

Učinki vadbe s sistemom BiMeo na izboljšanje gibanja zgornjega uda po možganski kapi

Effects of training with BiMeo system on the upper extremity movement recovery after stroke

Petra Perčič^{1,2}, Matic Trlep³, Matjaž Mihelj³, Urška Puh²

IZVLEČEK

Uvod: Vadba v navideznem okolju kaže spodbudne rezultate pri izboljšanju gibanja zgornjega uda po možganski kapi. **Metode:** V štiritedenskem programu vadbe s sistemom BiMeo je sodelovala 44-letna pacientka, 14 let po možganski kapi. Vadba je potekala trikrat na teden po 45 do 60 minut. Program je obsegal štiri enoročne in šest dvoročnih nalog. Po dveh tednih smo težavnost vadbe stopnjevali. Pred obdobjem vadbe in po njem smo ocenili motorično funkcijo in mišični tonus zgornjega uda, med izvajanjem nalog pa s sistemom BiMeo zapisovali podatke o značilnosti izvedbe. **Rezultati:** Po koncu vadbe so se pri večini nalog izboljšali natančnost, hitrost in obseg gibanja ter mišična moč okvarjenega uda. Zvišani mišični tonus se je v nekaterih mišičnih skupinah znižal, v drugih pa ostal nespremenjen. Motorična funkcija okvarjenega zgornjega uda je ostala nespremenjena. **Zaključki:** Pri tej preiskovanki je bila vadba s sistemom BiMeo delno učinkovita. Sklepamo, da bi bila uporaba sistema BiMeo pri nevroloških pacientih z okvarjenim zgornjim udom lahko smiselna, prenos v funkcijo pa boljši, če bi bilo obdobje vadbe daljše in v kombinaciji s standardnimi postopki fizioterapije ter če bi pri pacientih od možganske kapi minilo manj časa.

Ključne besede: možganska kap, okvare gibanja zgornjega uda, enoročna in dvoročna vadba, navidezna resničnost.

ABSTRACT

Background: Training in virtual reality has promising results for upper extremity movement recovery after stroke. **Methods:** A 44-year-old female patient, 14 years after stroke, participated in a 4 weeks' training with BiMeo system. The training was performed 3 times a week for 45 to 60 minutes. It consisted of 4 unilateral and 6 bilateral tasks. The level of difficulty was increased after two weeks. Before and after the training the assessment of motor function and muscle tone of the affected upper extremity was performed. During tasks performance movement parameters were collected with BiMeo system. **Results:** After training programme, accuracy, speed, range of motion and muscle strength of the affected extremity increased in majority of tasks. In some muscle groups the muscle tone decreased, but in others it remained unchanged. Motor function of the upper extremity remained unchanged. **Conclusions:** For the included subject, the training programme was partially effective. We speculate that use of BiMeo system might be effective in neurological patients with upper extremity movement dysfunction. Longer training period and combination with standard physiotherapy procedures might increase functional recovery, which might be greater in patients earlier after stroke.

Key words: stroke, upper limb movement dysfunction, unilateral and bilateral training, virtual reality.

¹ Ft Tršan d.o.o., Šenčur

² Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

³ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.; e-pošta: urska.puh@zf.uni-lj.si

Prispelo: 10.05.2013

Sprejeto: 02.07.2013

UVOD

Pacienti po možganski kapi so največja skupina pacientov, ki potrebuje rehabilitacijo (1), možganska kap pa je najpogostejši vzrok okvare zgornjih udov in ima velik vpliv na funkcijsko neodvisnost (2). Eden novjših fizioterapevtskih pristopov, ki kaže spodbudne rezultate pri izboljšanju gibanja, je vadba v navideznem okolju (3). Navidezno okolje je motivacijski ciljno usmerjen medij, ki pacienta spodbuja k vadbi in deluje po načelu igre. Vadba poteka v nadzorovanem okolju, kar pacientu zagotavlja samozavest in se lahko prilagodi potrebam posameznika v smislu točno zelenih gibov, hitrosti, težavnosti in individualni nastavitvi števila ponovitev. Pri kompleksnih nalogah omogoča fizioterapevtu analizo vseh delov giba in nato vadbo pomanjkljivih delov ter naloge v celoti (4, 5). Navidezna resničnost izkorišča domnevo, da možgani sprožijo gibanje uda na podlagi poznavanja cilja gibanja (4). Prav tako se na zaslonu vidijo odstopanja od idealne poti, kar služi kot vidna povratna informacija. Povratno informacijo lahko dopolni še fizioterapevt, ki pacienta vodi k pravilni časovni in prostorski izvedbi določenega gibalnega vzorca (4). Navidezna resničnost je namenjena posnemanju nalog in dogodkov realnega sveta, njen cilj pa je pacientov napredek pri vsakdanjih dejavnostih. S številnimi študijami so preučevali uporabo navidezne resničnosti pri ljudeh v poznem (kroničnem) obdobju po možganski kapi (5) in njen vpliv na vračanje motoričnih funkcij. Na podlagi pregleda randomiziranih kontroliranih poskusov za zgornji ud je Laver s sodelavci (6) poročal, da je vadba z uporabo navideznega okolja učinkovitejša od standardnih terapevtskih postopkov in bolj izboljša funkcijo okvarjenega zgornjega uda ter ima velik vpliv na izboljšanje vsakdanjih dejavnosti. Ni pa bilo zadostnih dokazov o večjem izboljšanju jakosti prijema roke v primerjavi s standardnimi postopki fizioterapije. Prav tako ni bilo zadostnih dokazov o potrebni količini in najučinkovitejšem programu vadbe (6).

Z raziskavo smo želeli pri pacientki, pri kateri je od možganski kapi minilo veliko časa, ugotoviti vpliv enomesečne vadbe z napravo BiMeo, ki vključuje navidezno okolje, na funkcijske sposobnosti in mišični tonus okvarjenega

zgornjega uda ter natančnost, hitrost, obseg gibanja in jakost mišic pri izvedbi nalog.

METODE

Opis primera in merilni postopki

V študiji je sodelovala 44-letna pacientka, ki je pred 14 leti, nekaj ur po porodu, utrpela intracerebralno krvavitev bazalnih ganglijev leve poloble. Pred začetkom študije je bilo v okvarjenem zgornjem udu proksimalno možno hoteno gibanje v vseh smereh, distalno pa so bile okvare izrazitejše. Pacientka je funkcijsko hodila in samostojno izvajala večino dejavnosti vsakdanjega življenja, vozila je tudi kolo in osebni avtomobil.

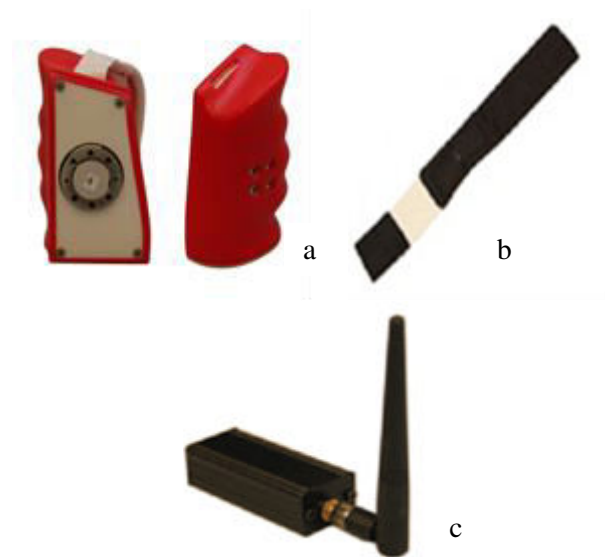
Pred začetkom vadbe in po koncu smo z modificirano Ashworthovo lestvico (7) ocenili mišični tonus, z lestvico motoričnega ocenjevanja – MAS (8, 9) pa motorične funkcije okvarjenega zgornjega uda. Cilji vadbe so bili izboljšati funkcijske sposobnosti in zmanjšati mišični tonus okvarjenega zgornjega uda ter izboljšati natančnost, hitrost in obsege gibanja ter mišično moč pri izvedbi nalog oziroma iger s tem udom. Značilnosti izvedbe nalog smo merili s sistemom BiMeo.

Opis naprave BiMeo in terapevtski postopek

Naprava BiMeo je narejena kot senzorni sistem za enoročno in dvoročno vadbo ter vrednotenje funkcij zgornjih udov. Je lahka, baterijsko napajana in ne vsebuje motorjev. Napravo sestavljajo trije deli, in sicer BiMeo Hand (ohišje, senzor orientacije dlani in triosni senzor sile), BiMeo Arm (dva senzorja za merjenje orientacije nadlakti in podlakti) in BiMeo Com (brežžična povezava) (slika 1). Senzorji orientacije posredujejo podatke o položaju in hitrosti uda, v povezavi s senzorjem sile pa lahko vrednotimo pomoč neokvarjenega uda pri dvoročni vadbi. Druge spremenljivke, kot so čas, osvojene točke in razdalja, se pridobijo iz navidezne naloge. Raziskava je potekala v času razvoja sistema BiMeo, zato so se nekatere programske pomanjkljivosti sproti odpravljale. Naprava in metodologija vadbe z napravo sta zaščiteni s patentom.

Pri vadbi je pacientka držala BiMeo Hand (slika 1 a) v okvarjenem zgornjem udu, senzorja pa sta bila

nameščena tik nad zapestjem in na sredini nadlahtnice. Pri dvoročni vadbi se je na ohišje pritrdil dodatni polkrožni del, ki je omogočal oprijem z neokvarjenim udom.

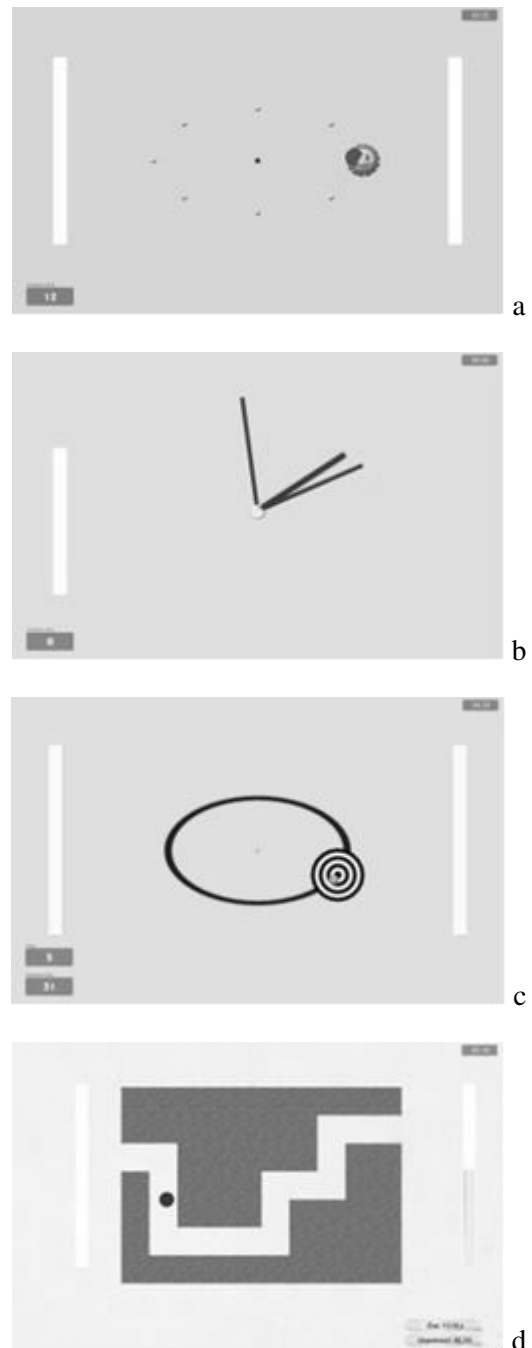


Slika 1: Naprava BiMeo – sestavni deli: BiMeo Hand (a), BiMeo Arm (b) in BiMeo Com (c)

Program vadbe je trajal štiri tedne, in sicer trikrat na teden od 45 do 60 minut. Potekal je pod vodstvom diplomantke fizioterapije in mladega raziskovalca. Ves program vadbe se je izvajal v sedečem položaju, na začetku in koncu je bilo izvedeno raztezanje flektornih mišic okvarjenega zgornjega uda, in sicer kot prenos teže trupa na iztegnjen okvarjeni zgornji ud (skupaj tri minute). Vadba v različnih smereh gibanja je obsegala kombinacijo enoročnih vaj v razbremenitvi s telesom naprej (Sončki, Rotacije) in po mizi (Sončki, Kroženje) ter dvoročnih vaj proti sili težnosti (Sončki, Rotacije, Kroženje, Labirinti). Naloge so si sledile v stalnem vrstnem redu. Po dveh tednih smo zahtevnost vadbe stopnjevali s povečevanjem števila ponovitev in obsegov gibanja, pri kroženju pa s povečevanjem hitrosti.

Igre so temeljile na načelu ciljnega gibanja oziroma sledenja in so poudarjale gibe v nasprotni smeri od zvišanega mišičnega tonusa (slike 2 a–2 d). Med izvedbo je bil na zaslonu podatek o številu uspešno opravljenih gibov, pri dvoročni vadbi pa tudi obarvan stolpec, ki je označeval aktivnost okvarjenega zgornjega uda v primerjavi z neokvarjenim.

Pri igri Sončki (slika 2 a) je pacientka posegala po sončkih, ki so se naključno prikazovali po elipsi (dimenzijo elipse in s tem primeren obseg giba je bilo mogoče nastaviti), ter se vračala v izhodiščni položaj (središče elipse). Pri igri Rotacije (slika 2 b) je pacientka premikala palico proti cilju in se vračala v izhodišče.



Slika 2: Igre – Sončki (a), Rotacije (b), Kroženje (c) in Labirinti (d)

Če je bila uspešna, je zaslišala zvočni signal, premikajoča se palica pa se je obarvala zeleno. Pri igri Kroženje (slika 2 c) je pacientka z zgornjim udom sledila premikajoči se tarči, ki se je gibala po elipsi. Bolj ko je bila izvedba naloge natančna (središče tarče), bolj zeleno se je obarval krog, ki je predstavljal okvarjeni zgornji ud na zaslonu (hitrosti in smer kroženja je bilo mogoče spreminjati). Pri igri Labirinti (slika 2 d) je pacientka sledila labirintu, in sicer trem različnim (labirint je bilo mogoče izbrati).

Izmed podatkov, pridobljenih s sistemom BiMeo, smo pri vsaki nalogi opazovali tri spremenljivke. Natančnost in hitrost gibanja smo ugotavljali pri vseh nalogah ter pri dvoročnih nalogah dodali mišično moč okvarjenega zgornjega uda v primerjavi z neokvarjenim. Pri enoročni vadbi v razbremenitvi s telesom naprej smo poleg natančnosti in hitrosti analizirali tudi obsege gibanja v ramenskem sklepu.

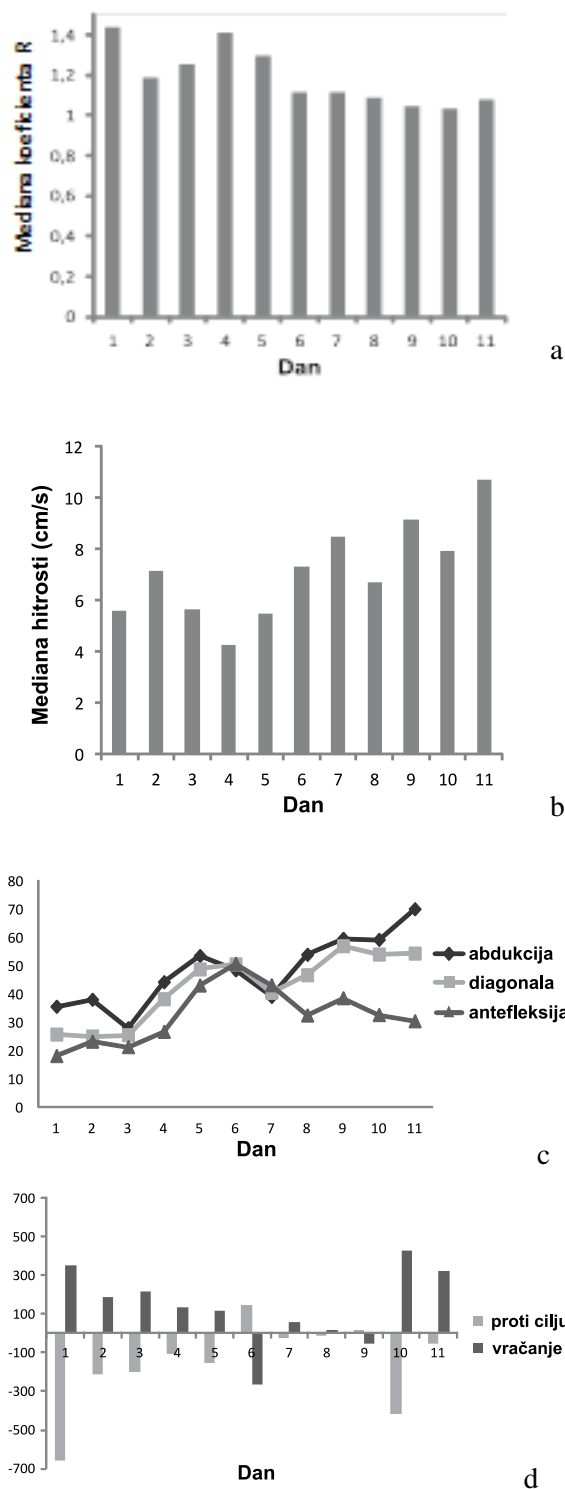
REZULTATI

Motorična funkcija okvarjenega zgornjega uda je ostala po končanem programu vadbe nespremenjena, in sicer ocena 4 za ramenski obroč in zgornji del roke ter ocena 0 za gibe roke po MAS. Znižal se je mišični tonus v notranjih in zunanjih rotatorjih ter adduktorjih ramenskega sklepa, mišicah ekstenzorjih komolca ter fleksorjih prstov in palca (tabela 1).

Tabela 1: Primerjava mišičnega tonusa okvarjenega zgornjega uda z modificirano Ashworthovo lestvico pred štiritedensko vadbo in po njej

Mišična skupina	pred	po
Notranji rotatorji ramenskega sklepa	3	2
Zunanji rotatorji ramenskega sklepa	2	1
Adduktorji ramenskega sklepa	3	1
Abduktorji ramenskega sklepa	2	2
Ekstenzorji komolca	1	0
Fleksorji komolca	2	2
Pronatorji komolca	1	1
Volarni fleksorji zapestja	2	2*
Fleksorji prstov (II–IV)	1	0
Fleksorji palca	1	0

*Klonus se izčrpa po nekaj kontrakcijah.



Slika 3: Največje izboljšanje natančnosti gibanja – Kroženje v vertikalni ravnini (a), hitrosti gibanja – Kroženje v vertikalni ravnini (b), obsega gibanja – Sončki v razbremenitvi (c) in skupne mišične moči okvarjenega zgornjega uda v primerjavi z neokvarjenim – Sončki v vertikalni ravnini (d)

Rezultati meritev, pridobljenih s sistemom BiMeo, so po končanem programu vadbe pokazali napredek pri:

- natančnosti gibanja: pri vseh nalogah, razen pri igri Sončki v horizontalni ravnini, se je po vadbi natančnost gibanja izboljšala. Do največjega izboljšanja je prišlo pri nalogi Kroženje v vertikalni ravnini (slika 3 a);
- hitrosti gibanja: pri vseh nalogah, razen pri nalogi Kroženje v horizontalni ravnini, se je po vadbi hitrost gibanja izboljšala. Do največjega izboljšanja je prišlo pri nalogi Kroženje v vertikalni ravnini (slika 3 b);
- obsegu gibanja: pri nalogi Sončki v razbremenitvi so se po vadbi izboljšali obsegi gibanja v vseh treh smereh (slika 3 c). Do največjega izboljšanja je prišlo v smeri abdukcije ter diagonale med abdukcijo in antefleksijo;
- mišični moči: pri vseh nalogah, razen pri igri Sončki v vertikalni in horizontalni ravnini (vračanje) ter pri Labirintu, se je po vadbi skupna mišična moč okvarjenega zgornjega uda v primerjavi z neokvarjenim izboljšala. Do največjega izboljšanja je prišlo pri nalogi Sončki v vertikalni ravnini – proti cilju (slika 3 d).

RAZPRAVA

Številne raziskave so poročale o pozitivnih učinkih enoročne in dvoročne vadbe (10–14) pri spodbujanju izboljšanja gibanja po možganski kapi. Avtorji ugotavljajo, da je dvoročno vadbo treba dodati enoročni, saj je ta najustrežnejša pri učenju dvoročnih spretnosti (14). Pri dvoročnem gibanju namreč sodelujejo drugi nadzorni mehanizmi kot pri enoročnem, kljub temu pa lahko dvoročna vadba pripomore k izboljšanju enoročnih spretnosti okvarjenega uda (14). V naši raziskavi je pacientka izvajala obe vrsti vadbe.

Uporaba navideznega okolja spodbuja motorično učenje prek dveh dejavnikov, in sicer velikega števila ponovitev in/ali intenzivnosti vadbe. Intenzivna vadba namreč bolj izboljša funkcijo okvarjenega uda v primerjavi z manj intenzivno vadbo (4) in je potrebna za reorganizacijo živčnih povezav (15). Navidezno okolje omogoča tudi takojšnjo povratno informacijo o uspešnosti med vadbo, ki pomembno vpliva na izboljšanje motoričnega učenja (16). Izboljšanje večine opazovanih spremenljivk po končanem programu

vadbe lahko pripišemo uspešnemu motoričnemu učenju. Kot navaja Rugelj (17), pomeni izboljšanje izvedbe gibalne naloge prvo izmed štirih značilnosti motoričnega učenja, sledijo pa ji zanesljivost, trajnost in prilagodljivost. Poleg izboljšanja izvedbe so gibalne naloge postale bolj zanesljive (tekoče in spretno).

Na podlagi preteklih raziskav, ki so prikazale spodbudne rezultate z uporabo navidezne resničnosti, smo v program vadbe vključili ciljno usmerjene naloge (5, 13, 18–23). V naši raziskavi je naloga Sončki predstavljala poseganje, Kroženje in Labirinti pa ciljno gibanje. Po končani vadbi se je pri pacientki izvedba nalog izboljšala, o čemer so poročale že nekatere prej omenjene raziskave (5, 18, 20, 23). V drugem delu programa se je pacientka uspešno odzvala na povečano zahtevnost vadbe, vendar pa podobno kot v nekaterih predhodnih raziskavah (5, 20) tudi v naši ni prišlo do izboljšanja funkcije okvarjenega zgornjega uda (5). V primerjavi z našo raziskavo, ki je obsegala 11 obravnav, so predhodne študije (5, 18, 20–23,) vključevale večje število obravnav (intenzivnejšo vadbo). Poleg časa po možganski kapi bi to lahko bil vzrok, da se funkcija ni izboljšala. Laver in sodelavci (6) so v pregledu raziskav namreč ugotovili, da pri programih vadbe, ki trajajo skupno manj kot 15 ur, ne pride do izboljšanja motorične funkcije, pri tistih, ki trajajo dalj časa, pa do napredka pride, čeprav razlika med skupinama preiskovancev ni bila statistično značilna. Vzrok, da se funkcija ni izboljšala, bi lahko bila tudi premalo specifična vadba za prenos v funkcijo.

Ker je bila študija sestavni dele razvoja sistema BiMeo, je razumljivo, da program vadbe ni potekal nemoteno. Zaradi napačnega zaznavanja pozicijskih senzorjev in uporabljenega poenostavljenega modela zgornjih udov slika na zaslonu pri nekaterih nalogah v horizontalni ravnini ni ustrezala dejanskemu položaju uda v prostoru. Posledično smo imeli velike težave pri vadbi enoročnih nalog, večkrat smo jih celo izpustili. Težave so se pojavljale tudi pri vadbi dvoročnih nalog v omenjeni ravnini. Pri nalogah v vertikalni ravnini težav ni bilo. Iz rezultatov, pridobljenih s sistemom BiMeo, je razviden večji napredek pri nalogah, ki so potekale brez tehničnih težav. Ponekod so sicer opazne dnevne variacije,

vendar to lahko vsaj delno pripišemo utrujenosti pacientke. Kljub tehničnim težavam je bila pacientka za vadbo zelo motivirana. Domnevamo, da bi bili doseženi rezultati še boljši, če bi naprava brezhibno delovala. Na podlagi informacij, pridobljenih v pilotni študiji, so bili spremenjeni senzorji za merjenje orientacije, nadgrajeni algoritmi obdelave podatkov in narejen model, ki natančno opisuje gibanje zgornjega uda v prostoru.

SKLEP

Štirinajst let po možganski kapi so se pri pacientki po štiritedenskem programu vadbe z napravo BiMeo izboljšale spremenljivke izvedbe gibalnih nalog, vendar pa do izboljšanja funkcijskih sposobnosti okvarjenega zgornjega uda ni prišlo. Kljub temu menimo, da bi bila uporaba sistema BiMeo pri nevroloških pacientih z okvaro zgornjega uda lahko smiselna. Učinke te vadbe je treba raziskati še pri večjem številu preiskovancev s kontrolno skupino. Zaradi preprostosti uporabe bi bilo ob potrjenih pozitivnih učinkih v kliničnem okolju smiselno preizkusiti sistem BiMeo tudi za uporabo v domačem okolju.

LITERATURA

- 1 Hopman MW, Verner J (2003). Quality of life during and after inpatient stroke rehabilitation. *Stroke*. 34 (3): 801–5.
- 2 Whittall J, McCombe WS, Silver HCK, Macko FR (2000). Repetitive Bilateral Arm Training With Rhythmic Auditory Cueing Improves Motor Function in Chronic Hemiparetic Stroke. *Stroke*. 31 (10): 2390–5.
- 3 Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M (2007). Virtual Reality in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review of its Effectiveness for Upper Limb Motor Recovery. *Top Stroke Rehabil*. 14 (2): 52–61.
- 4 Sisto SA, Forrest GF, Glendinning D (2002). Virtual Reality Applications for Motor Rehabilitation After Stroke. *Top Stroke Rehabil*. 8 (4): 11–23.
- 5 Lewis GN, Woods C, Rosie JA, McPherson KM (2011). Virtual reality games for rehabilitation of people with stroke: perspectives from the users. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 6 (5): 453–63.
- 6 Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M (2011). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. (9).
- 7 Ghotbi N, Ansari NN, Naghdi S, Hasson S (2011). Measurement of lower-limb muscle spasticity: Intrarater reliability of Modified Modified Ashworth Scale. *J Rehabil Res Dev*. 48 (1): 83–8.
- 8 Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, Lynne D (1985). Investigation of a New Motor Assessment Scale for Stroke Patients. *Phys Ther*. 65 (2): 175–180.
- 9 Rugelj D, Puh U (2001). Lestvica ocenjevanja motoričnih funkcij oseb po preboleli možganski kapi. *Fizioterapija*. 9 (1): 12–8.
- 10 Staines WR, McIlroy WE, Graham SJ, Black SE (2001). Bilateral movement enhances ipsilesional cortical activity in acute stroke: A pilot functional MRI study. *Neurology*. 56: 401–4.
- 11 Cauraugh JH, Summers JJ (2008). Neural plasticity and bilateral movements: A rehabilitation approach for chronic stroke. *Prog Neurobiol*. 75 (5): 309–20.
- 12 Lum PS, Burgar CG, Van der Loos M, Shor PC, Majmundar M, Yap R (2006). MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *J Rehabil Res Dev*. 43 (5): 631–42.
- 13 Stewart JC, Yeh S-C, Jung Y, Yoon H, Whitford M, Chen S-Y, Li L, McLaughlin M, Rizzo A, Winstein CJ (2006). Pilot Trial Results from A Virtual Reality System Designed to Enhance Recovery of Skilled Arm and Hand Movements after Stroke. *Virtual Rehabilitation International Workshop on*. 11–17.
- 14 Waller SMC, Whittall J (2008). Bilateral arm training: Why and who benefits? *NeuroRehabilitation*. 23 (1): 29–41.
- 15 Liepert J, Bauder H, Miltner WHR, Taub E, Weiller C (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*. 31 (6): 1210–6.
- 16 Sveistrup H (2004). Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroeng Rehabil*. 1 (1): 10.
- 17 Rugelj D (2010). Uravnavanje drže, ravnotežja in hotenega gibanja. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, 37–48.
- 18 Holden M, Todorov E, Callahan J, Bizzi E (1999). Virtual Environment Training Improves Motor Performance in Two Patients with Stroke: Case Report. *Neurol Rep*. 23 (2): 57–67.
- 19 Holden MK, Dyar T (2002). Virtual environment training: a new tool for neurorehabilitation. *Neurol Rep*. 26 (2): 62–74.
- 20 Broeren J, Rydmark M, Björkdahl A, Stibrant Sunnerhagen K (2007). Assessment and Training in a 3-Dimensional Virtual Environment With Haptics: A Report on 5 Cases of Motor Rehabilitation in the Chronic Stage After Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 21 (2): 180–9.
- 21 Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M (2009). Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med*. 41 (12): 1016–20.

- 22 Jang SH, You SH, Hallet M, Cho YW, Park C-M, Cho S-H, Lee H-Y, Kim T-H (2005). Cortical Reorganization and Associated Functional Motor Recovery After Virtual Reality in Patients With Chronic Stroke: An Experimenter-Blind Preliminary Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 86 (11): 2218–23.
- 23 Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Ventura L, Tonin P (2010). Motor learning principles for rehabilitation: a pilot randomized controlled study in poststroke patients. *Neurorehabil Neural Repair.* 24 (6): 501–8.