koji je osmislio i razvio doktor Vaclav Vojta. Osnovni princip Vojta refleksne lokomocije je održavanje položaja kroz izometrijsku kontrakciju mišića tijekom točkaste (grudne zone) stimulacije, čime se osiguravaju stalni obrasci mišićne kontrakcije i dovodi do stimulacije mišića, zglobova, ligamenata i tetiva. Osim toga, poznato je da je refleksna lokomocija Vojta povezana s eksteroceptorima i enteroceptorima te da postaje izvor aferentne stimulacije koja ide u središnji živčani sustav (Vojta, 1977). Zabilježeno je da refleksna lokomocija Vojta aktivira mišiće trupa i duboke mišiće kralježnice kako bi regulirala stabilnost trupa i povećala silu rotacije kralježnice, čime se povećava sposobnost posturalne kontrole (Son, 2000). Istraživanje provedeno 2013. godine imalo je za cilj dokazati učinkovitost Vojta terapije na poboljšanje parametra hoda. Istraživanje je uključivalo troje djece sa spastičnom diplegijom. Terapija se provodila tijekom 8 tjedana nakon kojih su uočena poboljšanja kod 2 pacijenta. Ovo nam istraživanje ukazuje kako Vojta terapija ima pozitivan učinak na parametre hoda kod djece s CP-om (Hyungwon, Tackhoon, 2013).



#### **4. ROBOTIKA U MEDICINI**

Robotika u zdravstvu i medicini danas predstavlja puno više od onoga što je započela u operacijskoj sali prije više od 30 godina. Danas se roboti mogu pronaći kao pomoć u brojnim medicinskim područjima pa tako i u fizioterapiji. Roboti za medicinsku upotrebu su stvarnost od 1980-ih, počevši od asistencije kirurzima u operacijskoj sali. Roboti koji rade operacije danas su postali sveprisutnija pojava u operacijskim dvoranama. Postoje jasne prednosti dopunjavanja kirurgije robotikom. Roboti nude kirurzima i kirurškim timovima pouzdanu i dosljednu podršku. Na primjer, u kirurgiji kralježnice, roboti mogu držati instrumente i komponente implantata savršeno mirno tijekom postavljanja vijaka za dekompresijsku operaciju. Dok je područje rehabilitacijskih robota relativno novo, koncept korištenja strojeva za rehabilitaciju pacijenata razvio je još 1910. Theodor Bűdingen kada je patentirao stroj za potporu pokreta kod pacijenata sa srčanim bolestima. Prvi istinski robotski uređaji osmišljeni za rehabilitaciju temeljili su se na principima kontinuiranog pasivnog kretanja (CPM), koji pomiče dio tijela dok je pacijent opušten. U usporedbi s tradicionalnim pristupima fizikalne terapije, robotika pruža kontroliran, ponavljajući i intenzivni terapijski postupak koji može smanjiti opterećenje

terapeuta i pružiti kvantitativnu procjenu napretka pacijenta. Roboti postaju sve prisutniji u suvremenoj rehabilitaciji (Rodriguez-Fernandez, Lobo-Prat, Font-Llagunes, 2021).

Robotska protetika (slika 2.) je relativno nova primjena robota koja se koristi u medicinske svrhe. Usredotočuje se na pružanje povećanju funkcionalnosti udova. Iako su proteze s robotskim mogućnostima već dostupne na tržištu, one ostaju skupe za pacijente jer se ova tehnologija tek počela razvijati. Jedan primjer napretka u ovom području su neuromuskuloskeletne proteze (Middleton, Ortiz-Catalan, 2020).



*Slika 2. ilustracija robotske protetike u svakodnevnicima*

Dostupno na: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1917537>

#### 4.1. Neuroplastičnost mozga

Neuroplastičnost je sposobnost mozga da se reorganizira stvaranjem novih neuronskih veza tijekom života. Neuroplastičnost omogućuje neuronima, živčanim stanicama, u mozgu da kompenziraju ozljede i bolesti i prilagode svoje aktivnosti kao odgovor na nove situacije ili promjene u svom okruženju. Reorganizacija mozga odvija se uz pomoć mehanizama kao što je "izrastanje aksona" u kojem neoštećeni aksoni stvaraju nove živčane završetke kako bi ponovno povezali neurone čije su veze bile oštećene ili prekinute. Neoštećeni aksoni također mogu stvoriti živčane završetke i povezati se s drugim neoštećenim živčanim stanicama,

tvoreći nove živčane putove za postizanje potrebne funkcije. Na primjer, ako je oštećena jedna hemisfera mozga, netaknuta hemisfera može preuzeti neke od njegovih funkcija. Mozak nadoknađuje nastalu štetu reorganizacijom i stvaranjem novih veza između netaknutih neurona. Kako bi se ponovno povezali, neurone je potrebno stimulirati kroz aktivnost. (Jill, Kays, Psy, Robin, Hurley, Taber, 2012).

#### 4.2. Robotika u neurorehabilitaciji

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 engl. 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 oporavak neurološkog sustava i pomažu ponovnom uspostavljanju neuronskih putova ( Krebs, Volpe, Hesse, 2010).

#### 4.3. Robotika u pedijatriji

Mobilnost i želja za stalnim istraživanjem bitni su za razvoju djece i doprinose kognitivnom, fizičkom, socijalnom i emocionalnom razvoju. Međutim, djeca s tjelesnim invaliditetom imaju ograničenja u samostalnom obavljanju aktivnosti, što otežava njihov normalan razvoj. Trajni pedijatrijski tjelesni invaliditet proizašao je iz mnogo različitih uzroka, uključujući neurološke poremećaje poput cerebralne paralize, moždanog udara i stečene ozljede mozga, neuromišićnih bolesti kao što je Duchenneova mišićna distrofija i spinalna mišićna atrofija (Hall, Lobo, 2017). Standardne terapije koje se koriste za sprječavanje propadanja mišićno-koštanog sustava te poboljšanje i održavanje tjelesne sposobnosti uključuju pasivne ortoze, kirurgiju i fizioterapiju. (Lerner, Harvey, Lawson, 2019). Fizioterapeuti propisuju, prate i usmjeravaju tjelovježbu koja može spriječiti nepotrebno sjedilački ili nepokretni način života.

Takve intervencije često uključuju intenzivne vježbe istezanja i jačanja uz pomoć fizioterapeuta za poboljšanje motoričkih sposobnosti. Te su intervencije često vrlo radno intenzivne i mogu biti izazovne za izvođenje. Nadalje, učinkovitost fizioterapije često ovisi o iskustvu fizioterapeuta. Stoga nije lako postići optimalnu dosljednost između seansa rehabilitacije. (Patane, Rossi, Del Sette, Taborri, Cappa, 2017). Nekoliko istraživanja dokazuje da ozljede fizioterapeuta najčešće proizlaze nakon intenzivnih terapija s pacijentom koje obuhvaćaju transfere, podizanje, držanje i pomoć pri pokretu. Možemo zaključiti da robotika u pedijatriji odnosno u fizioterapiji ne pomaže isključivo pacijentu već i rasterećuje fizioterapeuta što posljedično omogućuje bolje uvjete rada. (Deepak Sharan , Ajeesh , 2012).

Kao nova metoda rehabilitacije djece s neurološkim oštećenjima pojavljuje se terapija temeljena na robotima. Ova rehabilitacijska terapija potpomognuta robotom sastoji se od mehatroničkog uređaja koji autonomno potpomaže repetativnom izvođenju specifičnih pokreta. Korištenje robota u rehabilitacijskim terapijama donosi prednosti u odnosu na tradicionalne terapije, jer omogućuju opsežnu praksu kod djece sa značajnim teškoćama, smanjen napor terapeuta tijekom vježbi i daju kvantitativnu procjenu motoričke funkcije pacijenta poput kvantitativne povratne informacije o rasponu pokreta (ROM) i snazi za svako ponavljanje (Fasoli, Ladenheim, Mast, Krebs, 2012).

#### 4.4. Podjela rehabilitacijskih robota

Roboti za rehabilitaciju često se klasificiraju prema njihovoj mehaničkoj strukturi i općenito se dijele na krajnje efektore i egzoskelete. Uređaji s krajnjim efektom djeluju primjenom sile na distalne segmente udova, stvarajući takozvani "mehanički lanac" koji potiče pokrete drugih dijelova uda stvarajući obrazac specifične aktivnosti u različitim zglobovima. Ako se koriste na jednom segmentu i zglobu, njihova jednostavna struktura olakšava njihovu prilagodbu pacijentima i zahtijeva manje komplicirane algoritme upravljanja. Međutim, teško je izolirati specifične zglobove jer oni izvode složene pokrete koji uključuju cijeli ud (McDaid, 2017). Nasuprot tome, robotske egzoskelete možemo nazvati "nosivim strojevima" koji zrcale strukturu kostura pacijenta, pomiču isključivo zglob uda gdje se nosi egzoskelet. Ovaj pristup omogućuje neovisnu i istodobnu kontrolu određenih segmenata uda. Međutim, bitno je prilagoditi duljinu dijelova robota duljini segmenata uda pacijenta. Štoviše, kada je zglob u pokretu, položaj središta rotacije se može promijeniti, stvarajući nelagodu kod pacijenta (He, Eguren, Luu, Conteras-Vidal, 2017). Dakle, povećanjem stupnja slobode

robota povećava se složenost, težina, mehanička složenost i snaga kontrolnog algoritma, što ga čini ne praktičnim za kućnu upotrebu (McDaid, 2017).

#### 4.5. Strategije treninga

Uređaji za robotsku rehabilitaciju mogu pružiti različite strategije treninga ovisno o vrsti i težini pacijentovog oštećenja. One se mogu podijeliti na pasivne, aktivne, pomoćne ili vježbe s otporom (Chu, Patterson, 2018). Općenito, uređaji mogu ponuditi više od jedne vrste treninga.

U pasivnom treningu, silu stvara sam robot za izvođenje vježbe. Prednost ovog treninga je što pacijenti s minimalnom mišićnom aktivnošću mogu dobiti terapiju. Ponavljanjem pokreta, opseg pokreta se često može održavati s mišićima i zglobnim strukturama koji se više puta istežu, u konačnici održavajući njihovu fiziološku duljinu. Takva terapija smanjuje kontrakture na zglobovima, što konačno može biti vrlo korisno za njegovatelje, čineći značajnu razliku u lakoći transfera, poput sjedenje u invalidskim kolicima do ležanja u krevetu. Primjeri uređaja koji koriste pasivni trening su Innowalk (slika 3.) i Intellistretch ( Yazici, Livanelioglu, Gucuzener, Tekin, Sumer, Yakut, 2019).



*Slika 3. dinamičko stajanje u Innowalk-u*

Dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-standing-device-Innowalk-A-Technical-drawing-of-the-Innowalk-B-The-Innowalk\\_fig2\\_333844676](https://www.researchgate.net/figure/Dynamic-standing-device-Innowalk-A-Technical-drawing-of-the-Innowalk-B-The-Innowalk_fig2_333844676)

U načinu aktivnog treninga, pacijentov mišić i dalje se može aktivirati i pokrenut zahvaćeni ud. Robot ne pomaže, pa pacijent barem djelomično sam izvodi vježbu. Aktivni način rada pruža podatke snazi izvođenja pokreta i opsegu pokreta, omogućujući procjene prije i nakon terapije/operacije. Kinarm (slika 4.) i Lokomat su uređaji koji mogu izvoditi aktivan trening (Cherni, Giradin-Vignola, Ballaz, Begon, 2019).



*Slika 4. robot KINARM*

Dostupno na: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12938-021-00920-5.pdf>

Za potpomognuti ili aktivno-potpomognuti trening, mišići zahvaćenog dijela tijela još uvijek se mogu aktivirati. Stoga pacijent može barem djelomično izvesti vježbu ili pokret bez robota. Pomoć će se automatski aktivirati nakon što se određeni događaj otkrije putem HCI-a (human-computer interface), omogućujući pacijentima da se kreću dalje uz pomoć robota. Potpomognuti trening je relevantan jer uključuje aktivno sudjelovanje djece. Štoviše, poboljšava fiziološke reakcije potrebne za održavanje i povećanje mišićne snage i duljine, što u konačnici dovodi do poboljšanog opsega pokreta. Zbog ovih prednosti, mnogi su stručnjaci proizveli uređaje koji koriste ovaj način treninga. Primjeri su Pedianklebot (slika 5.) i robot za zapešće (Michmizos, Rossi, Castelli, Cappa, Krebs, 2015).

2016. godine je provedeno malo istraživanje koje je uključivalo 4 djece s CP-om. Pacijenti su koristili pedianklebot 2 puta tjedno tokom 6 tjedana. Rezultati pokazuju uređaj pozitivno utječe na funkciju nožnog zgloba i brzinu hoda (Krebs, Michmizos, Monterosso, Mast, 2016).





*Slika 5. dijete s CP-om koristi PediAnklebot*

Dostupno na: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12938-021-00920-5.pdf>

Kao što naziv implicira, robot primjenjuje silu koja se suprotstavlja željenom pokretu u treningu otpora, što zadatak čini još izazovnijim. Trening otpora koristi se za jačanje mišićne snage u tretiranom ud. Ova vrsta treninga korištena je u uređaju za gležanj koji je razvilo Sveučilište u Arizoni (Conner, Luque, Lerner, 2020).

#### 4.6. Lokomat

Lokomat (slika 6.) je robotski uređaj koji je dizajnirala Hocoma AG za liječenje odraslih i djece i najraširenija je robotska platforma za bolničku rehabilitaciju u svijetu. Pedijatrijski Lokomat je prilagođen anatomiji djeteta. Lokomat se sastoji od egzoskeleta s 2 ortoze s motornim pogonima, potporom za tjelesnu težinu i sinkroniziranom trakom za trčanje. Studija razvijena sa 16 korisnika koji su prethodno imali moždani udar pokazala je da su nakon liječenja svi pacijenti poboljšali performanse hoda i motoričke funkcije; iako pet



pacijenta u početku nije moglo hodati u Lokomatu 30 minuta, uspjeli su u tome u roku od 1 do 3 dana ( Meyer, Kofler, Quirbach, Matzak, Frohlich, 2007).

Osim treninga mozga i leđne moždine, terapija hodanja uz pomoć robota može pomoći u jačanju mišića i poboljšanju cirkulacije. Također, priroda vježbe može pomoći u jačanju kostiju izloženih riziku od osteoporoze zbog nedostatka upotrebe. Ranije se ova vrsta terapije provodila uz pomoć dva ili više fizioterapeuta koji su ručno pomicali pacijentove noge u obrascu hoda. Međutim, radno intenzivna, naporna izvedba i varijabilnost ručne metode mogu ograničiti učestalost i trajanje terapije. Uz terapiju hodanja uz pomoć robota, robotski uređaj obavlja većinu teškog posla, obrazac i tempo su dosljedni tijekom cijele sesije i vježba se može održavati tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Terapije hodanjem uz pomoć robota razlikuje se od osobe do osobe, tako da bi pacijenti trebali biti u mogućnosti posvetiti se minimalno 60 minuta terapije dnevno, tri dana tjedno, tijekom četiri do osam tjedana (Meyer, Kofler, Quirbach, Matzak, Frohlich, 2007).

Istraživanje provedeno 2017. godine dokazuje kako Lokomat uređaj doprinosi mobilnosti i samostalnosti pacijentu. Također, pozitivno utječe na spastičnost i ravnotežu (Nam, Kim, Kwon, Park, Lee, Yoo, 2017).



*Slika 6. Lokomat*

Dostupno na: <https://europepmc.org/article/PMC/5333417>

Tablica 1. indikacije i kontraindikacije za primjenu Lokomata

INDIKACIJE	KONTRAINDIKACIJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moždani udar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teške kontrakture fiksnih zglobova</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paraplegija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tjelesna težina veća od 300lbs</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerebralna paraliza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestabilnost kostiju (teška osteoporoza, nestabilna kralježnica)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multipla skleroza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lezije kože na donjim ekstremitetima ili trupu</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guillain-Barreov sindrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osteoartritis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kardiološke kontraindikacije za vježbanje</li> </ul>

#### 4.7. Gloreha

Funkcija ruke je najvažnija funkcija za normalno obavljanje svakodnevnih aktivnosti i za sposobnost učenja. Mnogi pacijenti oboljeli od hemiparetične cerebralne paralize imaju probleme s grubom motorikom i invaliditetom. Nemogućnost korištenja gornjeg ekstremiteta u svakodnevnom životu može dovesti do gubitka neovisnosti u svakodnevnim aktivnostima i važnim zanimanjima. Robotska terapija može pružiti veće količine kvalitetnog vježbanja pokreta gornjih ekstremiteta pacijente. Robotska rehabilitacija gornjih ekstremiteta ključna je za pacijente oboljelih od hemiparetične cerebralne paralize jer im omogućava veću neovisnost u aktivnostima svakodnevnog života.

Robot koji se najčešće pojavljuje u znanstvenim radovima je gloreha. Uređaj za neuromotoričku rehabilitaciju gornjih ekstremiteta. Gloreha Sinfonia (slika 7.) je najnaprednija verzija Gloreha uređaja za rehabilitaciju gornjih udova. Koristi se u svim fazama neuromotornog oporavka. Ključni segment Glorehe Sinfonia je rehabilitacijska rukavica koja podržava pokrete zglobova prstiju, dok detektira voljno aktivno kretanje. Svaka motorička vježba obogaćena je multisenzornom stimulacijom i simultanom 3D animacijom na ekranu kako bi se pojačala kortikalna stimulacija. Robotska rukavica detektira pokrete

prstiju i prema preostalim motoričkim sposobnostima, djelomično ili potpuno podržava pacijenta. Pacijent može koristiti svoju zdravu ruku da odgovori sličnim pokretima na zahvaćenoj ruci preko robotske rukavice. Gloreha Sinfonia se između ostalog koristi za početak funkcionalnog oporavka, jer pacijentova ruka nema smetnju i može se slobodno pomicati; dostupne su lateralne i bilateralne vježbe. Tijekom terapije mogu se koristiti stvarni predmeti. Unutar Gloreha softvera dostupno je nekoliko postavki, poput video pregleda, prilagodljive vokalne upute, praćenje poboljšanja performansi i interaktivne igre. Istraživanje koje je provedeno 2020. godine na 7 pacijenata koji su kroz 12 sesija ( 2 tretmana tjedno) koristili Gloreha uređaj pokazalo je da uporaba gloreha robota pozitivno utječe na strukturu i funkciju distalnog djela ruke (Kuo, Lee, Hsaio, Lin, 2020).



*Slika 7. Gloreha robot*

Dostupno na: <https://pulsusmedical.hr/novosti/medicinski-uredaji/robotski-uredaj-za-rehabilitaciju-ruku-gloreha-sinfonia>

## 5. ZAKLJUČAK

Brojna istraživanja su dokazala pozitivan učinak robotike na poboljšanje koordinacije i balansa, povećanje funkcionalnosti te smanjenje komplikacija kod slabije pokretnih pacijenata. Uz pomoć robotske neurorehabilitacije, koja omogućava intenzivnu dozu terapije kroz razne motoričke zadatke, trebala bi postati ravnopravna metoda u rehabilitaciji neuroloških pacijenata, osobito kod djece. Spoj brojnih metoda konvencionalne fizioterapije poput Bobath terapije, Vojta, PNF terapije od educiranih fizioterapeuta, i inovativnih robota za neurorehabilitaciju, postižu se iznimno dobri rezultati u kraćem vremenskom roku. Kombinacija vrste robota i intenziteta se individualno kreira po protokolu ovisno o stanju, dijagnozi i stadiju rehabilitacije pacijenata. Od jednostavnih do složenih zadataka, robotika omogućuje objektivno praćenje trenutnog stanja te prikazuje rezultate koji služe za planiranje i reevaluaciju cjelokupnog neurorehabilitacijskog procesa. Osim pacijentu, uvođenje robotike u specijalizirane klinike može uvelike doprinjeti poboljšanju radnih uvjeta za samog terapeuta. Smanjenje opterećenja na mišićno-koštani sustav terapeuta doprinosi općem stanju radnika, kvaliteti izvođenja dnevnih zadataka i dugoročno može zadržati radnika i potencijalno smanjiti broj dana provedenih na bolovanju. Kao nova generacija fizioterapeuta moramo naglasiti važnost uvođenja robotike u zdravstveni sustav te ona morala postati standardni pristup u rehabilitaciji.

## 6. LITERATURA

1. Dilip R Patel, Mekala Neelakantan, Karan Pandher, Joav Merrick (2020.) Cerebral palsy in children: a clinical overview
2. Cherni Y, Girardin-Vignola G, Ballaz L, Begon M. (2019.) Reliability of maximum isometric hip and knee torque measurements in children with cerebral palsy using a paediatric exoskeleton–Lokomat. *Neurophysiol Clin.* 2019;49(4):335–42.
3. Chu CY, Patterson RM (2018.) Soft robotic devices for hand rehabilitation and assistance: a narrative review. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15(1):9..
4. Conner BC, Luque J, Lerner ZF. (2020.) Adaptive ankle resistance from a wearable robotic device to improve muscle recruitment in cerebral palsy. *Ann Biomed Eng.* 2020;48(4):1309–21.
5. Deepak Sharan , Ajeesh (2012.) Injury prevention in physiotherapists - a scientific review
6. Dilip R.,Mekala Neelakantan, Karan Pandher and Joav Merrick (2020.) Cerebral palsy in children: a clinical overview
7. Fasoli SE, Ladenheim B, Mast J, Krebs HI. (2012.) New horizons for robot-assisted therapy in pediatrics. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(11 Suppl 3):S280–9.

8. H. Krebs, K. Michmizos, L. Monterosso, J. Mast (2016.) Pediatric anklebot: Pilot trial
9. He Y, Eguren D, Luu TP, Contreras-Vidal JL. (2017.) Risk management and regulations for lower limb medical exoskeletons: a review. *Med Devices Evid Res.* 2017;10:89–107.
10. Hyungwon Lim, Tackhoon Kim (2013.) Effects of Vojta Therapy on Gait of Children with Spastic Diplegia
11. Jill L. Kays, Psy.D., Robin A. Hurley, M.D., and Katherine H. Taber (2012.) The Dynamic Brain: Neuroplasticity and Mental Health
12. Kesselring J (2001.) Neurorehabilitation: a bridge between basic science and clinical practice. *Eur J Neurol* 8:221–225
13. Ki Yeun Nam, Hyun Jung Kim, Bum Sun Kwon, Jin-Woo Park, Ho Jun Lee & Aeri Yoo (2017.) Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review
14. Knox Virginia i Andrew Lloyd Evans (2002.) Evaluation of the functional effects of a course of Bobath therapy in children with cerebral palsy: a preliminary study
15. Kraguljac D., Brenčić M., Zibar T., Schnurrer Luke-Vrbanić T. (2018.) Habilitacija djece s cerebralnom paralizom Habilitation of children with cerebral palsy
16. Krebs HI, Volpe BT, Hesse S, Lo AC, Stein J, Hogan N. Rehabilitation robotics. U: Frontera WR, urednik. DeLisa' Physical Medicine & Rehabilitation. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins; 2010. str. 2187-200.
17. Kuo Fen-Ling, Lee Hsin-Chieh, HsiaoHan-Yun, Lin Jui-Chi (2020.) Robotic-assisted hand therapy for improvement of hand function in children with cerebral palsy: a case series study
18. Lebedowska MK, Gaebler-Spira D, Burns RS, Fisk JR. (2004.) Biomechanical characteristics of patients with spastic and dystonic hypertonia in cerebral palsy. *J Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:875-80.
19. Lerner ZF, Harvey TA, Lawson JL. (2019) A battery-powered ankle exoskeleton improves gait mechanics in a feasibility study of individuals with cerebral palsy. *Ann Biomed Eng.* 2019;47(6):1345–56.].

20. Martha L. Hall, MS & Michele A. Lobo, (2017.) Design and development of the first exoskeletal garment to enhance arm mobility for children with movement impairments PhDPages 251-258
21. McDaid AJ. (2017.) Design, analysis, and multicriteria optimization of an overground pediatric robotic gait trainer. IEEE/ASME Trans Mechatron. 2017;22(4):1674–84.
22. Meyer A, Kofler M, Quirbach E, Matzak H, Fröhlich K, et al. (2007) Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. Neurorehabil Neural Repair 21:307–314.
23. Michmizos KP, Rossi S, Castelli E, Cappa P, Krebs HI (2015.) Robot-aided neurorehabilitation: a pediatric robot for ankle rehabilitation. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2015;23(6):1056–67.
24. Middleton A, Ortiz-Catalan M. (2020.) Neuromusculoskeletal arm prostheses: Personal and social implications of living with an intimately integrated bionic arm. Frontiers in neurorobotics. .
25. Miller i sur. (2006.) Cerebral palsy a complete guide for caregiving. Baltimore
26. Pakula T.A.,Naarden Braum K., Yeargin-Allsopp M. (2009.) Cerebral Palsy: Classification and Epidemiology
27. Patane F, Rossi S, Del Sette F, Taborri J, Cappa P. (2017.) WAKE-Up exoskeleton to assist children with cerebral palsy: design and preliminary evaluation in level walking. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2017;25(7):906–16.
28. Rodríguez-Fernández A, Lobo-Prat J, Font-Llagunes JM.(2021.) Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.
29. Sadowska M., Sarecka- Hujar B., Kopyta I., (2019.) Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options
30. Son HJ. (2000.) Das vojta-prinzip.
31. Utley A. i Steenbergen B. (2006.) Discrete bimanual co-ordination in children and young adolescents with hemiparetic cerebral palsy: Recent findings, implications and future research directions

32. Vojta V. (1977.) Reflex lokomotion als bahnungssystem in der behandlung der zerebralen bewegungsstörungen.
33. Yazici M, Livanelioglu A, Gucuyener K, Tekin L, Sumer E, Yakut Y. (2019.) Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2019;70:397–402.