

# ALI VADBA NA RAVNOTEŽNI PLOŠČI WII Z IGRAMI WII FIT PRI BOLNIKI S PRIDOBLENIMI OKVARAMI PERIFERNIH ŽIVCEV VPLIVA NA RAVNOTEŽJE IN HOJO?

## DOES TRAINING ON THE WII BALANCE BOARD WITH WII FIT GAMES HAVE AN EFFECT ON BALANCE AND WALKING IN PATIENTS WITH ACQUIRED PERIPHERAL NERVE LESIONS?

Aleksander Zupanc, dipl. fiziot., doc. dr. Gaj Vidmar, univ. dipl. psih.  
Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

### Izvleček

#### Izhodišča:

Bolniki s pridobljenimi okvarami perifernih živcev imajo motnje ravnotežja in hoje. Namen raziskave je bil ugotoviti, ali vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit kot dodatek fizioterapevtskim postopkom pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernih živcev izboljša ravnotežje in hojo.

#### Metode:

V opazovalni študiji je sodelovalo 11 bolnikov (6 moških in 5 žensk), povprečne starosti 43,5 let (razpon 15-72 let). Vadba na ravnotežni plošči Wii je potekala poleg fizioterapije vsak dan, v povprečju 30 minut na vadbo, od dva do šest tednov. Pred vadbo in po njej so bili izvedeni ocenjevalni postopki z Bergovo lestvico za oceno ravnotežja, s testom funkcijskega dosega, s testom hoje na 10 metrov in šestminutnim testom hoje.

#### Rezultati:

Po vadbi na ravnotežni plošči Wii je prišlo do statistično značilnega izboljšanja dosežkov na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja v povprečju za 13,8 točk (SD 10,3), na testu funkcijskega dosega v povprečju za 11,0 cm (SD 8,4 cm), hitrosti pri testu hoje na 10 metrov v povprečju

### Abstract

#### Background:

*Patients with acquired peripheral lesions have balance and walking disorders. The aim of our study was to determine if training on the Wii balance board with Wii Fit games improves balance and walking in patients with acquired peripheral nerve lesions.*

#### Methods:

*Our observational study involved 11 patients (6 male, 5 female), aged 43.5 years on average (range 15-72 years). They performed training on the Wii balance board in addition to physiotherapy every day for 30 min per session on average, for two to six weeks. Before and after training the measurements with the Berg Balance Scale, the functional reach test, the 10-meter walk test and the 6-minute walk test were performed.*

#### Results:

*Post intervention measurements showed statistically significant improvements on the Berg Balance Scale for 13.8 points on average (SD 10.3), on the functional reach test for 11.0 cm on average (SD 8.4 cm), on the 10-meter walk test (in terms of speed) for 0.34 m/s on average (SD 0.18 m/s), and on the 6-minute walk test for 114 m on average*

Prispelo/Received: 21. 8. 2014

Sprejeto/Accepted: 5. 10. 2014

E-naslov za dopisovanje / E-mail for correspondence:

aleksander.zupanc@ir-rs.si

za 0,34 m/s (SD 0,18 m/s) in dosežkov na šestminutnem testu hoje v povprečju za 114 metrov (SD 61 m). Vsi bolniki so napredovali na vseh testih.

### Zaključek:

Vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit kot dodatek fizioterapevtskim postopkom pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernih živcev izboljša ravnotežje in hojo ter tako zmanjša tveganje za padce. Za oceno dodatnega doprinosa vadbe s sistemom Wii v primerjavi z običajno fizioterapijo bi bila potrebna randomizirana študija s kontrolno skupino.

### Ključne besede:

fizioterapija, vadba ravnotežja, rehabilitacija, navidezna resničnost, Nintendo

(SD 61 m). All the patients achieved progress on all the clinical tests.

### Conclusion:

The training on the Wii balance board with Wii Fit games as a supplement to physiotherapy improves balance and walking in patients with acquired peripheral nerve lesion, thus reducing their fall risk. To assess the added benefit of the training using the Wii system as compared to standard physiotherapy, a randomised controlled study would be required.

### Key words:

physiotherapy, balance training, rehabilitation, virtual reality, Nintendo

## UVOD

Pridobljene okvare perifernega živčevja se razvijejo zaradi sistemskih bolezni, ki so lahko posledica okužb, avtoimunskega odziva, dolgotrajne izpostavljenosti za telo strupenih snovi, kot stranski učinek zdravljenja zaradi zdravil, radioterapije, kirurških posegov ali zaradi poškodb. Okvarjen je lahko en živec (mononevropatija) ali veliko živcev (polinevropatija). Spekter okvar je širok, od blagih žariščnih ali razpršenih motenj občutljivosti preko blagega zmanjšanja mišične moči do ohlapne tetraplegije s prizadetostjo dihalnih mišic. Klinična slika je zelo različna, napoved izida bolezni pa je odvisna od vzroka za nastanek okvar, obsežnosti, pravočasnega zdravljenja, nastalih zapletov, pridruženih bolezni in starosti bolnika (1). Bolniki s pridobljenimi okvarami perifernih živcev imajo motnje ravnotežja in hoje, kar je povezano s padci ali s poškodbami (2). Za dobro vzdrževanje ravnotežja je pomembno učinkovito delovanje vidnega, vestibularnega in propioceptivnega sistema, ki ustrezno uravnava vzdrževanje telesa znotraj podporne ploskve (2, 3). Okvara senzorično-motoričnega sistema je lahko vzrok za motnje ravnotežja. Znano je, da senzorična vadba ravnotežja pri zdravi starejši populaciji izboljša propiocepcijo in ravnotežje ter zmanjša pogostost padcev (3). Poleg tega so učinke izboljšanja ravnotežja odkrili tudi pri zdravih starejših ženskah, ki so bile vključene v običajno vadbo (4).

Za izboljšanje telesne dejavnosti (tudi ravnotežja) je vse bolj priljubljena vadba v navidezni resničnosti. Eden od izdelkov, ki preko igranja video iger omogoča tudi vadbo ravnotežja, je igralni sistem Nintendo Wii. Sistem je bil razvit za zabavno vadbo v domačem okolju – za razvijanje

spretnosti in dobrega počutja. Je edini igralni sistem za splošno populacijo, ki uporabniku za vadbo nudi tudi ravnotežno ploščo (imenovano Wii) (5). Vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit je pritegnila pozornost strokovnjakov, ki se ukvarjajo s skrbjo za zdravje (6 - 8). Pri zdravih študentih je vadba na ravnotežni plošči Wii izboljšala ravnotežje enako učinkovito kot običajna vadba ravnotežja (2). Rendon in sodelavci so pred kratkim poročali o tem, da je vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit izboljšala ravnotežje in stopnjo zaupanja pri starostnikih ter zmanjšala tveganje za padce (9).

Za fizioterapevte je vadba na ravnotežni plošči Wii lahko dodatna možnost za vadbo ravnotežja, saj jo je mogoče vključiti v vadbene postopke pri osebah z motnjami ravnotežja. Prav tako je taka vadba lahko izziv za bolnike, pri katerih želimo osnovno vadbo ravnotežja nadgraditi z dodatno miselno nalogo. Igre namreč spodbujajo raven miselnega delovanja (10), vadba v navideznem okolju pa lahko izboljša izvedbo gibov v resničnem svetu (11). Vključevanje vadbe ravnotežja s pomočjo navidezne resničnosti pri ženskah nad 56 let zmanjšuje tveganje za padce (12). Prav tako se je vadba na ravnotežni plošči Wii že pokazala kot učinkovita metoda za izboljšanje ravnotežja pri starostnikih, ki živijo v domovih za starejše občane (13, 14), in tudi pri tistih z nevrološkimi okvarami (15, 16). Pri osebah s Parkinsonovo boleznijo so poročali o izboljšanju vsakdanjih dejavnosti po vadbi s sistemom Wii (17). Namen naše raziskave je bil ugotoviti, ali vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit kot dodatek fizioterapevtskim postopkom izboljša ravnotežje in hojo pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernega živčevja.

## METODE

### Preiskovanci

V opazovalni študiji je sodelovalo 11 bolnikov (6 moških in 5 žensk) s pridobljenimi okvarami perifernih živcev, starih od 15 do 72 let (povprečna starost 43,5 let). Bolniki so bili visoki povprečno 170,3 cm (SD 5,7 cm), teški povprečno 77,8 kg (SD 13,3 kg) in so imeli povprečni ITM 26,9 kg/cm<sup>2</sup> (SD 3,8 kg/cm<sup>2</sup>). V vadbenih programih so sodelovali bolniki, ki so bili na rehabilitaciji na URI – Soča in so lahko obremenili spodnje ude ter so bili sposobni vadbe na ravnotežni plošči Wii.

### Ocenjevanje

Pred vadbeno intervencijo in po njej smo ocenili ravnotežje z Bergovo lestvico za oceno ravnotežja (18), stabilnost telesa s testom funkcijskega dosega (19) ter hojo s testom hoje na 10 metrov (20) in šestminutnim testom hoje (21, 22).

### Postopki vadbe

Bolniki so poleg fizioterapevtskih postopkov izvajali tudi vadbo na ravnotežni plošči Wii. Fizioterapevtski postopki so vključevali aktivno asistiranje vaje za izboljšanje mišične moči in vadbo hoje s pripomočkom ter vadbo na sobnem kolesu, skupaj 40 minut dnevno. Vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit je potekala pod nadzorom fizioterapevta od 20 do 45 minut na dan (povprečno 30 minut), petkrat na teden. Vadba je trajala med 10 sej (dva tedna) in 30 sej (šest tednov), odvisno od funkcijskih sposobnosti bolnika in trajanja rehabilitacije. Za vadbo smo uporabili ravnotežno ploščo Wii in igralni sistem Nintendo Wii, ki je sestavljen iz igralne konzole in senzorja. Sistem je bil priključen na televizor z diagonalo 68 cm, oddaljen od tal 170 cm. Ravnotežna plošča Wii je bila postavljena na tla 220 cm od televizorja, pred njo pa navadna hodulja za varnost bolnikov. Pri dveh bolnikih, ki sta začela vadbo sede, smo uporabili leseno klop, ki je bila dolga 118 cm, široka 45 cm in visoka 45 cm.

Ravnotežna plošča Wii je ploščate kvadratne oblike in ima štiri senzorje za zaznavanje pritiska, ki so v kotih plošče. Igralec s prenosi teže na ravnotežni plošči Wii povzroči spremembe obremenitve plošče, podatki pa se preko "bluetooth" povezave sproti prenašajo v igralno konzolo Nintendo Wii. Podatki se nato kot povratna informacija za igralca prikažejo v obliki slike na televizorju. Plošča za delovanje potrebuje štiri AA baterije in je lahko v uporabi do 60 ur (7, 13, 23).

Iz nabora iger Wii Fit smo izbrali igre glede na bolnikove funkcijske sposobnosti in namen vadbe. Bolniki so igrali igre iz sklopa ravnotežnih iger s prenosi teže, nekateri so poleg tega izvajali še vadbo za stabilizacijo položaja (ohranjanje telesnega težišča) in igre iz sklopa mišične vadbe za krepitev ter aerobne vadbe. Izbrali smo igre iz različnih sklopov, ki so opisane v nadaljevanju. Bolniki so statično ali dinamično

zadrževanje telesa vadili z igrami *Polmesec*, *Obračanje trupa* in *Stranski odmik noge*. Vadba pri vseh dejavnostih od igralca zahteva zadrževanje položaja telesnega težišča na podporni ploskvi s pomočjo pike znotraj označenega ciljnega kroga.

#### 1. Igre za vadbo ravnotežja

- *Pingvin* (Igralec je v vlogi pingvina, ki se premika po ledeni plošči. Ledena plošča se nagiba na eno in drugo stran glede na prenos teže igralca na ravnotežni plošči Wii in tako pingvinu omogoča drsenje po površini. Cilj igralca je uloviti čim več rib.)
- *Nagibna miza* (Igralec na ravnotežni plošči Wii prenaša težo telesa z ene na drugo stran, naprej in nazaj, nagibna miza na ekranu pa se nagne v ustrezno smer in pošlje na njej ležeče kroglice v luknjo. Cilj igralca je poslati čim več krogel v luknjo.)
- *Nogomet* (Igralec je v vlogi vratarja, ki brani žoge z odbijanjem z glavo; glede na smer žoge igralec težo prenaša z ene na drugo nogo. Cilj igralca je odbiti čim več žog.)

#### 2. Sklop Joga:

- Polmesec

#### 3. Sklop mišične vadbe:

- *Iztegovanje noge vstran*
- *Obračanje trupa*

#### 4. Aerobna vadba

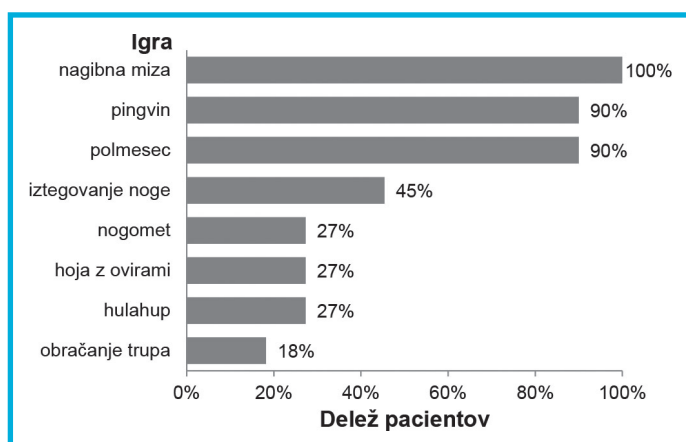
- Hulahup
- Hoja z ovirami

### Analiza podatkov

Za vse zbrane podatke smo izračunali opisne statistike in izdelali grafične prikaze. Razlike v povprečni vrednosti med ocenami oziroma meritvami pred vadbo in po njej smo statistično testirali s testom *t* za odvisne vzorce. Za meritve na razmernostni ravni merjenja smo izračunali tudi relativno izboljšanje. Za prikaz in analizo podatkov smo uporabili elektronsko preglednico Microsoft Excel 2010.

## REZULTATI

Delež iger Wii Fit, ki so jih bolniki vadili na ravnotežni plošči Wii, je prikazan na sliki 1. Igro *nagibna miza* so vadili vsi bolniki, igri *pingvin* in *polmesec* skoraj vsi, najredkeje pa so vadili igro *obračanje trupa*.



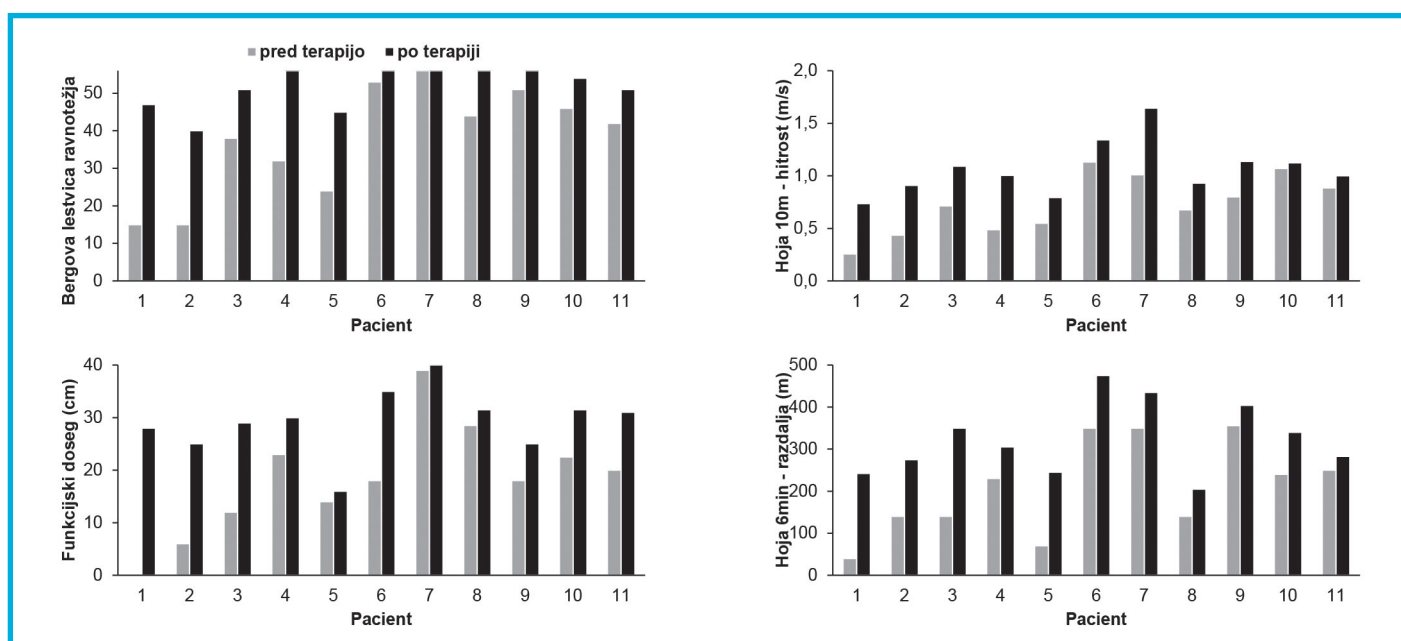
**Slika 1:** Delež iger Wii Fit, ki so jih vadili bolniki na ravnotežni plošči Wii.

**Tabela 1:** Opisne statistike in statistični testi za primerjavo dosežkov bolnikov pred fizioterapijo z vadbo s sistemom Wii in po njej.

Klinični test	Pred programom		Po programu		p (parni test t)
	Povprečje (st. odklon)	Mediana (razpon)	Povprečje (st. odklon)	Mediana (razpon)	
Bergova lestvica ravnotežja	37,8 (14,6)	42 (15-56)	51,6 (5,5)	54 (40-56)	0,0012
Test funkcijskega dosega (cm)	18,3 (10,6)	18 (0-39)	29,3 (6,1)	30 (16-40)	0,0015
Hoja 10 m - hitrost (m/s)	0,73 (0,28)	0,71 (0,26-1,13)	1,06 (0,26)	1,00 (9,74-1,64)	0,0001
Hoja 6 minut (m)	210 (113)	230 (40-356)	324 (86)	305 (205-475)	0,0001

Na vseh kliničnih testih so napredovali vsi bolniki (slika 2); edina izjema je bil bolnik, ki je že na začetku dosegel najvišjo možno oceno na Bergovi lestvici (56 točk – bolnik št. 7). Pred vadbo s sistemom Wii sta dva bolnika hodila samostojno brez pripomočka (dosežek nad 53 točk na Bergovi lestvici), dva pa sta hodila z berglami (46 in 51 točk).

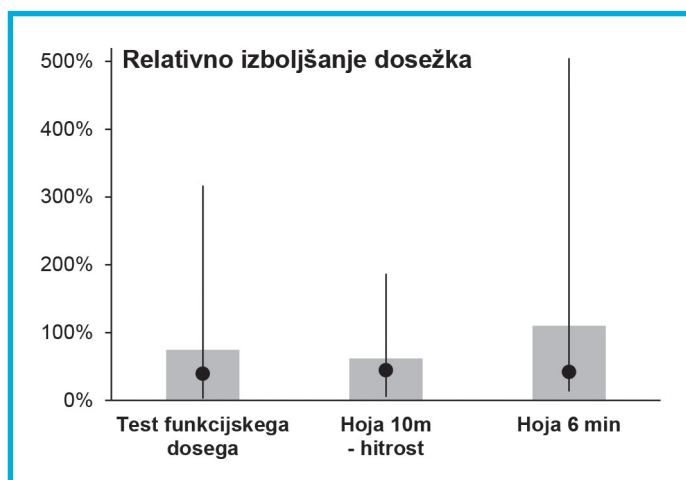
Bolniki, ki so imeli ravnotežje pred vadbo ocenjeno med 15 in 44 (64 %), so pri hoji potrebovali hoduljo. Po vadbi se je stopnja njihove funkcijske samostojnosti in mobilnosti izboljšala, saj pri hoji nihče več ni potreboval hodulje. Šest bolnikov je hodilo brez pripomočka (55 %), pet pa jih je hodilo z berglami (45 %).



**Slika 2:** Dosežki bolnikov s pridobljenimi okvarami perifernih živcev na kliničnih testih pred programom fizioterapije z vadbo na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit in po programu (bolniki so urejeni v padajočem vrstnem redu glede na povprečni standardizirani napredek na vseh uporabljenih testih).



Porazdelitev relativnega izboljšanja (tj. deleža izboljšanja glede na dosežek pred vadbo) je za test funkcijskega dosega, test hoje na 10 metrov in 6-minutni test hoje prikazana na sliki 3. Vidne so velike razlike med bolniki in desna asimetričnost porazdelitve (tj. manjše število bolnikov z izrazitim izboljšanjem). Na vseh treh testih je znašalo mediansko izboljšanje okoli 40 %, povprečno izboljšanje je bilo na 6-minutnem testu hoje (110 %) nekoliko višje kot na testu funkcijskega dosega (74 %) oziroma testu hoje na 10m (62 %).



**Slika 3:** Porazdelitev relativnega izboljšanja za test funkcijskega dosega, test hoje na 10 m in 6-minutni test hoje (sivi stolpec prikazuje povprečje, navpična črta razpon in pika mediano).

## RAZPRAVA

Pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernih živcev smo želeli ugotoviti, ali lahko z vadbo na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit kot dodatkom k fizioterapevtskim postopkom izboljšamo ravnotežje in hojo. Rezultati na kliničnih testih pred vadbo in po njej so jasno in nedvoumno pokazali izboljšanje ravnotežja in hoje.

Večina bolnikov je imela pred vadbo s sistemom Wii ravnotežje okrnjeno in so bili zato ogroženi za padce (24). Oseba, ki ima dobro ravnotežje (46-54 točk) in rezultat na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja izboljša za eno točko, zmanjša tveganje za padce za 6 % (26). Med tremi bolniki, ki so imeli pred vadbo ravnotežje ocenjeno v tem razponu, je po vadbi en bolnik zmanjšal tveganje za padce za 48 %, dve bolnici pa za 30 % oziroma 18 %.

Povprečna ocena na Bergovi lestvici ravnotežja je bila pred vadbo 38 točk, kar pomeni slabo stopnjo funkcijske samostojnosti in mobilnosti v prostoru (27). Bergova lestvica za oceno ravnotežja napoveduje, da posameznik pri hoji potrebuje hoduljo s kolesi, če je ravnotežje ocenjeno z manj kot 43 točkami (27). Povprečni dosežek po vadbi je znašal 51 točk, kar ustreza dobremu ravnotežju.

En bolnik je že pred vadbo dosegel najvišji možni rezultat na Bergovi lestvici (56 točk), kar kaže na učinek stropa (*angl.* ceiling effect), tj. neobčutljivost tega merskega instrumenta pri osebah z višjo sposobnostjo oziroma zelo blagimi motnjami. Kljub temu je znašalo po vadbi izboljšanje na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja v povprečju 14 točk, kot klinično pomembna sprememba za izboljšanje ravnotežja pa se šteje razlika za najmanj 4 do 6 točk (25). Omeniti velja še, da so podobno izboljšanje dosežkov na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja po vadbi na ravnotežni plošči Wii (kot v naši študiji) dosegli pri starejših (32).

Test funkcijskega dosega je povezan s povečanim tveganjem za padce pri starejših, ki ne zmorejo doseči več kot 15 cm (28). Rezultati pred vadbo so bolnike v naši študiji večinoma uvrstili v kategorijo ogroženih za padce, en bolnik pa pred vadbo sploh ni zmožal funkcijskega dosega. Izboljšanje funkcijskega dosega po vadbi je vse bolnike uvrstilo med nizko ogrožene za padce.

Povprečna hitrost hoje pred vadbo je bila nižja, kot so normativne vrednosti pri zdravi populaciji. Povprečna hitrost sproščene hoje zdravih odraslih v starostnih dekadah od 20-29 let do 60-69 let je namreč pri ženskah nad 1,24 m/s, pri moških pa nad 1,34 m/s. Tudi počasnost hoje uvršča bolnike med ogrožene za padce (20). Vadba je vplivala na klinično pomembno izboljšanje hitrosti hoje, saj so bolniki v povprečju izboljšali hitrost za več kot 0,3 m/s.

Vando in sodelavci (29) so poročali, da motorični trening kot samostojna vadba na ravnotežni plošči Wii izboljša ravnotežje pri zdravih preiskovancih. Tudi Zupanc je v primeru preiskovanca z Guillain Barrejevim sindromom, ki je izvajal vadbo na ravnotežni plošči Wii kot samostojno vadbo, poročal o kliničnem izboljšanju ravnotežja in hoje (30). Vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit pri mladih in starejših pospešuje delovanje srčno-žilnega in mišično skeletnega sistema, poveča porabo energije in telesno dejavnost posameznika z lažjo obremenitvijo. Avtorji so v raziskavi prepoznali učinek na zdravje z nizko obremenitvijo, še posebej pri tistih, ki ne zmorejo večjih telesnih obremenitev (31).

Ravnotežna plošča Wii z igrami Wii Fit je učinkovit in uporaben pripomoček za vadbo ravnotežja pri zdravih osebah (2). Ravnotežje je večfunkcijski sistem, zato pri osebah z motnjami ravnotežja vadba na ravnotežni plošči Wii kot samostojna terapevtska metoda ni vedno dovolj, je pa učinkovita kot dodatek k fizioterapevtskim postopkom. Učinki vadbe s sistemom Wii dokazujejo smotrnost njegove uporabe kljub dodatnemu bolnikovemu in fizioterapevtovemu času, ki ga ta vadba zahteva (33).

Glavna pomanjkljivost študije je odsotnost kontrolne skupine, zaradi česar učinkov vadbe ne moremo pripisati izključno sistemu Wii oziroma ne vemo, kolikšen napredek bi bolniki dosegli brez njega zgolj z običajnim fizioterapev-

tskim programom. Poleg tega so bile med bolniki razlike v etiologiji okvare perifernih živcev, času od nastanka bolezni ter trajanju vadbe. Kljub pomanjkljivostim pa so rezultati študije izrazito spodbudni za vadbo na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit z namenom izboljšanja ravnotežja in hoje pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernih živcev. V metodološkem smislu je študija pomembna za načrtovanje randomizirane kontrolirane študije, saj omogoča oceno velikosti pričakovanega učinka vadbe.

## ZAKLJUČEK

Vadba na ravnotežni plošči Wii z igrami Wii Fit kot dodatek k fizioterapevtskim postopkom pri bolnikih s pridobljenimi okvarami perifernih živcev izboljša ravnotežje in hojo, s čimer poveča stopnjo funkcijske samostojnosti in mobilnosti v prostoru ter zmanjša tveganje za padce. Za oceno dodatnega doprinosa vadbe s sistemom Wii v primerjavi z običajno fizioterapijo bi bila potrebna randomizirana študija s kontrolno skupino.

## Literatura:

1. Donofrio PD. Clinical approach to the patient with peripheral neuropathy. V: Donofrio PD, ed. Textbook of peripheral neuropathy. New York: Demos Medical; 2012. p. 1–8.
2. Gioftsidou A, Vernadakis N, Malliou P, Batzios S, Sofokleous P, Antoniou P, et al. Typical balance exercises or exergames for balance improvement? *J Back Musculoskelet Rehabil* 2013; 26: 299–305.
3. Westlake KP, Culham EG. Sensory-specific balance training in older adults: effects on proprioceptive reintegration and cognitive demands. *Phys Ther* 2007; 87: 1274–83.
4. Nitz JC, Choy L. The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomised controlled trial. *Age Ageing* 2004; 33: 52–8.
5. Taylor D. Can Wii improve balance? *N Z J Physiother* 2011; 39: 131–3.
6. Clark RA, McGough R, Paterson K. Reliability of an inexpensive and portable dynamic weight bearing asymmetry assessment system incorporating dual Nintendo Wii Balance Boards. *Gait Posture* 2011; 34: 288–91.
7. Shih CH, Shih CT, Chiang MS. A new standing posture detector to enable people with multiple disabilities to control environmental stimulation by changing their standing posture through a commercial Wii Balance Board. *Res Dev Disabil* 2010; 31: 281–6.
8. Laver K, Ratcliffe J, George S, Burgess L, Crotty M. Is the Wii Fit really acceptable to older people?: a discrete choice experiment. *BMC geriatrics* 2011; 11: 64.
9. Rendon AA, Lohman EB, Thorpe D, Johanson EG, Medina E, Bradley B. The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age Ageing* 2012; 41: 549–52.
10. Levac D, Pierrynowski MR, Canestraro M, Gurr L, Leonard L, Neeley C. Exploring children's movement characteristics during virtual reality video game play. *Hum Mov Sci* 2010; 29: 1023–38.
11. Cameirão MS, Badia SB, Oller ED, Verschure PF. Neurorehabilitation using the virtual reality based rehabilitation gaming system: methodology, design, psychometrics, usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* 2010; 7: 48.
12. Singh DKA, Rajaratman BS, Palniswamy V, Pearson H, Raman VP, Bong PS. Participating in a virtual reality balance exercise program can reduce risk and fear of falls. *Maturitas* 2012; 73: 239–43.
13. Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the Nintendo Wii Balance Board. *Gait Posture* 2011; 33: 303–5.
14. Padala KP, Padala PR, Malloy TR, Geske JA, Dubbert PM, Dennis RA, et al. Wii Fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *J Aging Res* 2012: 1–6.
15. Gil-Gómez JA, Lloréns R, Alcañiz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil* 2011; 23: 30–9.
16. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke* 2010; 41: 1477–84.
17. Pompeu JE, Mendes FA, Silva KG, Lobo AM, Oliveira TdeP, Zomignani AP, Piemonte ME. Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy* 2012; 98: 196–204.
18. Rugelj D, Palma P. Bergova lestvica za oceno ravnotežja. *Fizioterapija* 2013; 21: 15–25.
19. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990; 45: 192–7.
20. Puh U. Test hoje na 10 metrov. *Fizioterapija* 2014; 22: 45–54.
21. Arnadattir SA, Mercer VS. Effect of footwear on measurements of balance and gait in women between the ages of 65 and 93 years. *Phys Ther* 2000; 80: 17–26.
22. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age and gender-related test performance in community-dwelling elderly

- people: Six-minute walk test, Berg balance scale, Timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther* 2002; 82: 128–37.
23. Lange BS, Flynn SM, Chang CY, Ahmed A, Geng Y, Utsav K, et al. Development of an interactive rehabilitation game using the Nintendo WiiFit Balance Board for people with neurological injury. V: 8th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies, Vina del Mar, Valparaiso, Chile, 31 Avg - 2 Sept 2010: 249–54.
  24. Bogle Thorban LD, Newton RA. Use of the Berg balance test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther* 1996; 76: 576–85.
  25. Wood Dauphnee S, Berg K, Bravo G, Williams JI. The balance scale: responsiveness to clinically meaningful changes. *Can J Rehab* 1997; 10: 35–50.
  26. Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, Gruber W. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther* 1997; 77: 812–19.
  27. Stevenson TJ, Connelly DM, Murry JM, Huggett D, Overend T. Treshold Berg balance scale scors for gait-aid use in elderly subjects: a secondary analysis. *Physiother Can* 2010; 62: 133–40.
  28. Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Prescottti B. Functional reach: predictiv validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol* 1992; 47: 93–8.
  29. Vando S, Unim B, Cassario SA, Padulo J, Masala D. Effectivness of perceptual training-proprioceptive feed-back in a virtual visual divers group of healthy subjects: a pilot study. *Epidemiol Biostat Public Health* 2013; 10 (2): 88441–9.
  30. Zupanc A. Vadba na ravnotežni plošči Wii v sedečem položaju pri pacientu z Guillain Barrejevim sindromom. *Fizioterapija* 2014; 22: 55–60.
  31. Mullins NM, Tessmer KA, McCarroll ML, Peppel BP. Physiological and perceptual responses to Nintendo Wii Fit in young and older adults. *Int J Exerc Sci* 2012; 5: 79–92.
  32. Franco JR, Jacobs K, Inzerillo C, Kluznik J. The effect of the Wii Fit and exercise in improving balance and quality of life in community dwelling elders. *Technol Health Care* 2012; 20: 95–115.
  33. Majcen N, Hribernik B, Jevšnik A. Uporaba ravnotežne plošče Wii kot dodatek k standardnim fizioterapevtskim postopkom. *Fizioterapija* 2013; 21: 12–20.