

PRIKAZ TREH PRIMEROV VADBE HOJE Z NAPRAVO E-GO PRI OSEBAH PO PREBOLELI MOŽGANSKI KAPI

THREE CLINICAL CASES OF TRAINING WITH THE E-GO DEVICE IN PATIENTS AFTER STROKE

asist. dr. Nataša Bizovičar, dr. med., Tina Freitag, dipl. fiziot.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

IZVLEČEK

Izhodišče:

Pri bolnikih po preboleli možganski kapi (MK) je pogosto okvarjena funkcija hoje in ravnotežja. Inženirji na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije (URI-Soča) so razvili prototip naprave za urjenje dinamičnega ravnotežja med hojo (E-go). E-go je mobilna platforma, na katero je nameščen mehanizem, ki omogoča nastavljivo mehansko podporo medenice v transversalni ravnini. Hitrost in smer gibanja naprave določa fizioterapevt preko ročnega krmilnega modula. S študijo primerov smo želeli oceniti uporabnost in učinkovitost naprave E-go pri bolnikih po MK.

Metode:

V raziskavo smo vključili tri bolnike: 49-letna in 55-letna bolnica (prva en mesec po znotrajmožganski krvavitvi, druga pet mesecev po znotrajmožganski krvavitvi) sta vadili hojo prve tri tedne z napravo E-go in nato tri tedne z običajno fizioterapevtsko obravnavo. 65-letni bolnik (šest mesecev po ishemični MK) je najprej tri tedne vadil hojo z običajno FTH obravnavo, nato pa tri tedne z E-go. Funkcijo hoje, ravnotežje in funkcijo spodnjega uda smo ocenili s testi: Fugl-Meyer Assessment za oceno funkcije spodnjega uda, Bergova lestvica za oceno ravnotežja, Lestvica Functional Ambulation Classification, Lestvica ocenjevanja drže pri bolnikih po možganski kapi in Rombergov test.

Rezultati:

Po zaključeni šesttedenski vadbi se je pri vseh bolnikih izboljšala prehojena razdalja, hitrost hoje in ravnotežje. Pri prvi bolnici in bolniku se je izboljšala tudi ocena z lestvico

ABSTRACT

Introduction:

Balance and walking ability are often affected in patients after stroke. Engineers at the University Rehabilitation Institute in Ljubljana developed a prototype of a device for dynamic balance training during over-ground walking (E-go). The E-go device comprises a mobile platform attached to the supporting mechanism that enables adjustable mechanical pelvis support in the transversal plane. The speed and direction of the E-go device is controlled by the therapist. The aim of the study was to evaluate the usefulness and effectiveness of the E-go device in patients after stroke.

Methods:

The study included three patients: a 49- in and a 55-year-old female (1 month and 5 months after intracerebral haemorrhage, respectively) who underwent gait training for 3 weeks with the E-go device, followed by 3 weeks of gait training within regular physiotherapy programmes. A 65-year-old man (6 months after ischaemic stroke) underwent gait training first within regular physiotherapy programmes and then with the E-go device (both for 3 weeks). We assessed walking ability, balance and lower limb function with various clinical tests: Fugl-Meyer Assessment for lower extremity, Berg Balance Scale, Functional Ambulation Classification, Postural Assessment Scale for Stroke patients and Romberg's test.

Results:

After 6 weeks of training, all the patients improved their walking distance, walking speed and balance. The first female patient and the male patient also had better results on the Fugl-Meyer

Fugl-Meyer Assessment za oceno funkcije spodnjega uda, pri drugi bolnici pa ni bilo sprememb.

Zaključek:

Uporaba naprave E-go se je pri prvi bolnici in bolniku izkazala za uspešno metodo, saj je prišlo do znatnega izboljšanja funkcije hoje in ravnotežja. Pri drugi bolnici se zaradi težke hemipareze tovrstna vadba ni izkazala za primerno, saj je bilo pri vadbi s strani terapevta oteženo sočasno nadziranje naprave in usmerjanje bolnice pri hoji.

Ključne besede:

možganska kap; rehabilitacija; fizioterapija; hoja; robotska naprava E-go

Assessment for lower extremity, but there were no differences for the second female patient.

Conclusions:

The use of the E-go device was a useful method in one of the female patients and the male patient, improving their walking and balance function. Due to pronounced hemiparesis, training with the E-go device was not appropriate for the second female patient – it was difficult for the therapist to control the device and to guide the patient during walking at the same time.

Key words:

stroke; rehabilitation; physiotherapy; gait; E-go robotic device

UVOD

Možganska kap (MK) je eden najpogostejših razlogov za smrt in pridobljeno zmanjšano zmožnost pri odraslih (1). Bolniki po preboleli MK imajo odvisno od velikosti in lokalizacije okvare različne senzomotorične primanjkljaje, kot je na primer zmanjšana mišična moč, povišan mišični tonus, motena koordinacija gibov, motnja zaznavnih sposobnosti, slabše ravnotežje in bolečina (2). Okvara teh senzomotoričnih sposobnosti vodi do težav s premeščanjem, vzdrževanjem položaja telesa, mobilnostjo, ravnotežjem in hojo (3, 4).

Razpon funkcije hoje pri bolnikih po kapi sega od popolne odvisnosti do popolne neodvisnosti pri hoji. V prvem tednu zmore le tretjina oseb hojo brez pripomočkov (5) in po 6 mesecih po utrpeli MK zmore približno 85 % preživelih neodvisno hojo brez pomoči druge osebe (6). Ob odpustu iz rehabilitacijske ustanove se od 60 % do 80 % bolnikov usposobi za samostojno hojo (7). Raziskave pri bolnikih po MK dokazujejo moteno koordinacijo hoje, manjšo hitrost hoje in manjšo vzdržljivost (8). Kljub relativno visokemu deležu oseb po MK, ki dosežejo samostojno hojo, samo 7 % oseb, odpuščenih iz rehabilitacijske ustanove, zmore samostojno hojo po stopnicah in različnih naklonih v domačem okolju ter doseže hitrost in prehojeno razdaljo, primerljivo z zdravimi osebami (9-11).

Mnogi bolniki po MK slabše okrevajo pri hoji tudi zaradi okvare ravnotežnostnega sistema (12). Ravnotežje je kompleksna večina gibanja, ki je odvisna od interakcije med mnogimi senzomotoričnimi procesi in okoljem ter omogoča posamezniku vzdrževanje in spremembo telesnih položajev, reakcijo na zunanja nihanja in uporabo avtomatskih odgovorov za vzdrževanje drže, ki se zgodijo pred hotenimi gibi (13). Slabše ravnotežje lahko vpliva na izvedbo hoje (14), je povezano z večjo pogostostjo padcev in negativno vpliva na samostojno izvajanje dejavnosti dnevnega življenja pri bolnikih po MK (4, 15). Strah pred padci negativno vpliva na kakovost življenja bolnikov po kapi (16).

Rehabilitacijska obravnava, s katero usmerjeno vplivamo na hojo in dinamično ravnotežje, lahko učinkovito izboljša funkcijo hoje po MK (8). V dosedanjih raziskavah so različni avtorji dokazali, da večja intenzivnost vadbe hoje (več ponovitev) vodi v boljši izid okrevanja bolnikov po MK (17, 18). Pri rehabilitacijski obravnavi bolnikov po MK lahko terapevt običajno izvaja vadbo samo z enim bolnikom naenkrat in je vadba za terapevta pogosto zelo naporna (19). Kot pomoč pri običajni vadbi hoje so v zadnjih letih razvili različne avtomatizirane elektromehanske naprave (na primer Lokomat, Gait trainer, Haptic Walker, Anklebot, LOPES in podobno), katerih namen je zmanjšati stopnjo potrebne podpore bolniku, ki jo terapevt nudi pri vadbi (20). Tovrstne naprave omogočajo tudi bolnikom, ki ne morejo hoditi, intenzivno vadbo celotnega cikla hoje (ki je zapleten) z velikim številom ponovitev. Naprave, kot je na primer Lokomat, preko ortoz eksoskeleta vodijo med vadbo vnaprej sprogramiran vzorec hoje in proces vadbe hoje je avtomatiziran (21). Vadba hoje in ravnotežja s pomočjo robotskih naprav je skupaj z običajno fizioterapevtsko obravnavo po podatkih raziskav učinkovitejša kot le običajna fizioterapevtska obravnava sama (22).

Inženirji na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije (URI-Soča) so v preteklih letih razvili prototip naprave za urjenje vzdrževanja dinamičnega ravnotežja med hojo. V sodelovanju s podjetjem medica Medizintechnik GmbH je nastal komercialno dosegljiv izdelek – naprava E-go (Slika 1). Napravo sestavlja mobilna platforma, na katero sta nameščeni motorizirani kolesi, oporni sistem, ki omogoča z nastavljivo mehansko podporo medenice v transverzalni ravnini. Hitrost gibanja mobilne platforme, hitrost hoje in trenutno smer hoje določa fizioterapevt preko ročnega krmilnega modula. Vzmeti se upirajo premiku medenice iz vertikalnega položaja, kar stabilizira medenico v transverzalni ravnini. Z ročko se nastavi stopnjo podajnosti vzmeti, ki nudi različno stopnjo podpore medenici pri hoji (zaklenjena, delno gibljiva in odklenjena naprava).

S študijo primerov smo želeli oceniti uporabnost in učinkovitost naprave E-go pri vadbi hoje in dinamičnega ravnotežja v sklopu fizioterapevtske obravnave pri bolnikih po MK in ugotoviti, ali uporaba naprave zmanjša napor terapevta med vadbo.



Slika 1. Naprava E-go.

METODE

Preiskovanci

V raziskavo so bili vključeni trije bolniki:

- 49-letna ženska, ki je pred enim mesecem utrpela znotraj možgansko krvavitev v mezencefalonu in talamusu levo, s posledično desnostransko hemiparezo, z začetno skupno oceno na lestvici funkcijske neodvisnosti (sFIM) 60 točk (motorični del FIM (mFIM) 32 točk);
- 55-letna ženska, ki je pred 5 meseci doživela obsežno znotraj možgansko krvavitev parietalno desno in je posledično nastala levostranska hemipareza ter sindrom zanemarjanja leve strani telesa z začetno oceno sFIM 48 točk (mFIM 23 točk) in
- 65-letni moški, 6 mesecev po ishemični MK v povirju leve arterije cerebri medije, s posledično desnostransko hemiparezo in motorično disfazijo z začetno oceno sFIM 47 točk (mFIM 30 točk).

Vsi trije bolniki so spadali v skupino bolnikov po utrpeli MK s posledično težjo hemiparezo (ocena na lestvici Functional Ambulation Classification (FAC) = 0-2) (23).

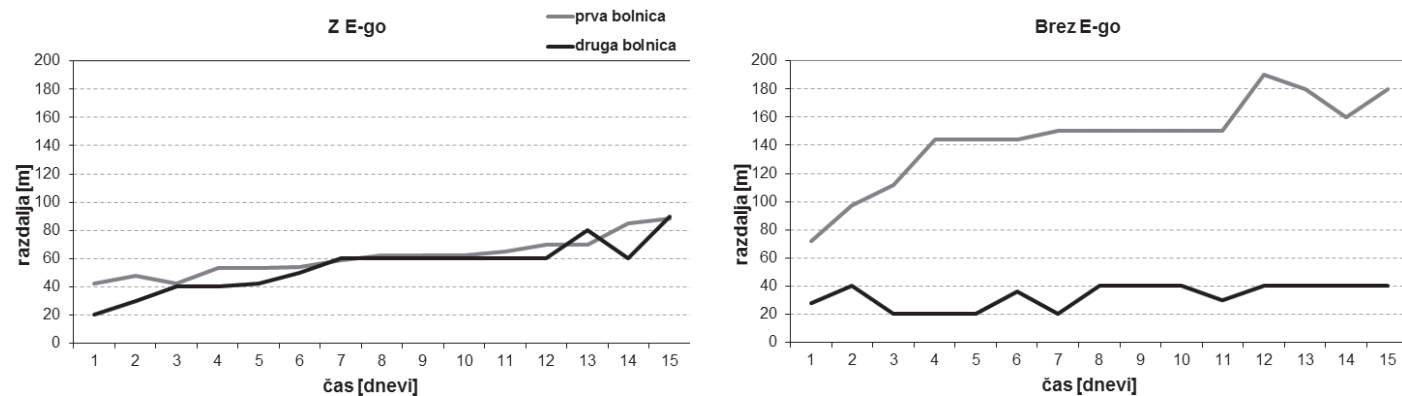
Vključitvena merila so bila: razred po New York Heart Association Functional Classification lestvici za oceno stopnje srčnega popuščanja I-II (24), ocena na Lestvici ocenjevanja drže pri bolnikih po možganski kapi (Postural Assessment Scale for Stroke patients – PASS (25)) ≥ 4 , vključeni so bili tudi afazični bolniki in bolniki s kognitivnimi težavami (prva bolnica je na Kratkem preizkusu spoznavnih sposobnosti dosegla 24 točk, druga 25 točk, pri tretjem bolniku testiranje zaradi motorične disfazije ni bilo možno).

Pri vadbi hoje je bilo dovoljeno uporabljati ortozo za gleženj in stopalo. V raziskavi niso sodelovali bolniki, ki so imeli druge bolezni, ki bi bolnika lahko ovirale pri vadbi hoje, omejeno gibljivost sklepov spodnjih udov ali če so odklonili sodelovanje v raziskavi. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko na URI-Soča, dne 2. 2. 2015. Bolniki so sodelovali prostovoljno in so podpisali soglasje o obveščnem pristanku k sodelovanju v raziskavi.

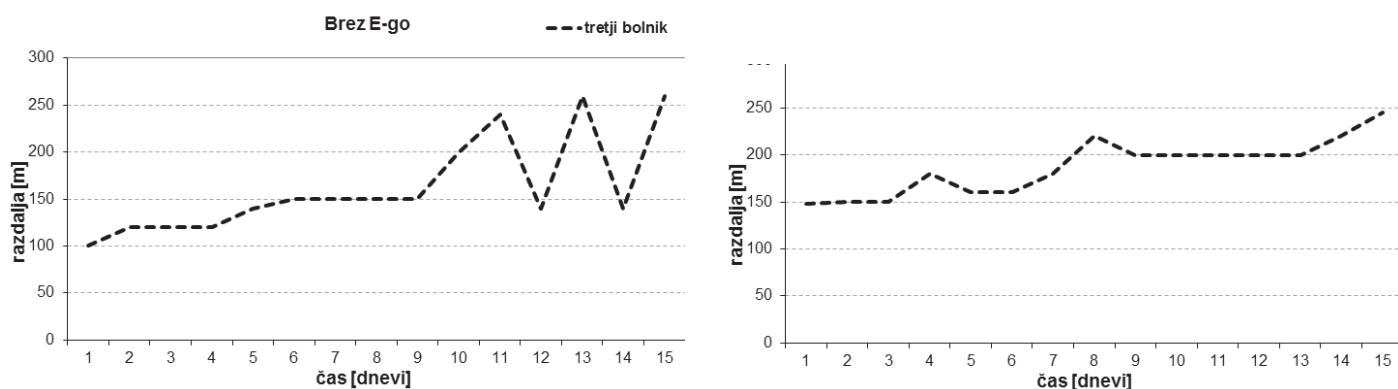
Način vadbe in meritve

Prvi dve bolnici sta vadili hojo na daljši, ravni razdalji najprej tri tedne z uporabo naprave E-go (15 treningov) in nato tri tedne brez uporabe naprave (15 treningov). Bolnik je najprej vadil brez uporabe naprave E-go in nato tri tedne z uporabo naprave. Na vsake tri tedne smo opravili testiranje: merili smo prehojeno razdaljo (metri izmerjeni pri hoji po 60 m dolgem ravnem hodniku; meritev je trajala dokler se preiskovanec ni toliko utrudil, da hoje ni več zmožel ali pa se je shema hoje poslabšala do te mere, da s hojo ni več mogel nadaljevati), hitrost hoje (izračunana po enačbi: prehojena razdalja / čas hoje izmerjen z ročno štoparico) in oceno z lestvicami: Fugl-Meyer za oceno funkcije spodnjega uda (26), Bergova lestvica za oceno ravnotežja (27), Lestvica FAC, Lestvica PASS in Rombergov test (28).

Med vadbo smo zbrali podatke o stopnji prostosti fiksacije naprave E-go, o številu terapevtov in uporabi pripomočka za hojo brez naprave E-go. Na začetku obravnave smo iz dokumentacije povzeli oceno na lestvici FIM. Dodatno smo zbrali tudi podatke o subjektivnih ocenah terapevta o telesnem naporu, zadovoljstvu, uporabnosti in morebitnih težavah pri uporabi naprave. Terapevti so na vprašanja odgovarjali na 4-stopenjski lestvici, oziroma so odgovarjali z da ali ne (dihotomne spremenljivke). Bolniki so svoje zadovoljstvo z vadbo ocenili s pomočjo 4-stopenjske lestvice.



Slika 2. Prehojena razdalja v 15 dneh vadbe hoje z napravo E-go in brez nje pri prvih dveh bolnicah.



Slika 3. Prehojena razdalja v 15 dneh vadbe hoje brez naprave E-go in z njo pri tretjem bolniku.

REZULTATI

Pri obeh bolnicah se je pri vadbi z napravo E-go podaljševala prehojena razdalja (Slika 2 levo). Razdalja se je pri prvi bolnici nato podaljševala tudi pri hoji brez naprave E-go, pri drugi bolnici pa ni bilo več napredka (Slika 2 desno).

Pri bolniku je prišlo do napredka v podaljšani prehojeni razdalji med vadbo hoje tako pri vadbi brez naprave E-go kot tudi kasneje pri vadbi z napravo E-go (Slika 3).

Rezultati v Tabeli 1 prikazujejo, da se je pri vseh treh bolnikih hitrost hoje ob zaključku vadbe nekoliko povečala. Pri prvi bolnici in bolniku se je izboljšala funkcija spodnjega uda (test Fugl-Meyer), pri drugi bolnici ni prišlo do nobene spremembe. Tudi na Bergovi lestvici, lestvici FAC in PASS je druga bolnica napredovala najmanj. Pri vseh testih je najbolj napredoval tretji bolnik. Nihče od bolnikov pa ni zmozel opraviti Testa hoje na 10 m in 6- minutnega testa hoje. Vsi trije bolniki so imeli na lestvici FAC na začetku vadbe oceno nič, kar pomeni, da niso bili zmožni hoje, hojo so zmoogli le v bradlji ali so pri hoji potrebovali pomoč več kot ene osebe.

Tabela 1. Rezultati funkcijskih testov pri preiskovancih v treh časovnih obdobjih.

	TEST 1			TEST 2			TEST 3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Prehojena razdalja (m)	10	4	100	70	20	260	180	40	280
Hitrost hoje (m/s)	0,14	0,11	0,39	0,23	0,09	0,33	0,36	0,15	0,42
Fugel-Meyer (sp.) ud)	13	8	9	21	8	15	23	8	18
Bergova lestvica	5	2	14	16	4	24	25	6	32
FAC	0	0	1	1	0	1	1	0	2
PASS	22	6	17	26	13	27	29	14	28
Rombergov test (s)	0	0	0	12	0	10	30	0	11
Test hoje na 10 m (s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 min test hoje (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: FAC = Functional Ambulation Classification; PASS = Postural Assessment Scale for Stroke

Tabela 2. Število terapevtov, uporaba pripomočka, stopnja telesnega napora terapevta in potreba po pasivnem prenosu spodnjega uda pri preiskovancih v treh časovnih obdobjih.

	TEST 1			TEST 2			TEST 3		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Št. terap.	1	2	2	1	2	2	1	2	1
Pripomoček	Bradlja	Bradlja	Bergla	Bergla	Bergla	Bergla	Bergla	Bergla	Bergla
Stopnja telesnega napora	2 (zmeren)	3 (velik)	3 (velik)	1 (malo)	2 (zmeren)	1 (malo)	1 (malo)	3 (velik)	0 (nič)
Pasiven prenos spodnjega uda	da	da	da	ne	da	ne	ne	da	ne

Po 30 vadbah sta bila prva bolnica in bolnik zmožna hoje z berglo ob opori enega terapevta, druga bolnica je pri hoji potrebovala dva terapevta in tudi pasiven prenos prizadetega spodnjega uda pri hoji. Stopnja telesnega napora terapevta pri prvi bolnici je bila ob koncu vadbe z napravo E-go majhna in pri bolniku terapevti med vadbo z napravo E-go niso navajali napora. Pri drugi bolnici je bila stopnja telesnega napora terapevta ob koncu vadbe z napravo E-go zmerna, pri vadbi hoje brez naprave pa velika (Tabela 2).

Pri prvi bolnici in pri bolniku so terapevti ocenili, da je nadzor hoje z uporabo naprave E-go lažji in da bi napravo ponovno uporabili pri bolniku z enakim funkcijskim stanjem, pri uporabi naprave med vadbo pa niso imeli težav. Pri drugi bolnici so terapevti ocenili, da je bil nadzor hoje z uporabo naprave E-go težji in da naprave pri bolniku z enakim funkcijskim stanjem ne bi več uporabili, pri uporabi naprave so imeli srednje veliko težav (Tabela 3).

Tabela 3. *Terapevtova in bolnikova ocena vadbe z napravo E-go.*

	B1	B2	B3
Nadzor hoje z E-go?	lažji	težji	lažji
Ali bi ponovno uporabili E-go?	da	ne	da
Počutje terapevta ob uporabi E-go (1-4)?	3 (srednje dobro)	3 (srednje dobro)	4 (zelo dobro)
Bolnikovo zadovoljstvo ob uporabi E-go (1-4)?	3 (srednje dobro)	3 (srednje dobro)	4 (zelo dobro)

RAZPRAVA

Glede na to, da je funkcijska sposobnost hoje glavni dejavnik za samostojno izvajanje dnevnih dejavnosti, je izboljšanje funkcije hoje pomemben cilj pri rehabilitacijski obravnavi bolnikov po MK (29). Z raziskavo primerov smo želeli ugotoviti, ali bi bilo možno vključiti vadbo hoje in dinamičnega ravnotežja z napravo E-go v redni rehabilitacijski program fizioterapevtske obravnave in za katere bolnike po MK bi bila tovrstna vadba najbolj primerna.

V predhodnih raziskavah so že dokazali, da so bolniki, ki so vadili hojo s pomočjo elektromehanskih naprav sočasno z običajno vadbo s pomočjo terapevta, pogosteje dosegli samostojno hojo kot bolniki, ki so vadili hojo brez naprave (3). Prednosti robotsko vodenih naprav za hojo so v daljšem trajanju vadbe, v posnemanju simetričnih kinematičnih vzorcev gibanja spodnjih udov, možnosti upravljanja s strani enega terapevta in zmanjšanje telesne obremenitve terapevta. Hkrati tovrstna vadba tudi poveča samozavest bolnika, saj zmanjša tveganje za padeč pri vadbi (30 - 32). Podobno se je tudi v naši raziskavi uporaba naprave E-go pri prvi bolnici in bolniku izkazala za uspešno dopolnilno metodo, saj je bil nadzor hoje pri vadbi z E-go lažji, prišlo je tudi do izboljšanja funkcije

hoje in ravnotežja. Oba sta dosegla večjo prehojeno razdaljo, hitrost hoje in funkcionalno hojo s pomočjo ene bergle ob pomoči ene osebe. Bolnik je potreboval pri vadbi z napravo E-go manjše število terapevtov v primerjavi z običajno vadbo. Druga bolnica, ki je imela v primerjavi s prvo bolnico in bolnikom že ob vključitvi nižje funkcijske ocene, med vadbo ni dosegla večjega napredka in po končani vadbi ni bila sposobna funkcionalne hoje. Pri drugi bolnici se tovrstna vadba ni izkazala za primerno, saj je bilo zaradi težke hemipareze in sindroma zanemarjanja leve strani telesa po utrpeli obsežni znotrajmožganski krvavitvi oteženo sočasno nadziranje naprave in usmerjanje bolnice pri hoji. Hkrati je bila stopnja telesnega napora tudi med vadbo z napravo E-go visoka, saj je bolnica tudi ob koncu vadbe še vedno potrebovala pasiven prenos spodnjega uda.

Pomanjkljivosti robotsko vodene hoje z do sedaj v literaturi opisanimi napravami, kot je npr. Lokomat, ali vadba na tekočem traku je avtomatizirano vodenje bolnikove hoje, kar lahko zmanjša trud bolnika med vadbo, saj ga v večini vodi pasivno (33). Hkrati omejene stopnje prostosti v robotski napravi lahko omejijo vzorec hoje med robotsko vodeno vadbo hoje. Te omejitve lahko vodijo do nenormalnih vrtilnih momentov, kar povzroči povečano mišično aktivnost pri uporabi teh naprav v primerjavi z običajno hojo (34, 35). Naprava E-go nudi mehansko podporo le v predelu medenice in hkrati omogoča nastavlljivo stopnjo podpore. Pri t. i. načinu vadbe v »zaklenjeni« napravi vzmeti opornega sistema niso zelo podajne in sila vzmeti človeka potiska proti vertikalni legi ter s tem omogoča večjo stopnjo podpore; v t. i. »odklenjenem« načinu vadbe nudi naprava manjšo stopnjo podpore in s tem več stopenj prostosti pri gibanju. Hkrati bolnik pri vadbi z napravo E-go izvaja običajno hojo po ravni podlagi, zaradi česar mora pri vadbi ves čas aktivno sodelovati. V naši raziskavi sta obe bolnici ves čas potrebovali največjo možno stopnjo podpore, bolnik pa je zadnji teden vadil v napol odklenjenem načinu. Za razliko od vadbe na drugih napravah (npr. Lokomat), ki nudijo tudi nekaj podpore v zgornjem delu trupa (36), mora imeti bolnik pred vključitvijo v vadbo z napravo E-go primeren nadzor mišic trupa, saj sama naprava ne omogoča zadostne opore v tem predelu. Zato mora bolnik pred vključitvijo doseči sedenje z rahlo oporo in stojo ob opori dveh terapevtov, hkrati mora biti s pomočjo terapevta sposoben prehoda iz sedečega v stoječ položaj in obratno.

S študijo primerov smo pokazali, da je tovrstno obliko vadbe z napravo E-go kot dopolnilno obliko terapije k običajni vadbi hoje in dinamičnega ravnotežja mogoče vključiti v protokol dela na Oddelku za rehabilitacijo bolnikov po MK URI-Soča. Tudi zadovoljstvo bolnikov in počutje terapevtov med vadbo je bilo dobro. Trenutno glede na opisane klinične primere zaradi majhnega števila preiskovancev še ni mogoče določiti, kateri od vadbenih protokolov je bolj primeren in katera skupina bolnikov bi bila najprimernejša za tovrstno obliko vadbe.

ZAKLJUČEK

Vadba z napravo E-go ima nakazane pozitivne učinke na hitrost hoje, ravnotežje in funkcijo spodnjega uda. Najverjetneje tudi

zmanjša napor terapevta pri vadbi. Potrebna je pazljivost v merilih izbire primernega bolnika za vključitev v tovrstno vadbo. S pomočjo testiranja uporabe naprave na večjem vzorcu bolnikov bomo lahko postavili merila za uporabo E-go v terapevtskih programih in ugotovili prednosti vadbe s tovrstno napravo v primerjavi z običajno vadbo hoje.

Zahvala

Želeli bi se zahvaliti doc. dr. Niki Goljar in prof. dr. Zlatku Matjačiču za ideje, spodbujanje in pomoč pri raziskavi.

Literatura:

- Ma VY, Chan L, Carruthers KJ. Incidence, prevalence, costs, and impact on disability of common conditions requiring rehabilitation in the United States: stroke, spinal cord injury, traumatic brain injury, multiple sclerosis, osteoarthritis, rheumatoid arthritis, limb loss, and back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014; 95 (5): 986–95.
- Lauziere S, Betschart M, Aissaoui R, Nadeau S. Understanding spatial and temporal gait asymmetries in individuals post stroke. *Int J Phys Med Rehabil.* 2014; 2 (3): 201.
- Swinnen E, Beckwée D, Meeusen R, Baeyens JP, Kerckhofs E. Does robot-assisted gait rehabilitation improve balance in stroke patients? A systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2014; 21 (2): 87–100.
- de Oliveira CB, de Medeiros IR, Frota NA, Greters ME, Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev.* 2008; 45 (8): 1215–26.
- von Schroeder HP, Coutts RD, Lyden PD, Billings E Jr, Nickel VL. Gait parameters following stroke: a practical assessment. *J Rehabil Res Dev.* 1995; 32 (1): 25–31.
- Wade DT, Hower RL. Functional abilities after stroke: measurement, natural history and prognosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1987; 50 (2): 177–82.
- Preston E, Ada L, Dean CM, Stanton R, Waddington G. What is the probability of patients who are nonambulatory after stroke regaining independent walking? A systematic review. *Int J Stroke.* 2011; 6 (6): 531–40.
- Hollands KL, Pelton TA, Tyson SF, Hollands MA, van Vliet PM. Interventions for coordination of walking following stroke: systematic review. *Gait Posture.* 2012; 35 (3): 349–59.
- Hill K, Ellis P, Bernhardt J, Maggs P, Hull S. Balance and mobility outcomes for stroke patients: a comprehensive audit. *Aust J Physiother.* 1997; 43 (3): 173–80.
- Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, Rochester L, Weatherall M. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85 (2): 234–9.
- Lord S, McPherson KM, McNaughton HK, Rochester L, Weatherall M. How feasible is the attainment of community ambulation after stroke? A pilot randomized controlled trial to evaluate community-based physiotherapy in subacute stroke. *Clin Rehabil.* 2008; 22 (3): 215–25.
- Kamphuis JF, de Kam D, Geurts AC, Weerdesteyn V. Is weight-bearing asymmetry associated with postural instability after stroke? A systematic review. *Stroke Res Treat.* 2013; 2013: 692137.
- Worms G, Matjačić Z, Gollee H, Cikajlo I, Goljar N, Hunt KJ. Dynamic balance training with sensory electrical stimulation in chronic stroke patients. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006; 1: 2150–3.
- Orrell AJ, Eves FF, Masters RS. Motor learning of a dynamic balancing task after stroke: implicit implications for stroke rehabilitation. *Phys Ther.* 2006; 86 (3): 369–80.
- Cho K, Lee G. Impaired dynamic balance is associated with falling in post-stroke patients. *Tohoku J Exp Med.* 2013; 230 (4): 233–9.
- Kim EJ, Kim DY, Kim WH, Lee KL, Yoon YH, Park JM, et al. Fear of falling in subacute hemiplegic stroke patients: associating factors and correlations with quality of life. *Ann Rehabil Med.* 2012; 36 (6): 797–803.
- Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JW, Lankhorst GJ, Koetsier JC. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet.* 1999; 354 (9174): 191–6.
- Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ, Van der Wees PJ, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil.* 2004; 18 (8): 833–62.
- Hesse S, Uhlenbrock D. A mechanized gait trainer for restoration of gait. *J Rehabil Res Dev.* 2000; 37 (6): 701–8.
- Mehrholtz J, Elsner B, Werner C, Kugler J, Pohl M. Electro-mechanical-assisted training for walking after stroke: updated evidence. *Stroke.* 2013; 44 (10): e127–8.
- Calabrò RS, Reitano S, Leo A, De Luca R, Melegari C, Bramanti P. Can robot-assisted movement training (Lokomat) improve functional recovery and psychological well-being in chronic stroke? Promising findings from a case study. *Funct Neurol.* 2014; 29 (2): 139–41.
- van de Port IG, Kwakkel G, Schepers VP, Lindeman E. Predicting mobility outcome one year after stroke: a prospective cohort study. *J Rehabil Med.* 2006; 38 (4): 218–23.
- Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR, Nathan J, Piehl-Baker L. Clinical gait assessment in the neurologically impaired: reliability and meaningfulness. *Phys Ther.* 1984; 64 (1): 35–40.

24. Raphael C, Briscoe C, Davies J, Ian Whinnett Z, Manisty C, Sutton R, et al. Limitations of the New York Heart Association functional classification system and self-reported walking distances in chronic heart failure. *Heart*. 2007; 93 (4): 476–82.
25. Benaim C, Pérennou DA, Villy J, Rousseaux M, Pelissier JY. Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*. 1999; 30 (9): 1862–8.
26. Malouin F, Pichard L, Bonneau C, Durand A, Corriveau D. Evaluating motor recovery early after stroke: comparison of the Fugl-Meyer Assessment and the Motor Assessment Scale. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75 (11): 1206–12.
27. Bogle Thorbahn LD, Newton RA. Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther*. 1996; 76 (6): 576–83.
28. Yelnik A, Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin*. 2008; 38 (6): 439–45.
29. Coenen P, van Werven G, van Nunen MP, Van Dieën JH, Gerrits KH, Janssen TW. Robot-assisted walking vs over-ground walking in stroke patients: an evaluation of muscle activity. *J Rehabil Med*. 2012; 44 (4): 331–7.
30. Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev*. 2000; 37 (6): 693–700.
31. Hornby TG, Zemon DH, Campbell D. Robotic-assisted, body-weight-supported treadmill training in individuals following motor incomplete spinal cord injury. *Phys Ther*. 2005; 85 (1): 52–66.
32. Rienen R, Lünenburger L, Jezernik S, Anderschitz M, Colombo G, Dietz V. Patient-cooperative strategies for robot-aided treadmill training: first experimental results. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2005; 13 (3): 380–94.
33. Israel JF, Campbell DD, Kahn JH, Hornby TG. Metabolic costs and muscle activity patterns during robotic- and therapist-assisted treadmill walking in individuals with incomplete spinal cord injury. *Phys Ther*. 2006; 86 (11): 1466–78.
34. Neckel ND, Blonien N, Nichols D, Hidler J. Abnormal joint torque patterns exhibited by chronic stroke subjects while walking with a prescribed physiological gait pattern. *J Neuroeng Rehabil*. 2008; 5: 19.
35. Hidler JM, Wall AE. Alterations in muscle activation patterns during robotic-assisted walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005; 20 (2): 184–93.
36. Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke*. 2007; 38 (2): 349–54.