

# PROCJENA UČINKOVITOSTI ROBOTIKE U NEUROREHABILITACIJI GORNJIH EKSTREMITETA KOD PACIJENATA NAKON MOŽDANOG UDARA

---

**Barišić, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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:184:527909>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Tomislav Barišić

PROCJENA UČINKOVITOSTI ROBOTIKE U NEUROREHABILITACIJI GORNJIH  
EKSTREMITETA KOD PACIJENATA NAKON MOŽDANOG UDARA

Diplomski rad

Rijeka, 2021.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Tomislav Barišić

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ROBOTICS IN  
NEUROREHABILITATION OF THE UPPER EXTREMITIES IN PATIENTS AFTER  
STROKE

Final thesis

Rijeka, 2021.

Mentor rada: prof. dr. sc. Tea Schnurrer-Luke-Vrbanić, dr. med.

Komentor rada: Ivanka Baniček Šoša, mag. physioth.

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

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

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

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

## Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

### Opći podatci o studentu:

<b>Sastavnica</b>	
<b>Studij</b>	Sveučilišni diplomski studij fizioterapija
<b>Vrsta studentskog rada</b>	Diplomski rad
<b>Ime i prezime studenta</b>	Tomislav Barišić
<b>JMBAG</b>	0351003699

### Podatci o radu studenta:

<b>Naslov rada</b>	
<b>Ime i prezime mentora</b>	Prof. dr. sc. Tea Schnurrer-Luke-Vrbanić, dr.med.
<b>Datum predaje rada</b>	
<b>Identifikacijski br. podneska</b>	1642975819
<b>Datum provjere rada</b>	07.09.2021.
<b>Ime datoteke</b>	Diplomski_rad_Barisic
<b>Veličina datoteke</b>	3.07M
<b>Broj znakova</b>	75029
<b>Broj riječi</b>	11630
<b>Broj stranica</b>	49

### Podudarnost studentskog rada:

<b>Podudarnost (%)</b>	
	7%

### Izjava mentora o izvornosti studentskog rada:

<b>Mišljenje mentora</b>	
<b>Datum izdavanja mišljenja</b>	07.09.2021.
<b>Rad zadovoljava uvjete izvornosti</b>	Da
<b>Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti</b>	/
<b>Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)</b>	/

Datum

07.09.2021.

Potpis mentora

Prof. dr. sc. Tea Schnurrer-Luke-Vrbanić  
 specijalistica fizioterapije, rehabilitacije  
 reumatolog  
 0127051

## SAŽETAK

Moždani udar predstavlja nagli prekid moždanih funkcija uzrokovanih poremećajem cirkulacije. Drugi je uzrok smrti, a vodeći uzrok invaliditeta u Europi i svijetu. Osobe koje su preboljele moždani udar suočavaju se s deficitima koji ih ograničavaju u obavljanju prijašnjih aktivnosti, pa neurorehabilitacija igra ključnu ulogu u procesu oporavka. Neuroplastičnost predstavlja temelj na kojem se bazira suvremena neurorehabilitacija nakon oštećenja mozga. S neurorehabilitacijskim procesom treba započeti odmah po stabilizaciji stanja pacijenta jer se tada očekuje najbolji oporavak funkcija. Funkcije koje pacijent ne koristi, trajno se izgube, a za uspješno provođenje terapije bitna je motivacija. Danas, uz tradicionalni terapijski pristup, robotika je postala dostupnija i sve više se primjenjuje u neurorehabilitaciji. Robotski uređaji mogu povećati motivaciju te pružiti veću dozu pacijentovog angažmana tijekom vježbanja, što je možda teško postići tradicionalnim terapijskim pristupom. U ovom istraživanju koristili smo egzoskeletni robotski uređaja Armeo Power. Cilj nam je bio analizirati utjecaj navedenog robota na rehabilitaciju ruke u subakutnoj fazi kod osoba s jednostranim motoričkim ispadom nakon moždanog udara.

Pacijenti uključeni u istraživanje bili su nasumično podijeljeni u eksperimentalnu (n=10) i kontrolnu skupinu (n=10). Eksperimentalna skupina je uz konvencionalnu terapiju (5x tjedno/4 tjedna; 45 min) provodila i terapiju na robotskom uređaju Armeo Power (5x tjedno/4 tjedna; 45 min) dok je kontrolna skupina provodila samo konvencionalnu terapiju. Terapije su u obje skupine bile vremenski usklađene, a procjena se vršila putem kliničkih skala (FMA, FIM, COPM). Kod svih kliničkih parametara u ponovljenim mjerenjima zabilježeno je statistički značajno poboljšanje u obje promatrane skupine (p=0,005), osim kod procjene senzorne funkcije gdje je eksperimentalna skupina zabilježila značajnije poboljšanje (p=0,018) dok u kontrolnoj skupini do istog nije došlo (p=0,180). Usporedbom između skupina na kraju liječenja nije utvrđena statistički značajna razlika u mjerama motoričke funkcije na FMA skali (p=0,120) niti funkcionalne neovisnosti na FIM skali (p=0,762). Međutim, zbog statistički značajne razlike između skupina na početku, teško je s velikim značajem promatrati usporedbu na kraju liječenja, barem kada je riječ o FMA. Statistički značajna razlika između skupina na kraju liječenja zabilježena je samo u rezultatima COPM-a (prosječno izvođenje, p=0,014; prosječno zadovoljstvo, p=0,022). Dobiveni rezultati ukazuju da terapija robotskim uređajem Armeo Power sigurno i učinkovito poboljšava funkcionalni oporavak nakon moždanog udara, ali da nije superiornija u usporedbi s konvencionalnom terapijom.

**Ključne riječi:** moždani udar, neurorehabilitacija, neuroplastičnost, robotika, Armeo Power

## SUMMARY

Stroke is a paroxysmal interruption of brain functions caused by the cerebral circulation disorder. It is the second leading cause of death and the leading cause of disability in Europe and the rest of the world. Stroke survivors struggle with many deficits, which restricts them in performing previous activities on the same way. Because of that neurorehabilitation plays a crucial role in the recovery process. Neuroplasticity constitute the basis of contemporary neurorehabilitation after brain damage. Neurorehabilitation process should begin soon after the stabilization of the patient's condition, because this period represents great odds for functional recovery. Functions which patient doesn't use are permanently lost, and for successful therapy patient motivation is extremely important. Today, with traditional therapeutic approach, robotic therapy has become more accessible and is increasingly applied in neurorehabilitation. Robotic devices can increase motivation and provide a higher engagement during exercise, which may be difficult to achieve with a traditional therapeutic approach. In this study, we used the Armeo Power (exoskeleton) robotic device. Our aim was to analyze the impact of this robot on the arm rehabilitation in patients with unilateral motor deficit.

Patients with subacute stroke were randomly divided into experimental (n=10) and control group (n=10). Experimental group performed therapy on the Armeo Power robotic device (5x weekly/4 weeks; 45 min) in addition to conventional therapy (5x weekly/4 weeks; 45 min) while the control group performed only conventional therapy. Therapies were time-aligned in both groups, and assessment was performed using clinical scales (FMA, FIM, COPM). In all clinical assessments the repeated measurements shown significant improvement in both observed groups ( $p=0,005$ ), except for the assessment of sensory function where the experimental group recorded a significant improvement ( $p=0,018$ ) but control group didn't ( $p=0,180$ ). Comparison between groups at the end of treatment didn't reveal significant difference in measures of motor function on the FMA scale ( $p=0,120$ ) or functional independence on the FIM scale ( $p=0,762$ ). However, due to significant difference between groups at baseline, it is difficult to observe a comparison at the end of treatment with great importance, at least when it comes to FMA. Significant difference between groups at the end of treatment was observed only in COPM results (performance,  $p=0,014$ ; satisfaction,  $p=0,022$ ). The obtained results indicate that the therapy with Armeo Power safely and effectively improves functional recovery after stroke, but that it is not superior in comparison to conventional therapy.

**Key words:** stroke, neurorehabilitation, neuroplasticity, robotics, Armeo Power

## SADRŽAJ

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA .....	1
1.1. Moždani udar.....	1
1.1.1. Epidemiologija moždanog udara .....	2
1.1.2. Faktori rizika za nastanak moždanog udara.....	3
1.1.3. Klinička slika moždanog udara.....	4
1.1.4. Liječenje i prevencija akutnog moždanog udara .....	5
1.2. Neuroplastičnost.....	6
1.3. Motoričko učenje.....	8
1.4. Neurorehabilitacija .....	9
1.5. Robotika u neurorehabilitaciji ruke.....	10
1.5.1. Armeo power .....	12
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	14
3. MATERIJALI I METODE .....	15
3.1. Ispitanici .....	15
3.1.1. Kriterij uključenja u istraživanje.....	15
3.2. Terapijski postupci .....	16
3.2.1. Terapija po Bobath konceptu .....	16
3.2.2. Radna terapija.....	17
3.2.3. Terapija na Armeo Power robotskom uređaju.....	17
3.3. Mjerni instrumenti i procjena.....	20
3.3.1. Fugl-Meyer procjena.....	20
3.3.2. Funkcionalna mjera neovisnosti .....	21
3.3.3. Kanadska mjera izvođenja okupacija .....	22
3.4. Statistička obrada podataka .....	23
4. REZULTATI.....	25
4.1. Ispitanici .....	25



4.2. Promatrani parametri funkcionalne procjene .....	26
4.2.1. <i>Fugl-Meyer procjena (g.e.)</i> .....	26
4.2.2. <i>Funkcionalna mjera neovisnosti (FIM)</i> .....	27
4.2.3. <i>Kanadska mjera izvođenja okupacije (COPM)</i> .....	28
5. RASPRAVA.....	29
6. ZAKLJUČAK .....	33
7. LITERATURA.....	34
8. PRILOZI.....	40
8.1. Popis ilustracija .....	40
8.2. Popis tablica .....	40
9. KRATKI ŽIVOTOPIS .....	41

# 1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

## 1.1. Moždani udar

Jedna od glavnih nezaraznih bolesti od velike javnozdravstvene važnosti upravo je moždani udar. Nakon koronarne bolesti srca najčešći je uzrok smrti u većini industrijaliziranih zemalja te je najčešći uzrok invaliditeta u odraslih. Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) definira moždani udar kao naglo nastali neurološki deficit (žarišni ili globalni) koji traje dulje od 24 sata ili dovodi do smrti, a nastaje kao posljedica patološkog procesa na krvnim žilama (1).

Prema patološkim procesima dva su glavna tipa moždanog udara. Ishemijski moždani udar, koji je češći te čini 85% svih moždanih udara, karakteriziran je prekidom protoka krvi u određeno područje mozga (2). Prema etiološkim podtipovima ili kategorijama za koje se smatra da predstavljaju uzroke moždanog udara ishemijski moždani udar može se dalje podijeliti na: kardioembolijski, aterosklerotski, lakunarni, moždani udar uzrokovan drugim specifičnim uzrocima (disekcije, vaskulitis, specifični genetski poremećaji) te na moždani udar nepoznatog uzroka (3). U 15% slučajeva moždani udara je hemoragijskog tipa, uzrokovan pucanjem krvnih žila tj. akutnim krvarenjem. Dvije su glavne vrste hemoragijskog moždanog udara: intracerebralno krvarenje i subarahnoidalno krvarenje (2).

Dakle, akutni moždani udar rezultira prekidom protoka krvi, hranjivih tvari i kisika u područja mozga, što pak rezultira oštećenjem neurona i naknadnim neurološkim deficitima (2). Normalna funkcija moždanog tkiva ovisi o dostatnoj i kontinuiranoj opskrbi glukoze i kisika arterijskom krvlju. Uslijed naglog poremećaja moždane cirkulacije najprije dolazi do poremećaja metabolizma mozga, već nakon 30 sekundi. Nakon 1 minute dolazi do prestanka neuronalne funkcije te na posljertku dolazi do niza metaboličkih promjena u moždanim stanicama zahvaćenog područja koje vode u infarkt (4).

Moždani udar je akutno stanje koje se može dogoditi iznenada ne birajući mjesto, vrijeme i situaciju. Cilj liječenja je ograničiti daljnje oštećenje mozga, optimalizirati oporavak te prevenirati ponovni moždani udar (4). Prognoza uvelike ovisi o stupnju oštećenja, uključenim strukturama, zahvaćenom području, vremenu identifikacije i dijagnoze, vremenu početka liječenja, duljini i intenzitetu fizikalne i radne terapije te osnovnom funkcioniranju pojedinca (5,6).

### ***1.1.1. Epidemiologija moždanog udara***

Epidemiološki podatci ukazuju na to da je moždani udar drugi uzrok smrti u Europi i svijetu. Pogađa otprilike 13,7 milijuna ljudi, a smrtno strada oko 5,5 milijuna ljudi godišnje (7). U razdoblju od 1990. do 2016. godine incidencija moždanog udara udvostručila se u zemljama s niskim i srednjim prihodima. S druge strane, u istom razdoblju u zemljama s visokim prihodima opala je za 42%. Incidencija moždanog udara raste s godinama te se udvostručuje nakon 55. godine života. Međutim, u razdoblju od 1990. do 2016. godine na globalnoj razini zabilježen je trend rasta incidencije moždanog udara (s 12,9% na 18,6%) kod osoba u dobi od 20. do 54. godine (8).

Žene imaju veći rizik za nastanak moždanog udara, a to je posljedica čimbenika povezanih s trudnoćom, uporabe hormonske terapije i kontracepcije. Infarkt mozga i intracerebralno krvarenje česti su kod muškaraca, ali kardioembolijski moždani udar (teži oblik moždanog udara) češći je kod žena. Stopa smrtnosti od moždanog udara također je veća među ženskom populacijom (9,10). Jedan od razloga veće učestalosti moždanog udara kod žena je taj da žive dulje od muškaraca, a drugi važan razlog je što žene kasne u traženju pomoći za trajne simptome (11).

Značajni porast kroničnih nezaraznih bolesti zabilježen u drugoj polovici 20. stoljeća uvjetovao je velik broj epidemioloških istraživanja i na našem području. 1971. godine prema uputama SZO u Zagrebu je počelo ciljano praćenje incidencije moždanog udara, kada se osniva i Centar za cerebrovaskularne bolesti „Trnje“. Zaključno s 1986. godinom osnovan je i registar za praćenje bolesnika koji su preboljeli moždani udar te su provedena veća epidemiološka istraživanja cerebrovaskularnih bolesti (12).

Moždani udar je drugi uzrok smrti i u Republici Hrvatskoj. Prema podacima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo iz 2019. godine, ukupno 5 180 osoba umrlo je od moždanog udara što čini 10% svih umrlih. Broj umrlih muškaraca iznosio je 2 191 (8,6% od svih umrlih muškaraca), a broj umrlih žena 2 989 (11,3% od svih umrlih žena). 379 osoba umrlih od moždanog udara bilo je starosne dobi od 65 godina (4,4%) (13).

Svaki je šesti stanovnik Republike Hrvatske stariji od 65 godina, prema tome Republika Hrvatska, kao i većina europskih država, spada u skupinu zemalja sa vrlo starim stanovništvom (14). To je važno spomenuti jer stope mortaliteta rastu s dobi. Za sve dobne skupine stope mortaliteta su više kod muškaraca nego kod žena. Iznimku čine ženske osobe starije od 80 godina kod kojih je veća stopa mortaliteta u odnosu na muškarce iste dobi. Unazad 20 godina

u Hrvatskoj je stopa smrtnosti od moždanog udara (cerebrovaskularnih bolesti) zabilježila pozitivan trend smanjenja (2000. godine 251,4/100 000; 2019. godine 98,8/100 000), posebno izražen u dobi od 0 do 64 godine. O tome da je moždani udar vodeći uzrok invaliditeta najbolje govori podatak da se zbog posljedica moždanog udara u Republici Hrvatskoj godišnje liječi od 12 000 do 13 000 osoba (13).

Od ukupno 34 europske zemlje Hrvatska zauzima visoko 6. mjesto po stopi smrtnosti od cerebrovaskularnih bolesti prema posljednjem izvještaju Eurostata za 2017. godinu. Na samom začelju, s najnižom stopom smrtnosti nalazi se Švicarska (43,7/100 000) dok je Bugarska na 1. mjestu s najvišom stopom smrtnosti (318,6/100 000) (13).

### ***1.1.2. Faktori rizika za nastanak moždanog udara***

Kao što je ranije spomenuto, rizik od moždanog udara raste s godinama i udvostručuje se u dobi od 55 godina kod oba spola. Kada osoba ima popratne zdravstvene tegobe (komorbiditete) poput hipertenzije, hiperlipidemije ili bolesti koronarnih arterija rizik se dodatno povećava (7). Za razliku od infarkta miokarda, koji je gotovo uvijek posljedica aterosklerotske bolesti koronarnih arterija, identifikaciju faktora rizika za moždani udar komplicira činjenica da se moždani udar javlja u mnogim varijantama (9).

Hipertenzija je osobito važan faktor rizika za hemoragijski moždani udar, iako doprinosi aterosklerotskoj bolesti koja može dovesti i do ishemijskog moždanog udara. Hiperlipidemija je, s druge strane, također važan faktor rizika za moždane udare zbog ateroskleroze ekstrakranijalnih i intrakranijalnih krvnih žila, baš kao što je i faktor rizika za aterosklerozu koronarnih arterija (15).

Brojni su faktori rizika za moždani udar, uključujući promjenjive i one nepromjenjive (Tablica 1). Smanjenje tereta moždanog udara u populaciji zahtijeva identifikaciju promjenjivih faktora rizika i učinkovite napore u smanjenju istih (9). Procjena rizika od moždanog udara na temelju posebne kombinacije faktora rizika pojedinca, osobito za prvi događaj moždanog udara, važna je komponenta primarne zdravstvene zaštite. Također, pacijenti pokazuju sklonost da znaju svoj rizik od moždanog udara (16).

**Tablica 1.** Promjenjivi i nepromjenjivi čimbenici rizika za moždani udar

Nepromjenjivi čimbenici rizika	Promjenjivi čimbenici rizika
Starija životna dob	Hipertenzija
Spol	Pušenje cigareta
Mala porođajna težina	Asimptomatska karotidna stenoza
Obiteljska povijest moždanog udara	Bolest perifernih arterija
	Fibrilacija atrijska
	Kongestivno zatajenje srca
	Koronarna bolest
	Šećerna bolest
	Hormonska terapija u postmenopauzi
	Upotreba oralnih kontraceptiva
	Dislipidemija
	Visok ukupni kolesterol
	Pretilost
	Tjelesna neaktivnost
	Opstruktivna apneja za vrijeme spavanja

Prilagođeno prema: Simon RP, Aminoff MJ, Greenberg D. Clinical Neurology, 10th Edition. McGraw-Hill Education, 2018.

### ***1.1.3. Klinička slika moždanog udara***

Klinička prezentacija moždanog udara ovisi o zahvaćenom arterijskom području. Simptomi i znakovi javljaju se iznenada te pomažu u lokalizaciji zahvaćene regije mozga. Mogu uključivati slabost, utrnulost udova ili lica, zbunjenost, smetnje vida na jednom ili oba oka, afaziju, omaglice, gubitak koordinacije, ravnoteže i glavobolju (17).

Umjesto neuroloških deficita postoje i druge manifestacije koje često ukazuju na vrstu moždanog udara. Primjerice, na subarahnoidalno krvarenje ukazuje iznenadna, jaka glavobolja. Poremećaj svijesti ili koma, često popraćeni mučninom, povraćanjem i glavoboljom, ukazuju na povećan intrakranijalni tlak, koji se može pojaviti 48 do 72 sata nakon velikih ishemijskih moždanih udara, a kod mnogih hemoragijskih moždanih udara i ranije (17).

Kontralateralna kljenut udova (hemiplegija ili hemipareza) najčešće nastaje kada moždani udar zahvati opskrbno područje karotidnog sliva (a. carotis interna, a. cerebri media, a. cerebri anterior). Prethodna situacija također uzrokuje ispade osjeta, vidnog polja te poremećaje govora ukoliko je zahvaćena dominantna moždana hemisfera. Vertebrobazilarni sliv čine a. vertebralis, a. basilaris i a. cerebri posterior. Opsežni infarkt vitalnih struktura nastaje uslijed okluzije a. basilaris. Takvo stanje može uzrokovati kljenut sva četiri ekstremiteta (kvadriplegiju), kljenut bulbarnih mišića, oftalmoplegiju, dvoslike, nistagmus, kljenut vertikalnog pogleda, cerebelarnu ataksiju i poremećaj svijesti. Kontralateralna hemiplegija i ipsilateralna kljenut moždanog živca predstavljaju ukrižene simptome moždanog udara u području moždanog debla. Mučnina, povraćanje, vrtoglavica, glavobolja, ataksija i nistagmus najčešći su simptomi moždanog udara u području malog mozga. Ukoliko dođe do kompresije moždanog debla uslijed razvoja edema, bolesnik postaje komatozan i pogoršava se klinička slika te može nastupiti smrt (4).

#### ***1.1.4. Liječenje i prevencija akutnog moždanog udara***

Moždani udar predstavlja hitno stanje u medicini te zahtjeva liječenje u specijaliziranim jedinicama za moždani udar. Liječenje započinje nakon postavljanja dijagnoze, a prije primjene bilo kojih postupaka liječenja potrebno je osigurati normalnu respiratornu funkciju (prohodnost dišnih puteva i disanje) te održati normalni udarni volumen srca, tlak i srčani ritam. Prema tome, prvi cilj u liječenju akutnog moždanog udara je stabilizacija stanja (2,4).

Nedavni protokoli za liječenje akutnog moždanog udara fokusirali su se na vaskularnu reperfuziju kako bi se maksimalno spasila ishemijska penumbra. Ishemijska penumbra predstavlja „preživjele“, ali neaktivne živčane stanice na rubnom području ishemijske ozljede koje bi se poboljšanjem dotoka krvi vratile u normalnu funkciju. Nacionalna udruga za moždani udar, sa stajališta javne edukacije o moždanom udaru, naglasila je kako bi se za smanjenje neuroloških oštećenja liječenje akutnog moždanog udara trebalo provesti unutar 6 sati od događaja (18).

Dostupni su brojni tretmani koji se češće koriste za akutni ishemijski moždani udar. Najčešće se koristi intravenski rekombinantni tkivni aktivator plazminogena (*eng. recombinant tissue plasminogen activator, rt-PA*) koji se može sigurno primijeniti između 3 i 4,5 sata od početka moždanog udara (18). Kod pacijenata koji se jave unutar 6 sati od početka simptoma primjenjuje se intraarterijska tromboliza. Može se još primijeniti i mehanička tromboliza koja

postiže uspjehe unutar 8 sati od početka moždanog udara (14). Pružanje potporne skrbi te sprječavanje i liječenje komplikacija od vitalne su važnosti tijekom akutne faze i oporavka. Navedene mjere jasno poboljšavaju kliničke ishode (19).

Nakon moždanog udara većini pacijenata potrebna je rehabilitacija (aktivnosti radne i fizikalne terapije) kako bi se maksimalno poboljšao funkcionalni oporavak. Nekima su potrebne dodatne terapije, primjerice logoped kod osoba s govornim smetnjama (17). Zajedno s rastućim globalnim teretom invalidnosti koji se pripisuje moždanom udaru, rastu i troškovi liječenja moždanog udara stoga se fokus treba usmjeriti na učinkovite mjere prevencije (20).

Razlikujemo primarnu prevenciju usmjerenu na provođenje mjera za sprječavanje nastanka bolesti ili pak provođenje individualnog liječenja kod osoba s izraženim čimbenicima rizika. Svojim metodama nastoji educirati stanovništvo o potrebi promjene loših životnih navika, odnosno modifikacije stila života te promovirati zdrav način življenja. Sekundarna prevencija obuhvaća strategije sprječavanja ponovnog moždanog udara. Odnosi se na osobe koje su preboljele moždani udar, a uključuje primjenu medikamentozne terapije, rehabilitaciju i savjete o promjeni stila življenja (4).

## ***1.2. Neuroplastičnost***

Neuroplastičnost predstavlja sposobnost mozga da modificira, mijenja i prilagođava strukturu i funkciju tijekom cijelog života, ali i sposobnost odgovora mozga na iskustvo (21). Prilikom opetovanog vježbanja jedne aktivnosti (npr. određena sekvenca pokret ili rješavanje matematičkog problema) stvaraju se neuronski krugovi što dalje dovodi do bolje sposobnosti obavljanja izvježbanog zadatka, ali s manje energije. Nakon prestanka uvježbavanja određene aktivnosti, mozak preusmjerava neuronske krugove po poznatom principu „iskoristi” ili „ostavi”. Neuroplastičnost dovodi do različitih pojava kao što su stvaranje navike, senzibilizacija određenog podražaja, tolerancija na lijekove, ali i oporavak nakon ozljede mozga (22).

Neuroplastičnost je urođena karakteristika odnosno sposobnost cjeloživotnog i ponovnog učenja. To je sposobnost središnjeg živčanog sustava da mijenja svoje postojeće kortikalne strukture (anatomske, organizacijske) te funkcije u smislu fizioloških procesa i mehanizama kao odgovor na učenje, trening i iskustvo. Često opisujući neuronske strukture i funkcije, kortikalna senzorna infrastruktura (organizacija) prikazuje se kao preslikavanje gdje se

specifični senzorni inputi projiciraju na zadana kortikalna mjesta i stvaraju neuronske prikaze. Prilikom stjecanja novih informacija, vještina, znanja, upravo to novo iskustvo dovodi do izmjena u neuronskim mrežama, putevima i sklopovima koji se sastoje od bezbroj neurona i sinapsi (23).

Razlikujemo dva tipa neuroplastičnosti, strukturalnu i funkcionalnu. Strukturalnu plastičnost karakteriziraju procesi sinaptogeneze i neurogeneze. Sinaptogeneza predstavlja stvaranje ili uklapanje sinapsi u neuronski krug, a neurogeneza je pak proces stvaranja novih neurona. Strukturalna plastičnost normalno je obilježavanje fetalnih neurona tijekom razvoja mozga, a naziva se i razvojna plastičnost te uključuje migraciju neurona. Učenje i pamćenje su dva osnovna procesa o kojima ovisi funkcionalna plastičnost. Za vrijeme učenja i pamćenja zbog strukturalne prilagodbe ili unutarstaničnih biokemijskih procesa, između neurona dolazi do trajnih promjena u sinaptičkim odnosima (22).

Novi neuroni nastaju tijekom čitavog života, iako veliki broj tih neurona odumre, ostatak neurona stapa se s tkivom koje ga okružuje te samim time postaju nova radna snaga (24). U počecima istraživanja neuroplastičnosti smatralo se da je najizraženija u ranom djetinjstvu (do sazrijevanja inhibitornog sustava), no ipak nova istraživanja pokazuju da je neuroplastičnost izražena i kod odraslog čovjeka (25).

Neuroplastičnost nakon oštećenja mozga odvija se na način da se prvo uoči koji je neuronski put oštećen, a zatim traži zaobilazni put pomoću rehabilitacije pokreta i neuronske obrade signala. Rehabilitacija pokreta temelji se na učenju složenih pokreta. Mozak prvo prepoznaje motoričke pokrete, razdvoji ih na niz jednostavnih te pohranjuje u određeni oblik koji potom pamti. Svaki put kada promatramo, razmišljamo, izvršimo određeni pokret ili čujemo zvukove koji nas podsjećaju na taj pokret, aktivira se uvijek ista neuronska mreža (22).

Na neuroplastičnost utječe i tjelesna aktivnost. Osim što postoje dokazi da tjelesna aktivnost utječe na smanjenje stresa, poboljšanje kognitivnih sposobnosti te smanjenje razvoja psihičkih oboljenja, postoje dokazi i da potiče neuroplastičnost. Naime, tjelesnom aktivnošću se povećava koncentracija proteina (neurotrofni faktor) čime se potiče neurogeneza, sinaptogeneza i smanjenje gubitka neurona (25).



### **1.3. Motoričko učenje**

Motoričko učenje definira se kao proces sposobnosti pojedinca da usvoji motoričke vještine s relativno trajnom promjenom učinka kako funkcije izvedbe tako i iskustva (26). Važno je naglasiti da je motoričko učenje nemoguće pratiti direktno, već se prati indirektno putem motoričke izvedbe. Razlika između motoričkog učenja i motoričke izvedbe je u tome da se motorička izvedba može vidjeti, mjeriti i vrednovati. Također, pogrešno je ako se poistovjete motoričko učenje i motorička izvedba iz razloga što izvedba može ponekad biti trenutna sposobnost izvođenja određenog zadatka (27).

Dobra uputa te povratna informacija važni su čimbenici koji utječu na kvalitetu motoričkog učenja. Kvalitetna verbalna uputa ima utjecajnu ulogu na motoričku izvedbu i sam ishod motoričkog učenja, a od velike važnosti je osmišljavanje kreativnih zadataka koji pacijentu predstavljaju izazov i motivaciju (28).

Motoričko učenje i ponovno učenje cjeloživotne su aktivnosti izravno povezane s plastičnošću mozga, a međusobno ih povezuje iskustvo (29). Promjene ovisne o iskustvu u neokortikalnim regijama mogu preoblikovati obrasce aktivacije i anatomiju kore mozga. Senzorni input, znanje i aktivnost motoričkog učenja potiču kortikalne promjene (29,30). Učenjem vještina ili ponavljanjem zadatka (stimulacijama i iskustvom) potiču se neuroni odnosno neuronski krugovi koji na taj način sve više jačaju što se u stranoj literaturi često može vidjeti kao izraz „*fire together and wire together*“. Takvi ”iskusni/izvježbani” neuroni aktivirat će se istovremeno kao odgovor na slične podražaje u budućnosti. Upravo ta iskustva modificiraju postojeće kortikalne strukture ili mehanizme putem procesa neurogeneze, gliogeneze ili promjenom jačine međuneuronskih veza (23).

Nedavna istraživanja prikazuju motoričko učenje kao „*online*“ i „*offline*“. Učenje koje se odvija u trenutku učenja određene vještine predstavlja „*online*“ učenje. Pojedinaac i po završetku vježbanja određenog zadatka nastavlja sa stjecanjem i stabilizacijom te vještine. Ovakav način učenja predstavlja „*offline*“ učenje, u kojem osoba ne sudjeluje fizički niti stječe vještine unutar određenih uvjeta. Vježbanje i odmor facilitiraju motoričko učenje, a ono je izraženije nakon perioda spavanja ili odmaranja. Činjenica jest da motoričko učenje potiče neuroplastičnost no bitan je model, način, učestalost i vrsta prakticanja učenja (23).

#### **1.4. Neurorehabilitacija**

Čak i s nedavnim napretkom u reperfuzijskoj terapiji, većina pacijenata nakon akutne faze moždanog udara suočit će se s deficitima koji im mijenjaju prijašnje životne navike. Liječenje moždanog udara stoga ne završava na intenzivnoj njezi, a neurorehabilitacija predstavlja ključnu komponentu na dugom putu oporavka (31).

Osnovni cilj neurorehabilitacije pacijenata nakon moždanog udara je postizanje maksimalnih funkcionalnih, psiholoških i socijalnih kapaciteta kako bi se pacijenti vratili prijašnjim aktivnostima i uspješno reintegrirali u društvo (32). Neuroplastičnost predstavlja temelj na kojem se bazira suvremena neurorehabilitacija nakon oštećenja mozga (14), a programi neurorehabilitacije nepobitno su potvrdili svoju učinkovitost u smanjenju stupnja invaliditeta te ovisnosti o tuđoj pomoći (33). Postoji niz čimbenika koji utječu na funkcionalni oporavak pacijenata nakon moždanog udara, uključujući vrijeme početka rehabilitacijskog procesa te intenzitet i trajanje terapije (32).

Neurorehabilitacija započinje čim je pacijent u stabilnom stanju, nakon ozljede, jer se najveći oporavak očekuje u akutnoj i subakutnoj fazi. Većina studija sugerira da se neurološki oporavak najbolje postiže u prva 3 mjeseca, a maksimalni oporavak procjenjuje se na prvih 4 do 6 tjedana nakon moždanog udara. Zbog dodatnih komplikacija i komorbiditeta uzrokovanih moždanim udarom pacijentima je potrebno pružiti podršku cjelokupnog medicinskog tima. Upravo multidisciplinarni pristup niza stručnjaka idealan je za rehabilitaciju pacijenata nakon moždanog udara, a liječnik fizikalne medicine i rehabilitacije igra važnu ulogu u procjeni, planiranju i koordinaciji terapijskog procesa. Iako neki pacijenti imaju istu dijagnozu, ne znači da će imati isto oštećenje, kao ni brzinu i stupanj oporavka. Stoga se ciljevi terapije postavljaju individualno, ali u suradnji s pacijentom (32).

Osnovni princip neurorehabilitacije je unapređenje procesa motoričkog učenja pružanjem dodatnih informacija i podražaja koji u normalnim okolnostima nisu na raspolaganju senzornom i motornom sustavu (34). Ukoliko pacijent ne koristi određene funkcije one se trajno gube. Trening koji pokreće određenu funkciju, može je i unaprijediti. Za uspješno provođenje treninga bitna je motiviranost pacijenta, kao i održavanje pažnje na ono čime se trenutno bavi. Specifičnost, ponavljanje, intenzitet i vrijeme ključni su za plastičnost mozga (14). Brojna istraživanja pokazuju da povećavanje doze terapije, intenziteta i broja ponavljanja može promovirati plastičnost i funkcionalni oporavak (35,36). Godine su također važne, a što je pacijent mlađi, veća je mogućnost oporavka (37).

Najčešće korištene fizioterapijske intervencije uključuju Bobath koncept, propioceptivnu neuromuskulatornu facilitaciju (PNF) te razne mišićno-koštane manualne tehnike. Selektivna kontrola pokreta, smanjenje kompenzacija, kao i asociiranih reakcija, smjer su u kojem rehabilitacija treba ići (38). U sklopu terapijskog programa uz fizioterapijske intervencije provode se aktivnosti radne terapije, a ako je potrebno provode se i logopedске vježbe te kognitivni trening (14). Neurorehabilitacija je polje koje se dinamički mijenja i koje se sve više širi. Trenutno se u rehabilitaciji nakon moždanog udara razvijaju mnogi novi pristupi, a jedan od relativno novijih je i terapija uz pomoć robotskih uređaja.

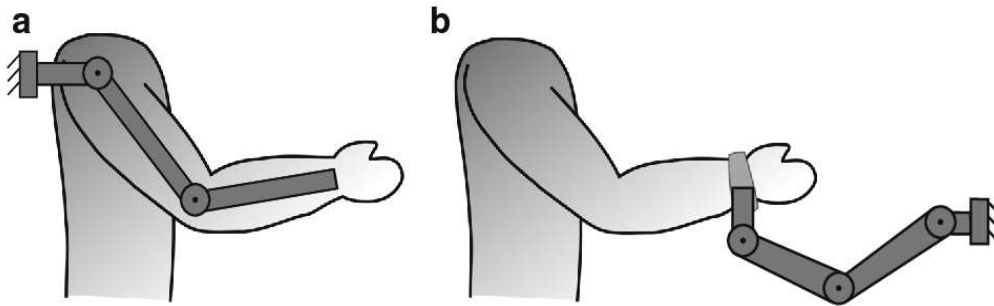
### ***1.5. Robotika u neurorehabilitaciji ruke***

Česta komplikacija nakon moždanog udara upravo je disfunkcija gornjeg ekstremiteta koja uvelike ograničava osobe u obavljanju aktivnosti svakodnevnog života i smanjuje društvenu participaciju. Zabilježeno je da pogađa od prilike 85% osoba koje su preboljele moždani udar u ranoj fazi. Budući da medicina napreduje iz dana u dan, nova tehnološka rješenja postala su dostupnija i za rehabilitaciju. Robotika je tako pronašla svoje mjesto među novim rehabilitacijskim tehnikama sa svrhom promicanja funkcije gornjih ekstremiteta (39).

Robotske uređaje općenito možemo svrstati u četiri glavne kategorije: robotski pomoćnici, proteze, ortoze i terapijski roboti. Prve tri kategorije spadaju u tzv. pomoćnu tehnologiju (*eng. assistive technology*), a posljednja pripada tzv. terapijskoj tehnologiji (*eng. therapeutic technology*). Terapijski roboti smanjuju teret terapeuta te omogućavaju idealne uvjete terapije, što podrazumijeva trening visokim intenzitetom, veći broj ponavljanja kao i specifičnost zadataka. Na taj način pomažu i unapređuju pacijentove pokrete facilitirajući oporavak, a ujedno i evaluiraju bolesnikov napredak (40,41). U današnje vrijeme postali su dostupniji. Sve više se primjenjuju u neurorehabilitaciji pacijenata s motoričkim deficitima, nastalim kao posljedica neke neurološke bolesti ili stanja (42).

Prema mehaničkoj strukturi roboti su dalje podijeljeni u dvije velike grupe: krajnje efektore (*eng. end-effector*) i egzoskelete (*eng. exoskeleton*) (Slika 1). Ove dvije grupe robota razlikuju se prema načinu prijenosa kretanja s uređaja na gornje ekstremitete pacijenata. Krajnji efektori spojeni su s pacijentima u jednoj točki koja se nalazi na najudaljenijem dijelu gornjeg ekstremiteta. Zglobovi robota ne odgovaraju pozicijama pacijentovih zglobova te se prilikom pokretanja neizravno mijenja položaj drugih zglobova pacijentovog tijela. S druge strane, egzoskeletni roboti nalikuju ljudskom tijelu. Povezani su s pacijentom na više dijelova, a

njihovi zglobovi odgovaraju osima ljudskih zglobova. Kretanje u određenom zglobu uređaja dovode do izravnog pomicanja specifičnog zgloba pacijentova ekstremiteta (43).



**Slika 1.** Podjela robota prema mehaničkoj strukturi: a) egzoskelet b) krajnji efektor

Izvor: <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/32774b25a2e23fe75f2de9fb307f427461ae425a/2-Figure1-1.png>

Osim prema mehaničkoj strukturi robotski sustavi dijele se i prema vrsti asistencije na aktivne i pasivne. Aktivni uređaji pružaju pomoć pri kretanju, posjeduju barem jedan elektromotor te su u stanju proizvesti kretanje gornjeg ekstremiteta. Koriste se kod pacijenata koji su preslabi za izvođenje pojedinih vježbi. Za razliku od aktivnih uređaja, pasivni uređaji ne mogu proizvesti pokret, ali se odupiru pokretu koji se izvršava u pogrešnom smjeru. Koriste se kod osoba koje imaju sposobnost pomicanja udova (43).

S obzirom na prethodne podjele, može se naslutiti da u rehabilitaciji postoje mnogi robotski uređaji. Međutim, ne postoje smjernice niti standardizirani zahtjevi u vezi s najprikladnijim robotom koji bi davao najpovoljnije rezultate. Prema saznanjima Lee i sur. (2020) još uvijek nije provedena klinička studija koja je uspoređivala različite tipove rehabilitacijskih robota (39).

Robotski uređaji mogu pružiti veću dozu pacijentovog angažmana tijekom ponavljanja različitih fizičkih zadataka, u odnosu na konvencionalnu terapiju. Postoje brojni dokazi o učinkovitosti robotskih uređaja u terapiji gornjih ekstremiteta. Veerbeek i sur. (2017) u svom sustavom pregledu s meta-analizom koji je uključivao 38 studija izvještavaju o značajnim razlikama u rezultatima Fugl-Meyer procjene gornjih ekstremiteta između robotske terapije i konvencionalne terapije, s boljim rezultatom za robotsku terapiju (44). Mnogi uređaji koriste implementirani softver s igricama i izazovima, koji dodatno motiviraju pacijente te tako dovode do veće posvećenosti rehabilitaciji (45). Upravo jedan od takvih uređaja je i Armeo Power, korišten u ovom istraživanju.

### **1.5.1. Armeo power**

Armeo Power, uređaj tvrtke Hocoma, egzoskeletni je tip robota za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta. Sastoji se od motorizirane ortoze za ruku koja može pružiti potporu i pomoć pacijentima prilikom izvođenja pokreta, a koja je povezana sa softverom na računalnom zaslonu (Slika 2). Posebno je dizajniran za terapiju u ranoj fazi rehabilitacije. Čak i pacijentima s teškim oštećenjem pokreta, koji još nemaju voljnu aktivaciju mišićne mase, uređaj omogućava izvođenje vježbi s velikim brojem ponavljanja (visokog intenziteta). Na taj način facilitira neuroplastičnost i motoričko učenje u najranijim fazama oporavka (46). Prijašnja istraživanja o primjeni Armeo Power uređaja u rehabilitaciji osoba nakon moždanog udara sugeriraju njegovu primjenu (47).



**Slika 2.** Prikaz Armeo Power robotskog uređaja KBC-a Rijeka

Izvor: [https://radio.hrt.hr/data/article\\_images/37b2c510d715003aef57f9eb2a4af00800af5913/new-picture1.jpg](https://radio.hrt.hr/data/article_images/37b2c510d715003aef57f9eb2a4af00800af5913/new-picture1.jpg)

Armeo Power prepoznaje kada pacijent nije u stanju izvesti pokret i pomaže pacijentovoj ruci koliko je potrebno za uspješno postizanje cilja svake vježbe. Putem senzora i inteligentnih algoritama prilagođava količinu robotske asistencije prema pacijentovim individualnim potrebama, od potpunog vođenja kroz pokreta do gotovo nikakve asistencije. Uređaj podržava vježbe za povećanje opsega pokreta u zglobovima i mišićne snage u dvije ili tri dimenzije. Softver sadrži obimnu biblioteku vježbi sličnih igrama s povratnim informacijama za trening virtualne stvarnosti. Performanse pacijenata i neposredne povratne informacije prikazane na računalnom zaslonu motiviraju pacijente i pomažu im poboljšati motoričke sposobnosti. Također, Armeo Power precizno bilježi kako pacijenti rade i kolika im

je podrška potrebna tijekom terapijskih sesija. To omogućava terapeutu da se više vremena usredotoči na napredak i terapiju pacijenta smanjujući potrebu za pružanjem izravne fizičke pomoći (46).

Prilikom liječničkog pregleda, kao i fizioterapeutske procjene, važno je napraviti probir pacijenata po indikacijama i kontraindikacijama za terapiju na Armeo Power uređaju. Prijelomi, kontrakture, nestabilnost zglobova, jaka bol gornjeg ekstremiteta, poremećaji vitalnih funkcija, infektivna stanja i epilepsija samo su neka od stanja kod kojih se ne smije primjenjivati Armeo Power uređaj. Uzimajući u obzir prethodno navedene kontraindikacije i individualni profil svakog pacijenta, indikacije za primjenu uređaja uključuju: moždani udar, multiplu sklerozu, cerebralnu paralizu, ozljede leđne moždine, traumatske ozljede mozga, neuroaptije, ataksiju gornjih ekstremiteta, Parkinsonovu bolest i druge poremećaje kretanja (46).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U ovom istraživanju glavni cilj bio je analizirati utjecaj robotskog uređaja Armeo Power na rehabilitaciju ruke, odnosno funkcionalni oporavak osoba s jednostranim motoričkim ispadom kao posljedicom preboljenog moždanog udara.

Hipoteze:

H1 – Eksperimentalna skupina koja je u terapiji koristila robotski uređaj Armeo Power pokazivat će značajnije poboljšanje u mjerama motoričke funkcije u odnosu na kontrolnu skupinu.

H2 – Eksperimentalna skupina pokazivat će statistički značajnije poboljšanje u usporedbi s kontrolnom skupinom u mjerama funkcionalne neovisnosti.

H3 – Statistički značajnije poboljšanje u mjerama subjektivnog doživljaja izvedbe okupacije i zadovoljstva izvedbom pokazivat će eksperimentalna skupina koja je koristila Armeo Power uređaj u terapiji u usporedbi s kontrolnom.

### **3. MATERIJALI I METODE**

#### ***3.1. Ispitanici***

U ovo istraživanje uključeno je 20 ispitanika s ispadom funkcije gornjeg ekstremiteta kao posljedicom moždanog udara. Prikupljanje podataka o ispitanicima odobreno je od strane Etičkog povjerenstva Kliničkog bolničkog centra (KBC) Rijeka na sjednici održanoj 31. svibnja 2021. godine. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Kako bi u najvećoj mogućoj mjeri izbjegli pristranost u istraživanju i učinili istraživanje što objektivnijim, od svih pacijenata koji su sudjelovali u programu stacionarne rehabilitacije gornjeg ekstremiteta na Armeo Power robotskom uređaju, u razdoblju od 2018. do 2020. godine, jednostavnom randomizacijom u eksperimentalnu skupinu odabrano je 10 pacijenata. Također, u kontrolnu skupinu jednostavnom randomizacijom odabrano je 10 pacijenata koji su sudjelovali u programu stacionarne rehabilitacije prije nego se počela primjenjivati neurorehabilitacija robotskim uređajem Armeo Power. Stacionarna rehabilitacija provodila se na Zavodu za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju KBC-a Rijeka.

Eksperimentalnu skupinu (n=10) čine pacijenti koji su u sklopu rehabilitacijskog programa uz uobičajenu fizioterapiju po Bobath konceptu bili uključeni u program radne terapije i terapije na Armeo Power robotskom uređaju. S druge strane, kontrolnu skupinu (n=10) čine pacijenti koji su provodili iste aktivnosti kao i eksperimentalna skupina osim terapije na robotskom uređaju Armeo Power. Pacijenti su prošli program rehabilitacije u trajanju od 4 tjedna, u sklopu kojeg su imali 20 tretmana po Bobath konceptu, 20 tretmana radne terapije te 20 tretmana na Armeo Power uređaju (izuzev kontrolne skupine koja nije koristila isti u terapiji).

##### ***3.1.1. Kriterij uključenja u istraživanje***

Pacijenti uključeni u istraživanje morali su zadovoljiti određene kriterije. Jedan od kriterija bilo je prisustvo jednostranog motoričkog ispada nastalog kao posljedica moždanog udara. Odsustvo patologije verbalne komunikacije bilo je drugi kriterij. Treći kriterij predstavljalo je uključanje u program neurorehabilitacije unutar 3 mjeseci od preboljenog moždanog udara. Također, pacijenti uključeni u studiju prilikom procjene kognitivnog stanja malim testom za procjenu mentalnog stanja (*eng. Mini-Mental State Exam, MMSE*) morali su ostvariti 20 ili više bodova.



## **3.2. Terapijski postupci**

### **3.2.1. Terapija po Bobath konceptu**

Neurorehabilitacija pacijenata nakon moždanog udara tradicionalno se fokusira na konvencionalnu terapiju (48). Bobath koncept, u američkoj literaturi pod nazivom neurorazvojni tretman, jedan je od najčešće korištenih pristupa od strane terapeuta u neurorehabilitaciji (49).

Preduvjet za razvoj normalnih kretnji i vještina, prema Bobath konceptu, predstavlja posturalni refleksni mehanizam kojeg čine reakcije uspravljanja i reakcije ravnoteže. U razvoju pojedinca navedeni mehanizam odgovoran je za normalnu koordinaciju pokreta koja proizlazi iz normalne kvalitete posturalnog tonusa i normalnih stupnjeva recipročne inervacije (50).

Bobath koncept integrira posturalnu kontrolu i izvedbu zadataka s posebnim naglaskom na kvaliteti izvedbe. Također, naglašava jednaku važnost oporavka trupa, glave i udova radi optimizacije učinkovitosti i kvalitete kretanja (51). Koncept razmatra utjecaj neurološkog stanja na cijelu osobu. Klinička primjena usredotočuje se na analizu pokreta s obzirom na posturalnu kontrolu, selektivne pokrete i ulogu osjetilnih informacija u razvoju dijagnoze kretanja koja vodi liječenje i evaluaciju (52).

Cilj terapije temeljene na Bobath konceptu je optimizirati funkcije osobe nakon moždanog udara poboljšanjem posturalne kontrole i facilitacijom selektivnih pokreta, usmjeravajući ih prema aktivnostima svakodnevnog života (48).

Ponavljanje, funkcionalne aktivnosti usmjerene cilju i povećana pozornost tijekom učenja uobičajene su strategije i mogu izazvati promjene u kortikalnoj reprezentaciji, pa stoga i neuroplastičnosti, koja ovisi o upotrebi i na kojoj se temelji oporavak (48,53).

Ispitanici obje skupine provodili su terapiju po Bobath konceptu. Terapija se sastojala od ukupno 20 sesija, a trajanje pojedine sesije bilo je 45 min. Provodile su se aktivnosti mobilizacije, facilitacije pokreta, uvježbavanja komponenti aktivnosti, cijelog zadatka i dr. Sve aktivnosti bile su individualno prilagođene pacijentima i usmjerene na poboljšanje posturalne kontrole trupa i ramenog pojasa kako bi se omogućile selektivnije kretnje ruku te na taj način maksimalizirala funkcija. Terapija je provođena od strane fizioterapeutkinje s višegodišnjim iskustvom u rehabilitaciji neuroloških pacijenta koja je završila nekoliko naprednih tečajeva Bobath koncepta.

### **3.2.2. Radna terapija**

Radna terapija je usmjerena prema pacijentu te promovira zdravlje kroz aktivnost. Omogućiti pacijentima sudjelovanje u aktivnostima svakodnevnog života postavlja se kao primarni cilj radne terapije. Ostvarenje cilja, odnosno unaprjeđenje pacijentovih sposobnosti u aktivnostima koje on sam želim ili mora izvoditi, postiže se kroz rad s ljudima i zajednicom. (54).

Intervencija radne terapije sastoji se od niza postupaka usmjerenih na poboljšanje vještina i samostalnosti pri izvođenju svakodnevnih aktivnosti te na povećanje kvalitete života. Postupci radne terapije obuhvaćaju uspostavljanje, uvježbavanje i održavanje izvođenja aktivnosti samozbrinjavanja (kupanje, oblačenje, hranjenje, funkcionalna mobilnost), aktivnosti slobodnog vremena (hobiji, igra, rekreacija...), produktivnih aktivnosti (profesionalne uloge i zadatci, aktivnosti u kućanstvu, zajednici...). Također obuhvaćaju uvježbavanje senzomotoričkih, psihosocijalnih i kognitivnih komponenti aktivnosti, savjete i preporuke za prilagodbu životnog prostora te edukaciju (pacijenata, članova njihove obitelji i drugih) (55).

Pacijenti iz eksperimentalne i iz kontrolne skupine sudjelovali su u aktivnostima radne terapije. Terapija je provedena od strane prvostupnice radne terapije zaposlene na odjelu Fizikalne medicine i rehabilitacije KBC-a Rijeka. Trajanje jedne radnoterapijske intervencije bilo je 45 min, a pacijenti su ukupno proveli 20 tretmana.

### **3.2.3. Terapija na Armeo Power robotskom uređaju**

Prije početka provođenja terapije uređajem Armeo Power potrebno je individualno prilagoditi pacijentu postavke uređaja. Uređaj se najprije postavlja s odgovarajuće strane tj. strane koja treba potporu. Pacijent se postavi ispred ekrana Armeo Power uređaja na stolicu bez naslona za ruke. Također, pacijent može sjediti i u invalidskim kolicima na način da se ukloni naslon za ruke na strani kojoj treba potpora. U sagitalnoj i frontalnoj ravnini rotacijska os konzolnog kraka mora okomito odgovarati rotacijskoj osi ramenog zgloba. Nadalje namještamo visinu ortoze za ruku, individualno za svakog pacijenta, na način da rotacijska os modula za nadlakticu bude u visini ramenog zgloba pacijenta. Postavimo ruku pacijenta u manšetu za nadlakticu i podlakticu te podesimo duljinu nadlaktice i podlaktice, a potom ih pričvrstimo (Slika 3). Sljedeći korak je pozicioniranje modula za šaku. Potrebno je učvrstiti palac i druge prste na način da se pažljivo zatvore sve 3 trake. Za kraj slijedi provjera i namještanje postavki.

Rame, lakat i zapešće moraju biti u ravnini s odgovarajućom rotacijskom osi ortoze za ruku, ukoliko nisu pravilno poravnate potrebno je ponoviti postupak (56).



**Slika 3.** Postavljanje ruke u manšetu uređaja Armeo Power

Izvor: [https://img.medicaexpo.com/images\\_me/photo-g/68750-10619323.webp](https://img.medicaexpo.com/images_me/photo-g/68750-10619323.webp)

Putem softvera dodaju se novi pacijenti na način da se upišu njihovi podatci (ime i prezime, datum rođenja, spol, visina, težina, oslabljena ruka). Kada se podatci o pacijentu unesu jednom u sustav, oni ostaju pohranjeni i više ih nije potrebno upisivati.

Nakon što je pacijent pravilno pozicioniran i pohranjen u sustav potrebno je individualno konfigurirati Armeo Power uređaj. U postupku konfiguracije određuju se sigurnosne zone što je moguće bliže tijelu (Slika 4). Sigurnosne zone predstavljaju granice unutar koji se uređaj može slobodno kretati bez straha od ozljeđivanja. Terapeut vodi motoriziranu ortoza s pacijentovom rukom tako da se ona nalazi kraj pacijentova koljena, neposredno iznad pacijentova krila, neposredno ispred pacijentova abdomena te neposredno ispred pacijentova lica. Kada se postave sve sigurnosne granice dodatno se određuje stupanj potpore pacijentove ruke od strane uređaja (od 0% do 130%). Potpora za težinu ruke trebala bi biti dovoljna da pacijent može obavljati određene zadatke bez kompenzacijskih pokreta, a opet sveden na minimum kako bi se osigurao izazovan trening (56).



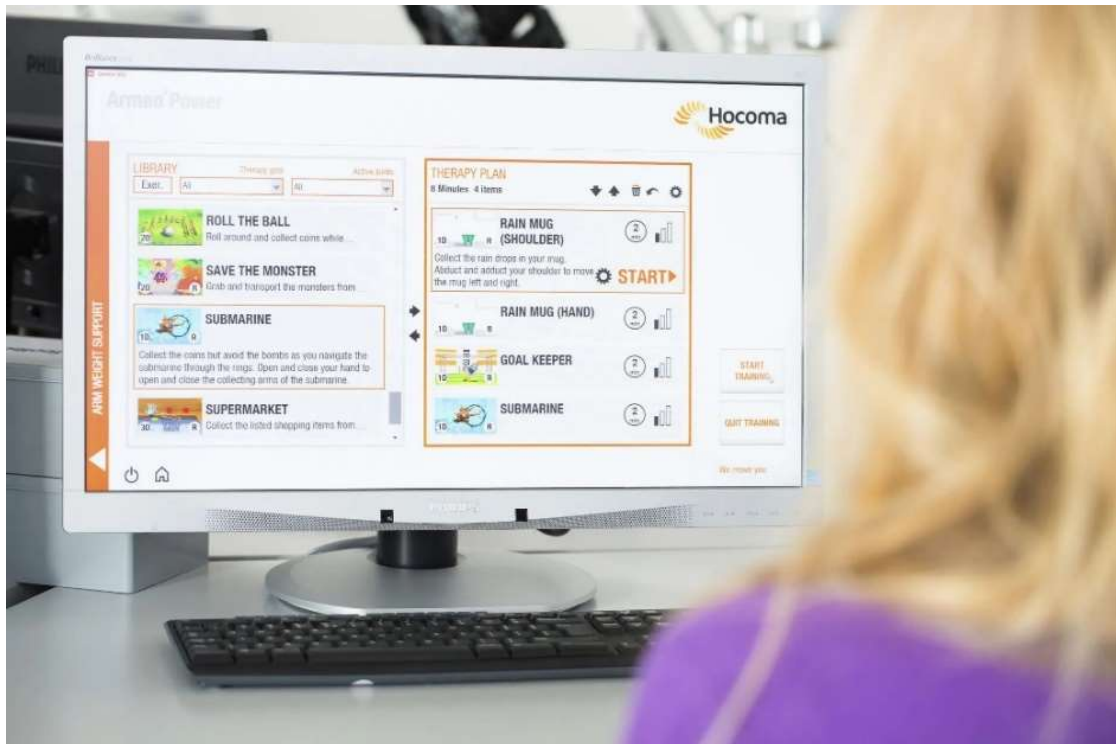
**Slika 4.** Postavljanje sigurnosnih zona prilikom postupka kalibracije

Izvor: [https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/11/ArmeoPower\\_QRG\\_20191031.pdf](https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/11/ArmeoPower_QRG_20191031.pdf)

Početna procjena, kao što i sam naziv ukazuje, obavlja se tijekom prve terapije. Provođi se postupno, korak po korak, kako bi se izbjegli mogući propusti. Sastoji se od A-ROM i A-MOVE procjene. A-ROM procjena koristi se za postavljanje radnog prostora u jednoj dimenziji. Ova procjena mjeri fizička ograničenja pokreta ruke pacijenta te pomože terapeutu definirati opseg pokreta za različite stupnjeve slobode u svakom zglobovima zasebno (rame, lakat, zapešće). Potrebno je pažljivo definirati opseg pokreta u zglobovima jer će pacijent tijekom terapije moći vježbati samo unutar prethodno definiranih vrijednosti. A-MOVE procjenom mjere se kombinirani pokreti ruke pacijenta. Služi za postavljanje radnog prostora pacijenta u dvije i tri dimenzije. Postupak definiranja radnog prostora nam je važan kako softver ne bi postavljao stavke izvan dosega pacijenta tijekom vježbanja (46).

Nakon završetka početne procjene određuje se plan terapije. Individualno za svakog pacijenta odabire se redoslijed, težina i trajanje pojedine vježbe (Slika 5). Trening mora biti usmjeren na pacijentove potrebe i sposobnosti te mora poticati njegovu aktivnost. U početku se odabiru vježbe koje su lako razumljive i izvedive za pacijenta. Čim se pacijent navikne na

terapiju primjenjuju se složenije vježbe kako bi pacijent ciljano radio na vlastitim nedostacima (46). Trening se sastoji od nekoliko dijelova: mobilizacije, provođenja ciljano odabranih vježbi i procjene. U ovom istraživanju pacijenti eksperimentalne skupine provodili su terapiju na Armeo Power uređaju 20 puta, a trajanje individualnog tretmana bilo je unutar vremenskog perioda od 45 min. Pacijenti su tretman provodili uz nadzor stručne osobe posebno educirane za upravljanje Armeo Power uređajem.



**Slika 5.** Prikaz plana terapije na računalom zaslonu Armeo Power uređaja

Izvor: [https://img.medicaexpo.com/images\\_me/photo-g/68750-10604786.webp](https://img.medicaexpo.com/images_me/photo-g/68750-10604786.webp)

### **3.3. Mjerni instrumenti i procjena**

#### **3.3.1. Fugl-Meyer procjena**

Fugl-Meyer procjena (*eng. Fugl-Meyer Assessment, FMA*) bazirana je na performansu i specifična je za moždani udar. Osmišljena za procjenu motoričkog funkcioniranja, ravnoteže, osjeta i funkcioniranja zglobova u pacijenata s hemiplegijom nakon moždanog udara. Može se primijeniti kod pacijenata svih životnih dobi (57,58).

FMA skala predstavlja indeks za procjenu senzomotornog oštećenja kod osoba koje su pretrpjele moždani udar. Axel Fugl-Meyer i njegove kolege prvi su predložili navedenu skalu kao standardizirani test procjene oporavka nakon moždanog udara u svom članku pod naslovom "Pacijent nakon moždanog udara s hemiplegijom: metoda za procjenu tjelesne izvedbe" 1975. godine. Sada se naširoko koristi za kliničku procjenu motoričke funkcije (57).

Skala se sastoji od 5 domena (motoričko funkcioniranje, senzoričko funkcioniranje, balans, opseg pokreta zglobova, bol u zglobovima) te ukupno sadrži 155 stavki. Bodovanje se temelji na izravnom promatranju učinka. Ukupno je moguće ostvariti 226 bodova. Stavke se boduju prema sposobnosti pojedinca da izvrši pojedinu stavku pomoću ordinalne skale od 3 boda (0 – ne može izvesti; 1 – djelomično izvodi; 2 – u potpunosti izvodi) (59).

U ovom istraživanju praćene su domena motoričkog funkcioniranja gornjih ekstremiteta i domena senzoričkog funkcioniranja. Prema FMA skali motoričko funkcioniranje kreće se od 0 (hemiplegija) do 100 bodova (normalne motoričke performanse). Bodovanje je podijeljeno na 66 bodova za gornje ekstremitete (g.e.) i 34 boda za donje ekstremitete. Senzorna funkcija kreće se od 0 do 24 boda, podijeljena na 8 bodova za osjet i 16 bodova za propriocepciju (59).

FMA (g.e.) opsežno je testirana te se pokazalo da ima izvrsna psihometrijska svojstva. Smatra se da procjenjuje funkciju tijela prema Međunarodnoj klasifikaciji funkcioniranja, invaliditeta i zdravlja (MKF) (57).

### **3.3.2. Funkcionalna mjera neovisnosti**

Funkcionalna mjera neovisnosti (*eng. Functional Independence Measure, FIM*) predstavlja instrument za procjenu pacijentovih sposobnosti i neovisnosti u svakodnevnom funkcioniranju. Razvijen kako bi riješio pitanja osjetljivosti i sveobuhvatnosti koja su okarakterizirana kao problematična kod Barthelovog indeksa. FIM je suvremeniji test, a ujedno i specifičniji jer se sastoji od više parametara procjene (60).

FIM uključuje mjere neovisnosti za brigu o sebi (samozbrinjavanje), kontrolu sfinktera, mobilnost, pokretanje, komunikaciju i socijalne spoznaje (61). Procjenjuje se 18 funkcija, bodovanje u rasponu od 1 do 7, pomoću ordinalne skale osjetljive na promjene tijekom opsežnog programa stacionarne rehabilitacije. Koristi razinu pomoći koju pojedinac treba za ocjenjivanje funkcionalnog statusa od potpune neovisnosti do totalne pomoći (Tablica 2).

Mogući ukupni rezultati FIM-a kreću se od 18 do 126. Veći rezultat označava neovisniji funkcionalni status (62).

FIM se koristi kao alat, kako za procjenu razine onesposobljenosti pacijenta, tako i za praćenje promjene statusa pacijenta kao odgovor na rehabilitaciju (63,64).

**Tablica 2.** Ocjenjivanje funkcionalnog statusa (FIM)

	7	Potpuna neovisnost	
	6	Modificirana neovisnost (uporaba pomagala)	Bez pomoći
<b>N</b>	<b>Modificirana ovisnost</b>		
<b>I</b>	5	Nadgledanje	
	4	Minimalna pomoć (učesće pacijenta 75% +)	
<b>V</b>	3	Umjerena pomoć (učesće pacijenta 50% do 75%)	
<b>O</b>	<b>Potpuna ovisnost</b>		Sa pomoći
	2	Maksimalna pomoć (učesće pacijenta od 25% do 50%)	
	1	Totalna pomoć (učesće pacijenta 0% do 25%)	

Prilagođeno prema: Grozdek Čovčić G, Maček Z. Neurofacilitacijska terapija. Sv. 32. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2011.

### 3.3.3. Kanadska mjera izvođenja okupacija

Kanadska mjera izvođenja okupacija (*eng. Canadian Occupational Performance Measure, COPM*) predstavlja mjeru ishoda osmišljenu za korištenje od strane radnih terapeuta u svrhu procjene ishoda pacijenata na području brige o sebi, produktivnosti i razonode (65).

COPM je najkorištenija mjera ishoda u radnoj terapiji u svijetu i može se koristiti kod svih dobnih skupina. Primjenjuje se u više od 40 zemalja diljem svijeta te je dostupan na 36 jezika. Prvo izdanje COPM -a objavilo je Kanadsko društvo radnih terapeuta u suradnji s „*Health Canada*“ 1991. Od tada je proizašlo pet izdanja obrazaca mjerenja i priručnika. Pouzdanost i valjanost COMP-a dobro su utvrđeni, a sam COPM je zaštićen autorskim pravima i drugim pravima intelektualnog vlasništva te se priručnik i obrasci mjerenja moraju kupiti (66).

Koristeći polustrukturirani intervju, COPM je proces u 5 koraka koji mjeri pojedinačna problematična područja koja klijent identificira u svakodnevnom radu. Dobivaju se dvije ocjene, za izvedbu okupacije i zadovoljstvo izvedbom (65).

COPM se sastoji od sljedećih 5 koraka:

1. Identifikacija problema u izvođenju okupacije – Okupacija koju pacijent želi raditi, treba raditi ili se od njega očekuje da ju radi, ali ne može raditi, ne radi ili nije zadovoljan s načinom kako ju radi.

2. Vrednovanje važnosti problema – Pacijent ocjenjuje važnost percipiranog problema na skali od 1 (uopće nije važno) do 10 (izuzetno važno). Odabire se do 5 najvažnijih identificiranih problema.

3. Bodovanje izvođenja okupacije – Ovaj korak zahtijeva od pacijenata da procijene izvođenje okupacije na skali od 1 (uopće to ne mogu raditi) do 10 (mogu to raditi vrlo dobro) – Pitanje: „Kako biste ocijenili način na koji trenutno izvodite ovu aktivnost?“

4. Bodovanje zadovoljstva izvedbe – Također se ocjenjuje na skali od 1 (uopće nisam zadovoljan) do 10 (u potpunosti sam zadovoljan) – Pitanje: „Koliko ste zadovoljni načinom na koji trenutno izvodite ovu aktivnost?“

5. Utvrđivanje datum ponovne procjene (67).

### **3.4. Statistička obrada podataka**

Za potrebe izrade empirijskog dijela ovog rada pristupljeno je bazi podataka KBC-a Rijeka. Obradivani su podatci od ukupno 20 pacijenta podijeljenih u eksperimentalnu (n=10) i kontrolnu (n=10) skupinu.

U radu se koriste metode grafičkog i tabelarnog prikazivanja podatak kojima se prezentira struktura pacijenata prema promatranim sociodemografskim varijablama i varijablama kliničke procjene.

Budući da je riječ o malom uzorku (n=10), numeričke vrijednosti prezentirane su upotrebom metoda deskriptivne statistike, i to medijana kao srednje vrijednosti, te interkvartilnog raspona (*eng. interquartile range, IQR*) kao pokazatelja odstupanja.



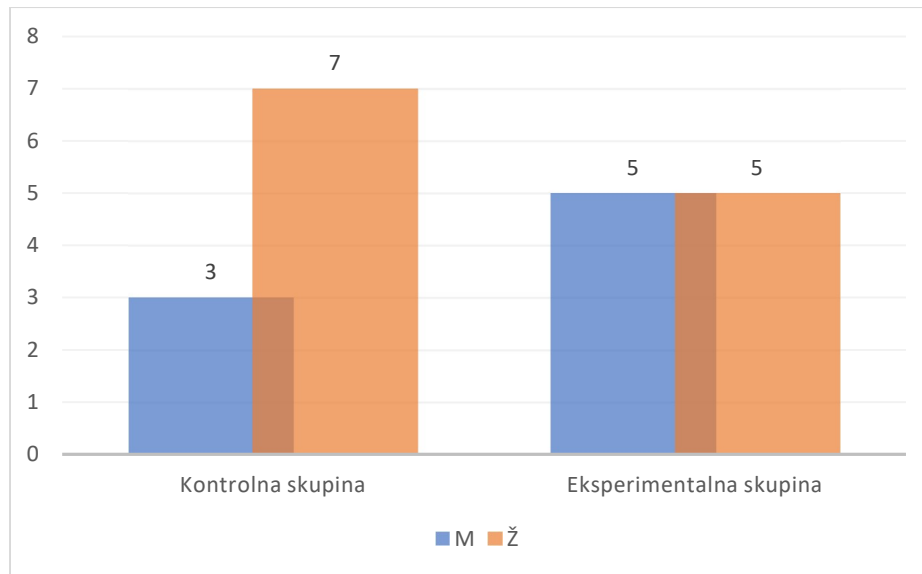
Razlika u razdiobi s obzirom na sociodemografska obilježja ispitivana je  $\chi^2$  testom, dok se u slučaju neispunjenja uvjeta za provedbu  $\chi^2$  testa koristio Fisher egzaktni test. Hipoteze se u ovom radu ispituju upotrebom Mann-Whitney U testa (ispitivanje razlika između eksperimentalne i kontrolne skupine), dok se prisutnost promjene u ponovljenom mjerenju u odnosu na prvo mjerenje ispituje Wilcoxon testom za ponovljena mjerenja.

Analiza podataka je provedena u računalom programu „Statistica 12“.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Ispitanici

Veća je zastupljenost pacijentica u kontrolnoj skupini u odnosu na zastupljenost pacijentica u eksperimentalnoj skupini, dok ispitivanjem nije utvrđeno postojanje statistički značajne razlike ( $P=0,325$ ).



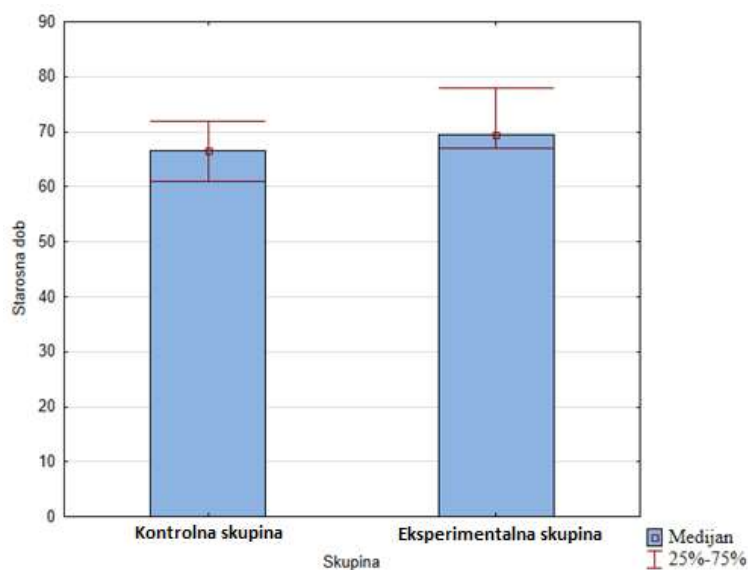
**Slika 6.** Grafički prikaz zastupljenosti pacijenata po skupinama prema spolu

Srednja starosna dob pacijenata eksperimentalne skupine je 2,50 godina veća u odnosu na dob pacijenata kontrolne skupine, ali nije utvrđeno da je ta razlika statistički značajna ( $Z=0,91$ ;  $p=0,363$ ).

**Tablica 3.** Starosna dob pacijenata u promatranim skupinama

Skupina		Starost	Z	p*
Kontrolna	Medijan	66,50		
	IQR	(61,50-71,50)		
Eksperimentalna	Medijan	69,00		
	IQR	(66,50-75,50)	0,91	0,363

\*Mann-Whitney U test



**Slika 7.** Grafički prikaz medijana i interkvartilnog raspona za starosnu dob

## 4.2. Promatrani parametri funkcionalne procjene

### 4.2.1. Fugl-Meyer procjena (g.e.)

Srednja vrijednost senzorne funkcije (FMA) u prvom mjerenju eksperimentalne skupine je za 4 boda manja od srednje vrijednosti kontrolne skupine, te je ispitivanjem utvrđeno postojanje značajne razlike između skupina ( $Z=2,23$ ;  $p=0,026$ ). U ponovljenom mjerenju došlo je do izjednačenja srednjih vrijednosti između eksperimentalne i kontrolne skupine, te nije utvrđena prisutnost statistički značajne razlike ( $Z=1,79$ ;  $p=0,084$ ). Među pacijentima kontrolne skupine nije došlo do statistički značajne promjene senzorne funkcije ( $Z=1,34$ ;  $p=0,180$ ), dok je kod eksperimentalne skupine došlo do statistički značajnog poboljšanja ( $Z=2,37$ ;  $p=0,018$ ).

**Tablica 4.** Rezultati Fugl-Meyer procjene senzorne funkcije za gornje ekstremitete

Skupina	FUGL-MEYER (g.e.) max 24	Mjerenje		Z	p**
		I	II		
Kontrolna	Medijan	24,00	24,00	1,34	0,180
	IQR	(24,00-24,00)	(24,00-24,00)		
Eksperimentalna	Medijan	20,00	24,00	2,37	0,018
	IQR	(19,00-23,00)	(21,00-24,00)		
	Z	2,23	1,79		
	p*	0,026	0,084		

\*Mann-Whitney U test

\*\*Wilcoxon test za ponovljena mjerenja

Srednja vrijednost motoričke funkcije (FMA) u prvom je mjerenju kontrolne skupine za 15 bodova veća u odnosu na srednju vrijednost eksperimentalne skupine. Ispitivanjem je potvrđeno postojanje značajne razlike između skupina nakon prvog mjerenja ( $Z=2,00$ ;  $p=0,045$ ). U ponovljenom mjerenju se razlika smanjila na 12,50 bodova, dok statistička značajnost nije prisutna ( $Z=1,55$ ;  $p=0,121$ ). Kod obje promatrane skupine došlo je do statistički značajnog rasta motoričke funkcije mjerene na FMA skali, i to za 12,50 bodova kod eksperimentalne skupine ( $Z=2,80$ ;  $p=0,005$ ), te 10 bodova kod kontrolne skupine ( $Z=2,80$ ;  $p=0,005$ ).

**Tablica 5.** Rezultati Fugl-Meyer procjene motoričke funkcije za gornje ekstremitete

Skupina	FUGL-MEYER (g.e.) max 66	Mjerenje		Z	p**
		I	II		
Kontrolna	Medijan	51,00	61,00	2,80	0,005
	IQR	(46,50-55,50)	(52,00-62,50)		
Eksperimentalna	Medijan	36,00	48,50	2,80	0,005
	IQR	(22,50-43,75)	(27,50-56,75)		
	Z	2,00	1,55		
	p*	0,045	0,121		

\*Mann-Whitney U test

\*\*Wilcoxon test za ponovljena mjerenja

#### 4.2.2. Funkcionalna mjera neovisnosti (FIM)

Srednja vrijednost FIM-a u prvom mjerenju eksperimentalne skupine manja je za 3 boda u odnosu na srednju vrijednost kontrolne skupine, dok ispitivanjem nije potvrđena statistička značajnost ( $Z=0,38$ ;  $p=0,705$ ). U drugom mjerenju razlika se smanjila na 1 bod, a ispitivanjem također nije potvrđena statistička značajnost ( $Z=0,30$ ;  $p=0,762$ ). I eksperimentalna i kontrolna skupina zabilježile su značajan rasta FIM-a u ponovljenim mjerenjima ( $Z=2,80$ ;  $p=0,005$ ).

**Tablica 6.** Rezultati mjerenja funkcionalne neovisnosti

Skupina	FIM	Mjerenje		Z	p**
		I	II		
Kontrolna	Medijan	95,00	107,00	2,80	0,005
	IQR	(80,00-109,25)	(99,25-114,00)		
Eksperimentalna	Medijan	92,00	106,00	2,80	0,005
	IQR	(81,50-99,50)	(99,00-111,00)		
	Z	0,38	0,30		
	p*	0,705	0,762		

\*Mann-Whitney U test

\*\*Wilcoxon test za ponovljena mjerenja

#### 4.2.3. Kanadska mjera izvođenja okupacije (COPM)

U početnom mjerenju, srednja vrijednost prosječnog izvođenja okupacije (COPM) za 1,20 bodova veća je u eksperimentalnoj u odnosu na kontrolnu skupinu, dok ispitivanjem nije utvrđena značajna razlika između skupina ( $Z=1,18$ ;  $p=0,239$ ). U ponovljenom mjerenju se razlika povećala na 1,85 bodova, te je veća vrijednost utvrđena kod eksperimentalne skupine ( $Z=2,46$ ;  $p=0,014$ ). Obje promatrane skupine zabilježile su statistički značajni rasta prosječnog izvođenja okupacije ( $Z=2,80$ ;  $p=0,005$ ).

**Tablica 7.** Rezultati mjerenja prosječnog izvođenja okupacije (COPM)

Skupina	COPM (Prosječno izvođenje)	Mjerenje		Z	P**
		I	II		
Kontrolna	Medijan	2,80	6,15	2,80	0,005
	IQR	(2,23-3,15)	(4,75-7,30)		
Eksperimentalna	Medijan	4,00	8,00	2,80	0,005
	IQR	(1,95-5,45)	(7,30-9,00)		
	Z	1,18	2,46		
	p*	0,239	0,014		

\*Mann-Whitney U test

\*\*Wilcoxon test za ponovljena mjerenja

Srednja vrijednost prosječnog zadovoljstva (COPM) u prvom mjerenju eksperimentalne skupine veća je za 0,30 bodova u odnosu na srednju vrijednost kontrolne skupine, dok ispitivanjem nije utvrđeno postojanje razlike ( $Z=0,19$ ;  $p=0,849$ ). U ponovljenom mjerenju se razlika povećala na 1,35 bodova, te je statistički značajno veća vrijednost utvrđena kod eksperimentalne skupine ( $Z=2,28$ ;  $p=0,022$ ). Statistički značajan rasta prosječnog zadovoljstva zabilježen je u ponovljenim mjerenjima obje skupine ( $Z=2,80$ ;  $p=0,005$ ).

**Tablica 8.** Rezultati mjerenja prosječnog zadovoljstva izvođenja okupacije (COPM)

Skupina	COPM (Prosječno zadovoljstvo)	Mjerenje		Z	p**
		I	II		
Kontrolna	Medijan	3,00	7,65	2,80	0,005
	IQR	(2,25-5,90)	(5,00-8,00)		
Eksperimentalna	Medijan	3,30	9,00	2,80	0,005
	IQR	(2,30-4,95)	(8,10-9,30)		
	Z	0,19	2,28		
	p*	0,849	0,022		

\*Mann-Whitney U test

\*\*Wilcoxon test za ponovljena mjerenja

## 5. RASPRAVA

U ovom istraživanju procjenjivali smo učinak robotski asistiranje terapije u kombinaciji s konvencionalnom terapijom kod pacijenata s jednostranom hemiparezom nakon moždanog udara u subakutnoj fazi. Pacijenti uključeni u istraživanje ( $n=20$ ) bili su podijeljeni u eksperimentalnu ( $n=10$ ) i kontrolnu skupinu ( $n=10$ ). Eksperimentalna skupina je uz konvencionalnu terapiju provodila i terapiju na robotskom uređaju Armeo Power dok je kontrolna skupina provodila samo konvencionalnu terapiju. Terapije su u obje skupine bile vremenski usklađene, a procjena se vršila putem kliničkih skala.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da primjena robotskog uređaja Armeo Power uz konvencionalnu terapiju dovodi do statistički značajnog poboljšanja senzorne funkcije kod pacijenata. Naime, pacijenti u eksperimentalnoj skupini zabilježili su statistički značajno poboljšanje osjeta i propriocepcije u ponovljenom mjerenju ( $p=0,018$ ), dok u kontrolnoj skupini pacijenti nisu zabilježili promjenu ( $p=0,180$ ). Treba uzeti u obzir da su pacijenti kontrole skupine imali bolju senzornu funkciju u prvom mjerenju s vrlo visokim vrijednostima.

Također, prilikom procjene motoričke funkcije odmah u prvom mjerenju postojala je značajnija razlika između skupina ( $p=0,045$ ), koja ukazuje na bolju motoričku funkciju pacijenata kontrolne skupine. U ponovljenom mjerenju obje skupine zabilježile su statistički značajno poboljšanje na FMA skali, i to eksperimentalna za 12,50 bodova ( $p=0,005$ ) te kontrolna za 10 bodova ( $p=0,005$ ). Iako se početna razlika u srednjim vrijednostima između skupina smanjila, nije zabilježena statistički značajna razlika u procjeni motoričke funkcije između promatranih skupina ( $p=0,120$ ).

I kod procjene funkcionalne neovisnosti, obje promatrane skupine zabilježile su statistički značajno poboljšanje u ponovljenom mjerenju na FIM skali ( $p=0,005$ ). Eksperimentalna skupina poboljšala se za 14 bodova dok je kod kontrolne skupine zabilježeno poboljšanje od 12 bodova, a usporedbom između skupina nije dobivena statistički značajna razlika ( $p=0,762$ ).

S obzirom na rezultate u promatranim kliničkim procjenama primorani smo odbaciti prve dvije hipoteze. No međutim, primijećena je heterogenost između skupina koja se sagledava u boljem senzomotornom funkcioniranju pacijenata kontrolne skupine u prvim mjerenjima. Stoga je teško s velikim značajem promatrati razlike između promatranih skupina na kraju tretmana, barem kada je riječ o FMA. To ujedno predstavlja i ograničenje našeg istraživanja.

Calabro i sur. (2016) proveli su prospektivno kohortno istraživanje koje je uključivalo 35 pacijenata s oštećenjem funkcije gornjeg ekstremiteta nakon moždanog udara u subakutnoj fazi. Cilj im je bio identificirati neurofiziološke markere koji predviđaju reakcije pacijenata na robotsko liječenje. Svi pacijenti bili su podvrgnuti terapiji na robotskom uređaju Armeo Power. Ukupno je provedeno 40 tretmana (5x tjedno/8 tjedana), a trajanje jednog tretmana bilo je 60 min. Rezultati su pokazali evidentno povećanje kortikalne plastičnosti ( $p=0,030$ ) i smanjenje interhemisferne inhibicije ( $p=0,010$ ), a takvi rezultati praćeni su kliničkim (FMA,  $p=0,040$ ; FIM,  $p=0,040$ ) i kinematičkim poboljšanjima u ponovljenim mjerenjima. Njihovi podaci ukazuju na to da uporaba Armeo Power uređaja može poboljšati oporavak motoričke funkcije gornjih ekstremiteta, kako je predviđeno preoblikovanjem kortikalne plastičnosti te u skladu s osnovnom kortikalnom ekscitabilnošću (68). To može objasniti i statistički značajno poboljšanje vrijednosti FMA i FIM-a dobivenih u ponovljenom mjerenju našeg istraživanja. Štoviše, naše istraživanje je pokazalo poboljšanje funkcija u kraćem vremenu (4 tjedna) s ukupno provedenih 20 tretmana po 45 min na Armeo Power uređaju uz konvencionalnu terapiju.

Palermo i sur. (2018) u svom istraživanju provedenom na 10 pacijenata nakon moždanog udara u subakutnoj fazi također navode statistički značajno poboljšanje kinematičkih parametara koji koreliraju s kliničkim poboljšanjima. Pacijenti su prošli rehabilitacijski program od ukupno 20 tretmana, od kojih je svaki trajao 50 minuta, koristeći robotski uređaj Armeo Power uz konvencionalnu terapiju provedenu u istom trajanju. Njihovi rezultati ukazuju na statistički značajno poboljšanje motoričke funkcije (FMA;  $p=0,005$ ) i funkcionalne neovisnosti (FIM;  $p=0,005$ ) u ponovljenim mjerenjima. Autori zaključuju da bi rehabilitacija posredovana 3D robotom, osim konvencionalne terapije, mogla predstavljati učinkovito sredstvo za oporavak invaliditeta gornjih udova (47).

Medicinska literatura ukazuje na niz čimbenika koji mogu mijenjati i koji neopozivo utječu na funkcionalno poboljšanje pacijenata. Statistički značajno poboljšanje funkcije u obje promatrane skupine ovog istraživanja može biti rezultat ranog uključivanja u proces rehabilitacije te primjene terapije odgovarajućeg trajanja i intenziteta. Također, ne smijemo izostaviti spontani oporavak koji je mogao utjecati na poboljšanje funkcija u obje promatrane skupine. Kordelaar i sur. (2014) izvještavaju da su pacijenti u subakutnoj fazi nakon moždanog udara skloni fiziološki progresivnom oporavku motoričkih funkcija koji je najizraženiji u prvih 8 tjedana nakon moždanog udara (69). U našem istraživanju oporavak je vjerojatno postignut kombinacijom prirodnih i terapijom posredovanih procesa.

U posljednja dva desetljeća objavljeni su mnogi sustavni pregledi i meta-analize o učinkovitosti robota u rehabilitaciji gornjih ekstremiteta. Norouzi-Gheidari i sur. (2012) u svom sustavom pregledu literature s meta-analizom sažeto prikazuju 10 randomiziranih kontroliranih ispitivanja koja su uspoređivala robotsku terapiju s konvencionalnom terapijom usklađenom prema dozi, te nisu izvijestila o značajnim razlikama u rezultatima FMA i FIM-a. Utvrdili su da kada se trajanje/intenzitet konvencionalne terapije uskladi s trajanjem terapije uz pomoć robota, ne postoji razlika između skupina u smislu motoričkog oporavka i poboljšanja sudjelovanja u aktivnostima svakodnevnog života (70).

Budući da niti jedno od 10 randomiziranih kontrolnih istraživanja nije koristilo Armeo Power uređaj pretragom literature pokušali smo pronaći relevantna istraživanja s kojim bi usporedili naše. Prilikom pretrage baza podataka (Cochrane, Medline) naišli smo na ograničen broj studija koje su uspoređivale uređaj Armeo Power ili pak njegovu istraživačku verziju (ARMin) s dozom usklađenom konvencionalnom terapijom. Za istraživačku verziju uređaja (ARMin) pronađena su dva istraživanja. Iako su pokazala statistički značajno poboljšanje robotske u odnosu na konvencionalnu terapiju (36,71), nisu bila usporediva s našim istraživanjem jer se usporedba odnosila na pacijente u kroničnoj fazi. Za komercijalni Armeo Power uređaj pronađeno je samo jedno istraživanje koje je uspoređivalo dvije vrste terapije visokih doza kod pacijenata u subakutnoj fazi nakon moždanog udara. Ukupno 24 pacijenta randomizirano je na „novu istraživačku neuroanimacijsku terapiju“ i „modificiranu konvencionalnu radnu terapiju“. Terapija u obje skupine uključivala je 30 sesija po 60 minuta uz standardnu skrb. Ishodi su procijenjeni na početku te 3, 90 i 180 dan nakon tretmana. Objе skupine uspoređene s podudaranom povijesnom kohortom koja je bila podvrgnuta samo 30 minuta terapije gornjih udova dnevno. Rezultati pokazuju kako nije bilo značajnih razlika između grupa u mjerama FMA u bilo kojoj vremenskoj točki. Objе skupine visokih doza nisu pokazale veći oporavak na FMA ( $p=0,564$ ) u usporedbi s povijesnom kohortom (72). S obzirom na to da prethodno istraživanje nije primjenjivalo jednaku konvencionalnu terapiju, dobivene rezultate također je teško usporediti s našim rezultatima.

Prema našim saznanjima, ovo je prvo istraživanje koje povezuje robotski uređaj Armeo Power, pacijente u subakutnoj fazi nakon moždanog udara i COPM. Rezultati ponovljenih mjerenja pokazali su statistički značajno poboljšanje prosječnog izvođenja okupacije i zadovoljstva tim izvođenjem u obje promatranje skupine ( $p=0,005$ ). Usporedbom između skupina na kraju tretmana postignuto je statistički značajnije poboljšanje eksperimentalne u odnosu na kontrolnu skupinu u oba promatrana parametra (prosječno izvođenje,  $p=0,014$ ;



prosječno zadovoljstvo,  $p=0,022$ ). S obzirom na prethodno navedeno možemo potvrditi našu posljednju hipotezu. Mogući razlog značajnijeg poboljšanja u skupini koja je uz konvencionalnu terapiju primjenjivala Armeo Power uređaj je povećanje motivacije. Uređaj se ističe u području angažiranosti pacijenta, koristeći robusnu grafiku i jednostavne, ali zanimljive igre za promicanje ponavljajućih pokreta (45). Kombinira terapiju s virtualnim okruženjima kako bi integrirao motivirajuće scenarije nalik igrama. Nekoliko je studija pokazalo pozitivan učinak igre na ishod terapije povećanjem motivacije (73). Međutim trebamo uzeti u obzir da je ovo subjektivna procjena na koju mogu utjecati brojni čimbenici.

Ovo istraživanje treba sagledati s određenim ograničenjima. Osim prethodno objašnjenje heterogenosti među skupinama, ograničenje predstavlja i mali broj ispitanika uključenih u istraživanje. Nemogućnost određivanja stupnja u kojem robotska terapija dovodi do poboljšanja kao i subjektivnost kliničkih skala za procjenu također možemo smatrati ograničenjima.

## 6. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima ovog istraživanja zaključujemo da terapija robotskim uređajem Armeo Power sigurno i učinkovito poboljšava funkcionalni oporavak nakon moždanog udara, no da nema statistički značajne razlike u usporedbi s uobičajenom fizioterapijom temeljenom na Bobath konceptu uz intervencije radne terapije.

Poznato je da robotski uređaji mogu pružiti aktivno, sustavno i intenzivno ponavljanje određenih zadatak, čime se osigurava postavka senzomotorne integracije. Također je poznato da mogu facilitirati neuroplastičnost kortikalnih i subkortikalnih struktura na čemu se temelji funkcionalni oporavak nakon ozljede mozga. Implementacijom treninga virtualne stvarnosti u proces rehabilitacije, robotski uređaji dovode do povećanja motivacije pacijenata, što može značajno doprinijeti funkcionalnom oporavku. Svakako, osnova dobre rehabilitacije je kvalitetan fizioterapeutski tretman, koji se zasniva na nekom od neurorehabilitacijskih koncepta. Prema rezultatima ovog kao i drugih istraživanja u neurorehabilitaciji može se uočiti kako implementacija funkcionalnih vježbi te cilju i zadatku usmjerene aktivnosti gotovo uvijek rezultira poboljšanjem funkcionalnog oporavka. Ono što je svojstveno funkcionalnim zadacima jest da se koriste sinergijske mišićne aktivnosti što rezultira normalizacijom tonusa, boljom shemom tijela i senzornim inputom, poboljšanom mišićnom performansom u smislu motoričkog učenja, koordinacije, snage i izvedbe. U drugu ruku, unatoč većoj razini podrške i stimulacije koju pruža robotska terapija, te dostupnim alatima procjene, prikazivanje veće učinkovitosti u odnosu na konvencionalnu terapiju još uvijek je otvoren izazov.

Buduća istraživanja, uz veći broj ispitanika, svakako bi trebala uključivati i parametre kinematičke procjene zbog određene doze subjektivnosti prilikom procjene putem kliničkih skala. Kinematička procjena može na objektivan način prikazati učinkovitost rehabilitacijskog liječenja te objasniti dobivena poboljšanja u rezultatima kliničkih skala.

## 7. LITERATURA

1. World Health Organization. Neurological disorders : public health challenges. World Health Organ [Internet]. 2006. [citirano 07. srpanj 2021.]; Dostupno na: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43605> Description
2. Tadi P, Lui F. Acute Stroke. U: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [citirano 07. srpanj 2021.]. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535369/>
3. Adams HP, Bendixen BH, Kappelle LJ, Biller J, Love BB, Gordon DL, i ostali. Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment. Stroke. siječanj 1993.;24(1):35–41.
4. Bučuk M, Tuškan-Mohar L. Neurologija. Rijeka: Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; 2012.
5. Seshadri S, Beiser A, Kelly-Hayes M, Kase CS, Au R, Kannel WB, i ostali. The Lifetime Risk of Stroke: Estimates From the Framingham Study. Stroke. veljača 2006.;37(2):345–50.
6. Carandang R, Seshadri S, Beiser A, Kelly-Hayes M, Kase CS, Kannel WB, i ostali. Trends in Incidence, Lifetime Risk, Severity, and 30-Day Mortality of Stroke Over the Past 50 Years. JAMA. 27. prosinac 2006.;296(24):2939.
7. Kuriakose D, Xiao Z. Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. Int J Mol Sci. 15. listopad 2020.;21(20):7609.
8. Johnson CO, Nguyen M, Roth GA, Nichols E, Alam T, Abate D, i ostali. Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet Neurol. svibanj 2019.;18(5):439–58.
9. Boehme AK, Esenwa C, Elkind MSV. Stroke Risk Factors, Genetics, and Prevention. Circ Res. 03. veljača 2017.;120(3):472–95.
10. Appelros P, Stegmayr B, Terént A. Sex Differences in Stroke Epidemiology: A Systematic Review. Stroke. travanj 2009.;40(4):1082–90.
11. Stuart-Shor EM, Wellenius GA, DelloIacono DM, Mittleman MA. Gender Differences in Presenting and Prodromal Stroke Symptoms. Stroke. travanj 2009.;40(4):1121–6.
12. Hrabak-Žerjavić V, Šerić V, Kralj V, Silobričić-Radić M. Epidemiologija moždanog udara. Medicus [Internet]. 2001.;7–12. [citirano 08. srpanj 2021.] Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/19227>
13. Verica Kralj. Hrvatski dan moždanog udara. Hrvatski zavod za javno zdravstvo [Internet]. 2021.; [citirano 08. srpanj 2021.] Dostupno na: <https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevencija-nezaraznih-bolesti/hrvatski-dan-mozdanog-udara-21-6-2021/>

14. Oljača A, Schnurrer-Luke-Vrbanić T, Avancini-Dobrović V, Kraguljac D. Neurorehabilitacija u pacijenata nakon preboljenog moždanog udara. *Med Flum*. [Internet] 2016.;52(2):165–75. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/158497>
15. Tirschwell DL, Smith NL, Heckbert SR, Lemaitre RN, Longstreth WT, Psaty BM. Association of cholesterol with stroke risk varies in stroke subtypes and patient subgroups. *Neurology*. 23. studeni 2004.;63(10):1868–75.
16. Powers BJ, Danus S, Grubber JM, Olsen MK, Oddone EZ, Bosworth HB. The effectiveness of personalized coronary heart disease and stroke risk communication. *Am Heart J*. travanj 2011.;161(4):673–80.
17. Chong JY. Overview of Stroke. MSD Manual [Internet]. 2020.; [citirano 09. srpanj 2021.] Dostupno na: <https://www.msmanuals.com/professional/neurologic-disorders/stroke/overview-of-stroke#v48007370>
18. Braddom RL, Chan L, Harrast MA, urednici. *Physical medicine and rehabilitation*. 4th ed. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier; 2011. 1506 str.
19. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, i ostali. 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* [Internet]. ožujak 2018. [citirano 09. srpanj 2021.];49(3). Dostupno na: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STR.000000000000158>
20. Pandian JD, Gall SL, Kate MP, Silva GS, Akinyemi RO, Ovbiagele BI, i ostali. Prevention of stroke: a global perspective. *The Lancet*. listopad 2018.;392(10154):1269–78.
21. Voss P, Thomas ME, Cisneros-Franco JM, de Villers-Sidani É. Dynamic Brains and the Changing Rules of Neuroplasticity: Implications for Learning and Recovery. *Front Psychol*. 2017.;8:1657.
22. Demarin V, Morović S. Neuroplasticity. *Period Biol*. 2014.;116(2):209–11.
23. Cai L, Chan JSY, Yan JH, Peng K. Brain plasticity and motor practice in cognitive aging. *Front Aging Neurosci* [Internet]. 10. ožujak 2014. [citirano 10. srpanj 2021.];6. Dostupno na: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2014.00031/abstract>
24. Regeneracija mozga: od neuroznanstvene nade do bioetičkog problema. *Jahr*. 2012.;3(1):267–77. [citirano 10. srpanj 2021.] Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/87553>
25. Poljaković Z. Utjecaj tjelesne aktivnosti na neuroplastičnost mozga i neurorehabilitaciju nakon moždanog udara. *Medicus*. 2019.;28(2):205–11. [citirano 10. srpanj 2021.] Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/227116>
26. Schmidt RA, Lee TD. *Motor learning and performance: from principles to application*. Fifth edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2014. 315 str.
27. Miletić Đ. *Motoričko učenje i transfer znanja*. U: Organizacijski oblici rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije. Zagreb Hrvatski Kineziološki društvo; 2014. 115 str.

Savez. 2013.;56–63. [citirano 11. srpanj 2021.] Dostupno na:  
<https://www.bib.irb.hr/635971?&rad=635971>

28. Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* rujan 2013.;6(1):77–104.
29. Taubert M, Draganski B, Anwander A, Müller K, Horstmann A, Villringer A, i ostali. Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *J Neurosci Off J Soc Neurosci.* 01. rujan 2010.;30(35):11670–7.
30. Rakic P. Neurogenesis in adult primate neocortex: an evaluation of the evidence. *Nat Rev Neurosci.* siječanj 2002.;3(1):65–71.
31. Anaya MA, Branscheidt M. Neurorehabilitation After Stroke. *Stroke.* srpanj 2019.;50(7):e180–2.
32. Vázquez-Guimaraens M, Caamaño-Ponte JL, Seoane-Pillado T, Cudeiro J. Factors Related to Greater Functional Recovery after Suffering a Stroke. *Brain Sci.* 17. lipanj 2021.;11(6):802.
33. Bagherpour R, Dykstra DD, Barrett AM, Luft AR, Divani AA. A Comprehensive Neurorehabilitation Program Should be an Integral Part of a Comprehensive Stroke Center. *Front Neurol.* 2014.;5:57.
34. Albert SJ, Kesselring J. Neurorehabilitation of stroke. *J Neurol.* svibanj 2012.;259(5):817–32.
35. Lo AC, Guarino PD, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG, i ostali. Robot-Assisted Therapy for Long-Term Upper-Limb Impairment after Stroke. *N Engl J Med.* 13. svibanj 2010.;362(19):1772–83.
36. Klamroth-Marganska V, Blanco J, Campen K, Curt A, Dietz V, Ettlin T, i ostali. Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurol.* veljača 2014.;13(2):159–66.
37. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res.* 2008.;51(1):225–39.
38. Basso G, Gjelsvik B, Syre L. *The Bobath Concept in Adult Neurology.* 2. izd. Thieme; 2016. 296 str.
39. Lee SH, Park G, Cho DY, Kim HY, Lee J-Y, Kim S, i ostali. Comparisons between end-effector and exoskeleton rehabilitation robots regarding upper extremity function among chronic stroke patients with moderate-to-severe upper limb impairment. *Sci Rep.* 04. veljača 2020.;10(1):1806.
40. Krebs HI, Volpe BT. Rehabilitation robotics. *Handb Clin Neurol.* 2013.;110:283–94.
41. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *The Lancet.* svibanj 2011.;377(9778):1693–702.

42. Mehrholz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 03. rujana 2018.;9:CD006876.
43. Maciejasz P, Eschweiler J, Gerlach-Hahn K, Jansen-Troy A, Leonhardt S. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *J Neuroengineering Rehabil.* 09. siječanj 2014.;11:3.
44. Veerbeek JM, Langbroek-Amersfoort AC, van Wegen EEH, Meskers CGM, Kwakkel G. Effects of Robot-Assisted Therapy for the Upper Limb After Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair.* veljača 2017.;31(2):107–21.
45. Weber LM, Stein J. The use of robots in stroke rehabilitation: A narrative review. *NeuroRehabilitation.* 2018.;43(1):99–110.
46. Hocoma. Armeo®Power [Internet]. 2019. Dostupno na: [https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/AP\\_UserScript\\_EN\\_20190318.pdf](https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/AP_UserScript_EN_20190318.pdf)
47. Palermo E, Hayes DR, Russo EF, Calabrò RS, Pacilli A, Filoni S. Translational effects of robot-mediated therapy in subacute stroke patients: an experimental evaluation of upper limb motor recovery. *PeerJ.* 2018.;6:e5544.
48. Graham JV, Eustace C, Brock K, Swain E, Irwin-Carruthers S. The Bobath concept in contemporary clinical practice. *Top Stroke Rehabil.* veljača 2009.;16(1):57–68.
49. Vaughan-Graham J, Cott C, Wright FV. The Bobath (NDT) concept in adult neurological rehabilitation: what is the state of the knowledge? A scoping review. Part II: intervention studies perspectives. *Disabil Rehabil.* 2015.;37(21):1909–28.
50. Paci M. Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: a review of effectiveness studies. *J Rehabil Med.* siječanj 2003.;35(1):2–7.
51. Vaughan-Graham J, Cott C. Defining a Bobath clinical framework - A modified e-Delphi study. *Physiother Theory Pract.* studeni 2016.;32(8):612–27.
52. International Bobath Instructors Training Association. Theoretical Assumptions and Clinical Practice. 2006.; Dostupno na: <https://ibita.org/>
53. Arya KN, Pandian S, Verma R, Garg RK. Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review. *J Bodyw Mov Ther.* listopad 2011.;15(4):528–37.
54. World Federation of Occupational Therapists (WFOT). Definitions of Occupational Therapy from Member Organisations. [citirano 03. kolovoz 2021.] Dostupno na: <https://wfot.org/resources/definitions-of-occupational-therapy-from-member-organisations>
55. Narodne novine (87/09). Zakon o djelatnostima u zdravstvu. 2009.; [citirano 03. kolovoz 2021.] Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/442/Zakon-o-djelatnostima-u-zdravstvu>

56. Hocoma. Quick reference guide (Armeo®Power) [Internet]. 2019. [citirano 05. kolovoz 2021.] Dostupno na: [https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/11/ArmeoPower\\_QRG\\_20191031.pdf](https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/11/ArmeoPower_QRG_20191031.pdf)
57. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med.* 1975.;7(1):13–31.
58. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabil Neural Repair.* rujun 2002.;16(3):232–40.
59. Physiopedia contributors. Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke [Internet]. Physiopedia. 2020 [citirano 08. kolovoz 2021.]. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Fugl-Meyer\\_Assessment\\_of\\_Motor\\_Recovery\\_after\\_Stroke&oldid=234304](https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Fugl-Meyer_Assessment_of_Motor_Recovery_after_Stroke&oldid=234304)
60. Grozdek Čovčić G, Maček Z. Neurofacilitacijska terapija. Sv. 32. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2011.
61. Cameron MH, Monroe LG, urednici. Physical rehabilitation: evidence-based examination, evaluation, and intervention. 1. izd. St. Louis, Mo: Saunders/Elsevier; 2007. 953 str.
62. Chen C-M, Tsai C-C, Chung C-Y, Chen C-L, Wu KP, Chen H-C. Potential predictors for health-related quality of life in stroke patients undergoing inpatient rehabilitation. *Health Qual Life Outcomes.* 05. kolovoz 2015.;13:118.
63. Linacre JM, Heinemann AW, Wright BD, Granger CV, Hamilton BB. The structure and stability of the Functional Independence Measure. *Arch Phys Med Rehabil.* veljača 1994.;75(2):127–32.
64. Heinemann AW, Linacre JM, Wright BD, Hamilton BB, Granger C. Relationships between impairment and physical disability as measured by the functional independence measure. *Arch Phys Med Rehabil.* lipanj 1993.;74(6):566–73.
65. Law M, Baptiste S, McColl M, Opzoomer A, Polatajko H, Pollock N. The Canadian occupational performance measure: an outcome measure for occupational therapy. *Can J Occup Ther Rev Can Ergother.* travanj 1990.;57(2):82–7.
66. About the COPM [Internet]. The Canadian Occupational Performance Measure (COPM). 2021. [citirano 10. kolovoz 2021.] Dostupno na: <https://www.thecopm.ca/>
67. Enemark Larsen A, Rasmussen B, Christensen JR. Enhancing a Client-Centred Practice with the Canadian Occupational Performance Measure. *Levasseur M, urednik. Occup Ther Int.* 27. lipanj 2018.;2018:5956301.
68. Calabrò RS, Russo M, Naro A, Milardi D, Balletta T, Leo A, i ostali. Who May Benefit From Armeo Power Treatment? A Neurophysiological Approach to Predict Neurorehabilitation Outcomes. *PM&R.* listopad 2016.;8(10):971–8.

69. van Kordelaar J, van Wegen E, Kwakkel G. Impact of Time on Quality of Motor Control of the Paretic Upper Limb After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* veljača 2014.;95(2):338–44.
70. Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Fung J. Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: Systematic review and meta-analysis of the literature. *J Rehabil Res Dev.* 2012.;49(4):479.
71. Brokaw EB, Nichols D, Holley RJ, Lum PS. Robotic Therapy Provides a Stimulus for Upper Limb Motor Recovery After Stroke That Is Complementary to and Distinct From Conventional Therapy. *Neurorehabil Neural Repair.* svibanj 2014.;28(4):367–76.
72. Krakauer JW, Kitago T, Goldsmith J, Ahmad O, Roy P, Stein J, i ostali. Comparing a Novel Neuroanimation Experience to Conventional Therapy for High-Dose Intensive Upper-Limb Training in Subacute Stroke: The SMARTS2 Randomized Trial. *Neurorehabil Neural Repair.* svibanj 2021.;35(5):393–405.
73. Guidali M, Duschau-Wicke A, Broggi S, Klamroth-Marganska V, Nef T, Riener R. A robotic system to train activities of daily living in a virtual environment. *Med Biol Eng Comput.* listopad 2011.;49(10):1213–23.



## 8. PRILOZI

### 8.1. Popis ilustracija

<b>Slika 1.</b> Podjela robota prema mehaničkoj strukturi: a) egzoskelet b) krajnji efektor.....	11
<b>Slika 2.</b> Prikaz Armeo Power robotskog uređaja KBC-a Rijeka .... <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b>	
<b>Slika 3.</b> Postavljanje ruke u manšetu uređaja Armeo Power .....	18
<b>Slika 4.</b> Postavljanje sigurnosnih zona prilikom postupka kalibracije .....	19
<b>Slika 5.</b> Prikaz plana terapije na računalnom zaslonu Armeo Power uređaja .....	20
<b>Slika 6.</b> Grafički prikaz zastupljenosti pacijenata po skupinama prema spolu.....	25
<b>Slika 7.</b> Grafički prikaz medijana i interkvartilnog raspona za starosnu dob .....	26

### 8.2. Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Promjenjivi i nepromjenjivi čimbenici rizika za moždani udar .....	4
<b>Tablica 2.</b> Ocjenjivanje funkcionalnog statusa (FIM).....	22
<b>Tablica 3.</b> Starosna dob pacijenata u promatranim skupinama .....	25
<b>Tablica 4.</b> Rezultati Fugl-Meyer procjene senzorne funkcije za gornje ekstremitete .....	26
<b>Tablica 5.</b> Rezultati Fugl-Meyer procjene motoričke funkcije za gornje ekstremitete .....	27
<b>Tablica 6.</b> Rezultati mjerenja funkcionalne neovisnosti .....	27
<b>Tablica 7.</b> Rezultati mjerenja prosječnog izvođenja okupacije (COPM) .....	28
<b>Tablica 8.</b> Rezultati mjerenja prosječnog zadovoljstva izvođenja okupacije (COPM).....	28

## 9. KRATKI ŽIVOTOPIS

Zovem se Tomislav Barišić, rođen sam 22.06.1997. godine u Slavonskom Brodu, u Republici Hrvatskoj. Osnovnoškolsko obrazovanje stekao sam u OŠ „Bogoslav Šulek“ (2004.-2012.) nakon čega upisujem Srednju medicinsku školu u Slavonskom Brodu (2012.-2016.), smjer fizioterapeutski tehničar. Tijekom srednjoškolskog obrazovanja sudjelovao na „Erasmus+“ programu mobilnosti u Španjolskoj (Sevilla), u svrhu provođenja stručne prakse. Od jeseni 2016. do ljeta 2019. godine pohađam Preddiplomski stručni studij fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija pri Sveučilištu u Rijeci. Dana 08.07.2019. godine stječem zvanje prvostupnika fizioterapije. Odmah nakon prethodnog stupnja obrazovanja, u jesen 2019. godine na istom sveučilištu upisujem diplomski studij. Tijekom fakultetskog obrazovanja bio sam demonstrator na kolegiju kliničke kineziologije te sam stekao brojna volonterska iskustva. Između ostalog, volontirao sam u HNK Rijeka tijekom suradnje koju je fakultet potpisao s istim. Nezaboravno iskustvo koje bi vjerujem trajalo i duže od 2 mjeseca da nije bilo pandemije COVID-19. Pripravnički staž odrađujem u KBC-u Rijeka paralelno s fakultetskim obvezama u razdoblju od prosinca 2019. do prosinca 2020. godine, a licencu za samostalan rad stječem u travnju 2021. godine te sam od tada u potrazi za poslom.