

Primjena egzoskeletnog robota u rehabilitaciji ruke kod bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara – naša iskustva

**Tea SCHNURRER-LUKE-VRBANIĆ, Viviana AVANCINI-DOBROVIĆ,
Ivana BANIČEK-ŠOŠA**

¹Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu, Klinički bolnički centar Rijeka

Sažetak

Cilj ovog rada je dokazati učinkovitost primjene egzoskeletnog robota u rehabilitaciji hemiparetične ruke tijekom subakutnog perioda rehabilitacije bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara. Iako je Bobath koncept jedan od izbora vježbi u rehabilitaciji hemipareza, robotom asistirana vježba je učinkovit dodatak konvencionalnoj terapiji.

Bolesnici i metode: U istraživanje je uključeno 20 bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara, u subakutnoj fazi, s posljedičnom hemiparezom. Bolesnici su uključeni u rehabilitacijski protokol (vježbe po Bobath konceptu + robotom asistirana vježba ruke) u trajanju od 20 treninga, 5 dana u tjednu, tijekom 4 tjedna. Bobath koncept provodio je Bobath terapeut, robotom asistirana vježba ruke vršena je preko komercijalno dizajniranog egzoskeletnog robota (ArmeoSpring®, Hokoma, Zurich, Švicarska). Učinkovitost je praćena mjernim indeksima: funkcijski indeks onesposobljenosti (Functional Independent Measurement, FIM) i skala motoričke procjene (Motor Assessment Scale, MAS). Pratili smo vrijednosti motoričke procjene za ruku (MAS – ruka), te ukupnu vrijednost motoričke procjene po bolesniku (MAS ukupni).

Rezultati: Mjerni indeksi učinjeni su po protokolu prije i poslije rehabilitacijskog programa, te je u svim indeksima (FIM, MAS-ruka, MAS– ukupni) utvrđeno poboljšanje sa statističkom značajnošću od $p < 0.001$.

Zaključak: Ovo istraživanje pokazuje statistički značajnu učinkovitost kombinirane primjene Bobath koncepta i roobotom asistirane vježbe za ruku u rehabilitaciji hemiparetične ruke tijekom subakutnog perioda rehabilitacije bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara.

Ključne riječi: moždani udar, rehabilitacija ruke, robotika.

Exoskeletal Robot-Assisted Training for Improving Upper Extremity Function in Stroke Patients – our experience

Abstract

This paper aims to prove the efficiency of applying exoskeletal robots in hemiparetic arm rehabilitation during the subcutaneous period of patient rehabilitation following brain stroke. Although the Babath concept offers itself as a possible choice of exercise in the rehabilitation of hemiparesis, the robot-assisted exercise has proved itself as an efficient addition to conventional therapy.

Patients and methods: after surviving brain stroke, with subsequent subacute hemiparesis, 20 patients were admitted to the rehabilitation protocol (Bobath concept + robot-assisted hand exercises) consisting of 20 training sessions, 5 days per week, for a total period of four weeks. The Bobath concept was carried out by a Bobath therapist whereas the robot-assisted exercise was conducted via commercially designed exoskeletal robot (ArmeoSpring®, Hokoma, Zurich, Switzerland). The efficiency of therapy was monitored by the following measuring indexes: Functional Independent Measurement (FIM) and Motor Assessment Scale (MAS). We monitored the values of motoric evaluation of the arm (MAS – arm) and the total motoric evaluation per patient (MAS - total)

Results: The measuring indexes were taken in accordance with the protocol, before and after the rehabilitation programme, upon which all indexes (FIM, MAS-arm, MAS– total) indicated a statistically significant improvement ($p < 0.001$).

Conclusion: This research shows a statistically relevant efficiency of a combined application of the Bobath concept and robot-assisted arm exercise in the rehabilitation of the hemiparetic arm during the subacute period of patient

rehabilitation following brain stroke.

Keywords: hand rehabilitation, robotics, stroke.

Uvod

Moždani udar predstavlja vodeći uzrok teške onesposobljenosti bolesnika svugdje u svijetu. Glavni uzroci onesposobljenosti su hemiplegija ili razni stupnjevi hemipareze uz abnormalnu mišićnu aktivaciju i koordinaciju, mišićnu slabost ili spazam (1). Dok je pretežno 70% bolesnika nakon moždanog udara sposobno hodati uz različite stupnjeve kompenzacije tijekom prvih 6 mjeseci od inzulta, oporavak paretičnog gornjeg ekstremiteta predstavlja veći izazov (1). Obično je samo oko 38% bolesnika u mogućnosti ponovno vratiti motoričku spretnost paretične ruke tijekom perioda od 6 mjeseci nakon inzulta.

S obzirom da je proces oporavka kompleksan zahtijeva multidisciplinarni i multifaktorijski pristup. U praksi se koriste različito intenzivne metode vježbanja, no niti jedan tip vježbanja nije dokazano bolji od drugog (2). Zadnjih 50 godina, neurorazvojni koncept po Bobathu za odrasle je jedna od vodećih metoda u rehabilitaciji hemiplegija ili hemipareza bez obzira što ne postoje studije koje dokazuju da je navedeni koncept bolji od drugih načina vježbanja (3,4).

Znanstveni dokazi pokazuju da je multifaktorijski pristup uz vježbu s puno ponavljanja u mogućnosti poboljšati i stimulirati motorički oporavak gornjeg ekstremiteta tijekom rehabilitacije hemipareza. Brojna ponavljanja pasivnog i aktivnog asistiranog pokreta formiraju stvaranje novog motoričkog obrasca, a učinak je bolji ako se koriste i somatosenzorni podražaji s periferije, u smislu stimuliranja propriocepcije te slušnih vidnih i taktilnih podražaja (2).

Postoji veliki broj robota koji se koriste u rehabilitaciji ruke u bolesnika nakon moždanog udara. Roboti su različito dizajnirani s glavnim ciljem unaprijeđenja funkcije ruke, uključujući unilateralno nasuprot bilateralnog vježbanja i vježbanje proksimalnog segmenta ruke nasuprot distalnog pristupa (2).

Kwakkel (5) i suradnici proveli su randomiziranu kontroliranu studiju u kojoj su bolesnici provodili robotom asistirane vježbe ruke, te su dokazali motorički oporavak u bolesnika sa kroničnom hemiparezom, ali bez statistički značajne promjene u aktivnostima svakodnevnog života. Lo i suradnici demonstrirali su robotski sistem (6) za rehabilitaciju ramena i lakta također u kroničnih bolesnika sa hemiparezom, no bez statistički značajne promjene u motoričkoj aktivnosti nakon 12 tjedana vježbanja, u usporedbi sa intenzivnom terapijom

konvencionalnim vježbanjem. No, rezultati su postali statistički značajni nakon vježbanja od 36 tjedana (6).

No, vrlo su rijetke studije u kojima se pratio motorički oporavak bolesnika nakon primjene robotom asistirane terapije ruke, u subakutnoj fazi nakon pretrpljenog moždanog udara. Samo je nekoliko randomiziranih kontroliranih studija, sa različitim metodologijom, čiji rezultati pokazuju da primjena robota u subakutnoj fazi rehabilitacije ruke može poboljšati funkciju ruke s većom učinkovitosti nego ista terapija primijenjena u kroničnoj fazi (2).

Cilj našeg istraživanja je bio dokazati učinkovitost primjene egzoskeletnog robota u rehabilitaciji hemiparetične ruke tijekom subakutnog perioda rehabilitacije bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara.

Bolesnici i metode

Istraživanje je provedeno u Zavodu za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu, Kliničkog bolničkog centra Rijeka, na 20 bolesnika koji su pretrpili ishemični moždani udar sa posljedičnom centralnom hemiparezom. Dijagnoza je potvrđena CT ili NMR pretragom. Vrijeme proteklo od moždanog udara bilo je od 15 do 138 dana.

Uključni kriteriji su bili: prva ataka cerebrovaskularnog infarkta, unilateralna pareza, suradljivost i razumijevanje jednostavnih naredbi i mogućnost održavanja sjedećeg položaja. Isključni kriteriji su bili: bilateralno oštećenje, plegija ruke, kognitivna disfunkcija, odbijanje ili nemogućnost provođenja vježbanja na egzoskeletnom robotu i ostali ograničavajući komorbiditeti.

Svi bolesnici provodili su rehabilitacijski program po Bobath konceptu koji je bio individualno prilagođen, u trajanju od sat vremena svaki dan. Svi su bolesnici također provodili vježbe uz egzoskeletni robot za rehabilitaciju ruke u trajanju od pola sata uz stalnu superviziju fizioterapeuta. Navedeni rehabilitacijski program provodio se tijekom 4 tjedna hospitalnog boravka u našem Zavodu (5 dana u tjednu, tijekom 4 tjedna).

U istraživanju je korišten robot za rehabilitaciju ruke koji je komercijalno dizajnirani egzoskeletni robot (ArmeoSpring®, Hokoma, Švicarska) za poboljšavanje opsega pokreta i snaženja mišića ramenog, lakatnog i ručnog zgloba kao i snage stiska šake. Navedeni robot je nemotorizirani uređaj koji podržava paretičnu ruku i asistira u pokretu djelomično poništavajući silu teže, odnosno težinu ruke, dozvoljavajući bolesniku da izvrši željeni pokret. Bolesnik se postavlja u sjedeći položaj, egzoskeletni robot se sa čičak trakama

pričvrsti na paretičnu ruku i prilagodi veličini bolesnika, te se izvede testiranje mogućnosti pokreta ruke u bolesnika. Aparat omogućava brojne stupnjeve slobode po navedenim zglobovima tijekom korištenja. Robot je povezan sa računalnom jedinicom s ekranom na kojem se nakon testiranja, pred bolesnika postavljaju zadaci počevši od jednostavnih, jednodimenzionalnih (kretanja u jednom zglobu oko jedne osi) do složenih, trodimenzionalnih koji zahtijevaju istovremeno pokretanje više zglobova ruke. Vježbe su dizajnirane na način da ukoliko je potrebno bolesnik izvede pokret uz asistenciju robota, a ukoliko je u mogućnosti pokret može izvršiti sam. Dakle, egzoskeletni robot dozvoljava i asistira pokret u ramenom zglobu (fleksiju/ekstenziju; horizontalnu abdukciju/adukciju; vanjsku/unutarnju rotaciju), zatim pokret u lakatnom zglobu (fleksiju/ekstenziju; pronaciju/supinaciju), te pokret u ručnom zglobu (fleksiju/ekstenziju). Aparat ne podržava finu motoriku šake ali sa sensorima za grubi stisak šake vrši snaženje stiska šake. Sve navedeno bolesnik postiže sudjelujući u igricama na računalu rješavajući razne scenarije i kroz virtualnu stvarnost izvodi vježbe koje simuliraju aktivnosti svakodnevnog života i koje smanjuju funkcijsku onesposobljenost ruke. Sve aktivnosti sadrže vidnu povratnu spregu i inkorporiraju osjet dodira, propriocepcije, vida i sluha u kontrolu pokreta. Aparat posjeduje sigurnosni prekidač za naglo prekidanje svih aktivnosti ukoliko je potrebno, te također ograničenje pokreta u sigurnoj zoni dozvoljenog opsega pokreta kako ne bi došlo do ozljede.

Unatoč brojnim prednostima, postoje i ograničenja aparata. To su vježbanje isključivo sjedeći na jednom mjestu i koristeći se samo virtualnom stvarnošću. Također, je evidentno ograničenje u vježbanju funkcije šake, a usprkos brojnih stupnjeva slobode po zglobovima ipak postoji ograničenje nekih pokreta koji bi zadovoljili tipične pokrete gornjeg ekstremiteta.

Učinkovitost navedenog rehabilitacijskog programa (vježbe po Bobath konceptu + robotom asistirane vježbe za ruku) mjerili smo mjernim indeksima prije i poslije provedenog rehabilitacijskog programa. S obzirom da nema konsenzusa i preporuka o evaluacijskim indeksima koji dokazuju učinkovitost pojedine terapije u rehabilitaciji bolesnika s hemiparezom, izabrali smo slijedeće indekse: funkcijski indeks onesposobljenosti (Functional Independent Measurement, FIM) i skalu motoričke procjene (Motor Assessment Scale, MAS). Pratili smo vrijednosti motoričke procjene za ruku (MAS – ruka), te ukupnu vrijednost motoričke procjene po bolesniku (MAS ukupni). Navedene indekse smo izabrali kako bi pratili glavni okvir i postavke Međunarodne klasifikacije funkcije, onesposobljenosti i zdravlja Svjetske zdravstvene organizacije, iz

tjelesnih funkcija (MAS) i aktivnosti (FIM), (7).

Mini Mental Test (MMT) koristili smo da bi valorizirali kogniciju u smislu suradljivosti i razumijevanja jednostavnih naredbi, kako bi vježbanje sa robotom bilo provedivo.

U statističkoj analizi koristio se program Statistica 12.0 (StatSoft, inc., Tulsa, OK). Rezultati su prezentirani kao srednja vrijednost uz statističku devijaciju.

T-test za zavisne uzorke korišten je u usporedbi mjernih indeksa (FIM, MAS – ruka, MAS – ukupni) prije i poslije provedenog rehabilitacijskog programa.

Za sve statističke vrijednosti mjerena je statistička značajnost na P razini < 0.05.

Rezultati

U istraživanje je uključeno 20 bolesnika koji su zadovoljili uključne kriterije i svi su proveli opisani protokol istraživanja. Karakteristike grupe su sljedeće: srednja dob bolesnika je 60.9 godina, više je bilo bolesnika muškog spola, 11 bolesnika je imalo desnostranu hemiparezu, a 9 lijevostranu. Mini Mental Test je bio u rasponu od 24-30, što znači da nije bilo kognitivnog oštećenja (Tablica 1.).

Tablica 1.: Karakteristike ispitivane grupe bolesnika.

Karakteristike ispitivane grupe bolesnika	
Broj bolesnika	20
Dob / godine (srednja vrijednost±SD)	60.9 ± 9.6
Spol n (%)	
muškarci	13 (65.0)
žene	7 (35.0)
Oštećena strana n (%)	
lijevo	9 (45.0)
desno	11 (55.0)
Mini Mental Test	24 – 30

Mjerni indeksi učinjeni su po protokolu prije i poslije rehabilitacijskog programa (vježbe po Bobath konceptu + robotiom asistirane vježbe za ruku), te je u svim indeksima (FIM; MAS – ruka; MAS – ukupni) utvrđeno poboljšanje sa statističkom značajnošću od $p < 0.001$ (Tablica 2.).

Tablica 2.: Mjerni indeksi (funkcijski indeks onesposobljenosti, FIM; skala motoričke procjene, MAS; skala motoričke procjene za ruku, MAS – ruka; ukupna skala motoričke procjene, MAS – ukupni) prije i poslije provedenog rehabilitacijskog programa, sa statističkom značajnosti $p < 0.001$.

Mjerni indeksi	Prije rehabilitacije	Poslije rehabilitacije	
FIM	97.6±15.3	110.8±20.5	<0.001
MAS - ruka	12.4±3.9	15.8±3.8	<0.001
MAS - ukupni	39.8±9.9	47.9±6.6	<0.001

Diskusija

Moždani udar i posljedična hemipareza povezani su uz onesposobljenost funkcije gornjeg ekstremiteta. Prema tome ponovna uspostava funkcije gornjeg ekstremiteta je jedan od glavnih ciljeva rehabilitacije.

Cilj našeg istraživanja je bio dokazati učinkovitost rehabilitacijskog programa (vježbe po Bobath konceptu + robotom asistirane vježbe za ruku) u bolesnika nakon pretrpljenog moždanog udara sa posljedičnom zaostalom hemiparezom. Pažnju smo obratili na rehabilitaciju ruke u subakutnoj fazi hemipareze i dokazali statistički značajno poboljšanje u motoričkim sposobnostima mjereno indeksima FIM, MAS – ruka i MAS – ukupni.

Nažalost, moramo istaknuti i nedostatke ovog istraživanja, a to su mala skupina bolesnika, nepostojanje kontrolne skupine, te izbor mjernih indeksa. Na dizajniranju daljnjih istraživanja je usporedba ispitivane grupe bolesnika sa grupom bolesnika koja je provela samo konvencionalni način vježbanja, uz izbor mjernih indeksa koji bi obuhvatili ne samo tjelesne funkcije i aktivnosti, već i participaciju u aktivnostima svakodnevnog života i kvalitetu života po okvirima Međunarodne klasifikacije funkcije, onesposobljenosti i zdravlja Svjetske zdravstvene organizacije.

Brojne studije su dokazale učinkovitost robotom asistiranog vježbanja u smanjenju motoričkog oštećenja u bolesnika sa kroničnom hemiparezom pogotovo što se tiče poboljšanja funkcije ramena i lakta (8,9), kao i funkcionalni oporavak nakon intenzivnog vježbanja (10,11) iako ne postoji značajna razina dokaza za pojedinu tehniku vježbanja niti konsenzus stručnjaka o tome koja tehnika je bolja.

Pojedinačne su studije koje govore o učinkovitosti robotom asistiranog vježbanja hemiparetične ruke u subakutnoj fazi oporavka. Studija Sale i suradnika navodi statistički značajno poboljšanje opsega pokreta, smanjenje spazma i ostvarenje ukupnog motoričkog oporavka nakon 30 treninga u grupi bolesnika koji su provodili robotom asistirano vježbanje sa intenzivnim vježbama, kao i u kontrolnoj grupi koja je provodila samo intenzivno vježbanje bez uključivanja robota. Bolji rezultati su registrirani u grupi bolesnika koji su provodili robotom asistirano vježbanje sa intenzivnim vježbama u odnosu sa intenzivnim vježbama pojedinačno (2).

Danas važeća rehabilitacijska strategija za poboljšanje motoričkog oporavka u bolesnika sa hemiparezom bazira se na vježbama visokog intenziteta (do granice i preko granice mogućnosti bolesnika), brojnim ponavljanjima, uspostavljanju novih funkcionalnih motoričkih obrazaca te korištenju somatosenzornih podražaja u smislu korištenja proprioceptivnih, taktinih, vidnih i slušnih povratnih sprega.

Također je dobro poznato da rehabilitaciju treba početi što prije nakon akutnog događaja iako nema dovoljno snažnih dokaza koji navedeno potvrđuju (2). Još uvijek nije jasno optimalno trajanje intenzivnog treninga i da li korištenje sofisticirane tehnologije smanjuje taj period i poboljšava krajnji ishod.

Do sada je poznato da robotika ne može zamijeniti uobičajene individualne tehnike vježbanja koje se koriste, ali je dokazano da doprinosi ukupnom multifunkcijskom oporavku. Stvarna učinkovitost i mjesto robotike u rehabilitaciji će morati biti dokazana u budućnosti kroz daljnja istraživanja sa dobro dizajniranom metodologijom koja bi trebala iznjedruti razinu dokaza i snagu preporuka.

Zaključak

Naši rezultati pokazuju statistički značajan motorički oporavak hemiparetične ruke, koji je uslijedio nakon provođenja 20 treninga tijekom, 4 tjedna intenzivnog rehabilitacijskog programa (vježbe po Bobath konceptu + robotom

asistirane vježbe za ruku) u subakutnih bolesnika sa hemiparezom, mjereno indeksima po postavkama tjelesnih funkcija i aktivnosti, MKF klasifikacije, SZO.

Literatura:

1. Susanto EA, Tong RK, Ockenfeld C, Ho NS. Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;25;12:42.
2. Sale P, Franceschini M, Mazzoleni S, Palma E, Agosti M, Posteraro F. Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;19;11:104.
3. Mikołajewska E. Associations between results of post-stroke NDT-Bobath rehabilitation in gait parameters, ADL and hand functions. *Adv Clin Exp Med.* 2013;22(5):731-8.
4. Paci M. Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: a review of effectiveness studies. *J Rehabil Med.* 2003;35(1):2-7.
5. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008;22(2):111-21.
6. Lo AC, Guarino PD, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG et al. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med.* 2010;13;362(19):1772-83.
7. Franceschini M, Colombo R, Posteraro F, Sale P. A proposal for an Italian Minimum Data Set Assessment Protocol for robot-assisted rehabilitation: a Delphi study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015;3;Epub. PMID:26138089.
8. Wade DT. Measuring arm impairment and disability after stroke. *Int Disabil Stud.* 1989;11(2):89-92.
9. Mehrholz J, Hädrich A, Platz T, Kugler J, Pohl M. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;13;6:CD006876.
10. Luft AR. Rehabilitation and plasticity. *Front Neurol Neurosci.* 2013;32:88-94.
11. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009;8(8):741-54.