

UČINKI VADBE NA KOORDINACIJO IN SPRETNOST ROKE V NAVIDEZNEM OKOLJU PRI BOLNIKIH S PARKINSONOVO BOLEZNIJO

EFFECTS OF VIRTUAL BOX EXERCISE FOR COORDINATION AND HAND SKILLS IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE

Tatjana Krizmanič, dipl. fiziot., Mateja Vesel, dipl. fiziot., Irena Dolinšek, dipl. fiziot., Dejana Zajc, dipl. del. ter., Alma Hukić, dipl. del. ter., mag. Karmen Peterlin Potisk, dr. med., spec. nevrol., prof. dr. Imre Cikajlo, univ. dipl. inž. el.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Povzetek

Uvod:

Navidezno okolje je novejša metoda, ki se uveljavlja tudi v rehabilitaciji. Namen raziskave je bil preveriti učinek računalniške igre »10 kock« pri bolnikih s Parkinsonovo boleznijo (PB) na spretnost in koordinacijo roke.

Metode:

V raziskavo so bili vključeni bolniki s PB s funkcionalnimi težavami v zgornjih udih in s težavami pri izvajanju dnevnih aktivnosti. V okviru raziskave so bolniki opravljali nalogo, pri kateri so predstavljali navidezne kocke iz razmetanega kupa v zabojnik v navideznem okolju. Pred začetkom obravnave in po zaključku smo bolnike ocenili z več testi za oceno funkcije roke: Jebsenov funkcijski test roke, Test devetih zatičev, Test škatle in kock. Bolnike smo ocenili še z Enotno lestvico za Parkinsonovo bolezen – motorični del.

Rezultati:

Raziskavo je zaključilo 28 bolnikov s PB, 12 moških in 16 žensk. Povprečna starost bolnikov je bila 67 let (razpon od 49 do 80 let). Bolniki so v 3 tednih opravili 10 obravnav za izboljšanje spretnosti in koordinacije roke v navideznem okolju. Vsaka obravnava je trajala 30 minut; razdeljena je bila na pet ponovitev naloge, ki je trajala dve minuti. Po zaključenem programu vadbe so rezultati vseh testov pokazali rahlo izboljšanje spretnosti roke.

Abstract

Introduction:

Virtual reality is a new treatment method which has been introduced also in rehabilitation. The main focus of the research was to examine the impact of virtual box computer game "10 cubes" in patients with PD on skills and co-ordination of their hands.

Methods:

Patients with Parkinson's disease were referred to a regular rehabilitation program and were invited to participate in our research. They all have some difficulties with upper limbs while performing daily activities. For the research purpose, we designed the virtual box exercise. The aim of the exercise was to transfer 10 randomly placed virtual cubes into the box. The patients were evaluated before and after training sessions with Jebsen Hand Function Test, Nine Hole Peg Test, Box and Blocks Test, Unified Parkinson Disease Rating Scale – motor examination (UPDRS III).

Results:

Twenty-eight patients with PD were included, 12 males and 16 females, with mean age was 67 years (range from 49 to 80 years). Patients finished in ten sessions within the period of three weeks. Each therapy lasted for 30 minutes. The therapy was divided into five repetitions, each was 2 minutes long. The outcomes in clinical tests demonstrated a slight improvement in hand function.

Zaključki:

Rezultati raziskave so pokazali, da je lahko vadba za spretnost in koordinacijo roke v navideznem okolju bolnikov s PB primerno dopolnilo rehabilitacijskih obravnav. Rezultati testov so pokazali izboljšanje funkcije roke. Bolniki so bili za vadbo motivirani.

Ključne besede:

Parkinsonova bolezen; navidezno okolje; vadba; zgornji ud

Conclusion:

The results show that performing hand skills and coordination with exergaming could be an additional program to the conventional rehabilitation for patients with PD. Functional tests revealed improvement in hand function. The patients showed great motivation.

Keywords:

Parkinson's disease, virtual environment, exercise, upper limb

UVOD

Parkinsonova bolezen (PB) je počasi napredujoča degenerativna bolezen ekstrapiramidnega sistema, za katero vzrok ni znan. Običajno se začne v kasnejšem življenjskem obdobju, med 35. in 60. letom starosti. Moški zbolijo znatno pogosteje kot ženske (1). Klinični znaki PB so rigidnost (mišična togost), bradikinezija (upočasnjena gibanja), tremor in posturalna nestabilnost. Poleg motenj gibanja se z napredovanjem bolezni lahko pojavijo spremembe duševnih sposobnosti, kot so motnje kognicije (upad spoznavnih, miselnih in spominskih sposobnosti) in motnje čustvanja (depresija). Bolezen velikokrat prizadene tudi avtonomne funkcije (2). Parkinsonova bolezen značilno vpliva na bolnikovo opravljanje dnevnih aktivnosti, njegovo funkcioniranje, sodelovanje in kakovost njegovega življenja v vseh fazah bolezni in pri različni starosti bolnikov (4).

Ključna področja gibanja, na katera lahko vplivamo med obravnavo pri bolnikih s PB, so hoja, ravnotežje, drža, spreminjanje položajev, funkcija roke (poseganje, prijemanje, stisk pesti, pincetni prijem). Vadba z uporabo navideznega okolja omogoča nadzor in izvedbo ponovljivih in terapevtsko usmerjenih nalog. Parametre, kot so trajanje, frekvenca, intenzivnost in način izvedbe naloge, je mogoče nadzorovati ter spreminjati glede na zahtevnost naloge in sposobnosti posameznika (5). Zadnje čase se računalniško podprte igre uporabljajo in razvijajo tudi v rehabilitaciji bolnikov s PB (6, 7). Uporabljajo več vrst komercialnih iger (Nintendo Wii, Kinect Xbox), za motivacijo oseb pri gibanju in vzdrževanju ter izboljševanju spretnosti (6, 8). Igre lahko pri starejši populaciji izboljšujejo kognitivne sposobnosti, spodbujajo učenje in izboljšajo izvedbo aktivnosti (9, 10). Zaradi opisanega smo želeli s pomočjo izsledkov raziskave optimizirati program vadbe spretnosti roke v navideznem okolju, s katero bi izboljšali učinkovitost in spretnost bolnikov s PB (11).

Namen raziskave je bil ugotoviti uporabnost navideznega okolja v rehabilitaciji pri bolnikih s PB ter preveriti učinkovitost računalniške igre »10 kock« pri bolnikih s PB na spretnost in koordinacijo roke.

METODE**Preiskovanci**

V raziskavo smo vključili 28 bolnikov s Parkinsonovo boleznijo, s funkcijskimi težavami v zgornjih udih in s težavami pri izvajanju dnevnih aktivnosti. Vključeni so bili bolniki, ki so imeli težave na obeh straneh telesa, niso pa imeli poslabšanja ravnotežja ter bolniki, ki so imeli blage do zmerne težave, z minimalno posturalno nestabilnostjo, so bili samostojni, ocenjeni po Hoehn in Yahr lestvici s stopnjo 2 do 3 (12).

Vsi bolniki so bili sprejeti v programe rehabilitacije (v programe fizioterapije, delovne terapije, psihološko in logopedsko obravnavo), dodatno pa še v vadbo za izboljšanje spretnosti in koordinacije roke v navideznem okolju. V 3 tednih so opravili 10 obravnav za spretnost in koordinacijo roke v navideznem okolju, vsaka obravnava je trajala največ 30 minut, obravnava je bila razdeljena na pet ponovitev naloge, ki je trajala dve minuti.

Merilni in testni postopki

Pred začetkom obravnave in po zaključku smo bolnike ocenili s testi Jebsenov funkcijski test roke, Test devetih zatičev, Test škatle in kock, Enotna lestvica za Parkinsonovo bolezen - motorični del (*angl.* Unified Parkinsons Disease Rating Scale, UPDRS III).

Jebsenov funkcijski test roke (*angl.* Jebsen Hand Function Test) je standardiziran test funkcije zgornjega uda, ki vključuje različne vrste prijemov in gibov zgornjega uda (13). Test ima potrjeno veljavnost in zanesljivost pri različnih obolenjih (14). S testom lahko merimo hitrost izvedbe naslednjih nalog: pisanje stavka iz 24 črk, labirint, karte, drobni predmeti, žetoni, simulirano hranjenje, navijanje matice na vijak, veliki lahki predmeti in veliki težki predmeti (15). V raziskavi smo uporabili naloge: pisanje, karte, drobni predmeti, žetoni, simulirano hranjenje, veliki lahki predmeti in veliki težki predmeti.

Test devetih zatičev (*angl.* Nine Hole Peg Test) je standardizirano (16) kvantitativno merilno orodje za oceno spretnosti roke, ki

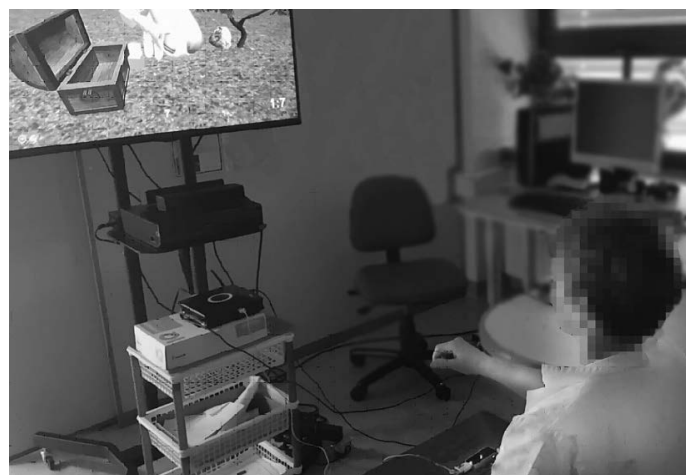
ga v zadnjih letih najpogosteje uporabljajo za oceno funkcijskih sposobnosti zgornjega uda pri različnih bolnikih z nevrološkimi obolenji, med njimi tudi pri bolnikih s PB (17). Preiskovanec z eno roko stabilizira škatlo, z drugo pa čim hitreje vstavlja zatiče, enega za drugim v luknje. Izvedba se začne z dominantno, manj okvarjeno roko in nadaljuje z nedominantno roko oziroma roko, ki je bolj okvarjena. Čas izvedbe se meri s stoparico. Rezultat je izračunano povprečje treh meritev za izvedbo naloge za posamezno roko.

Test škatle in kock (*angl.* The Box and Blocks Test) je standardiziran test za ocenjevanje funkcijskih sposobnosti zgornjega uda. Test sestavlja škatla s 150 lesenimi kockami (2,5 cm x 2,5 cm); škatla je razdeljena na dve polovici. Preiskovanec poskuša v eni minuti prenesti čim več kock iz ene polovice škatle v drugo polovico (18).

Enotna lestvica za Parkinsonovo bolezen (*angl.* Unified Parkinsons Disease Rating Scale (UPDRS)) je najpogosteje uporabljena lestvica pri kliničnem in raziskovalnem delu (19). Namenjena je predvsem za ocenjevanje bolnikove zmanjšane zmožnosti zaradi PB, oceno stopnje bolezni in vrednotenje učinkovitosti delovanja zdravil. UPDRS uporabljajo tako celotno lestvico kot tudi njene posamezne dele (20). Je splošno uporabna v klinični praksi, študije pa so poleg zanesljivosti celotne lestvice potrdile tudi zanesljivost in veljavnost posameznih delov (21). Lestvica je petstopenjska (0 – normalno, 4 – hudo). V raziskavi smo uporabili motorično podlestvico (UPDRS III).

Računalniška igra »10 kock«

Izvajanje naloge z roko (poseg, prijem in spust) je potekalo v navideznem okolju. Gibanje roke, zapestja in prstov je spremljala miniatura 3D kamera (LeapMotion, Inc, ZDA), kar se je odražalo v navideznem okolju. Bolnik je lahko videl svojo dlan in gibanje roke ter prstov kot navidezno roko (desno ali levo). Programska oprema je bila nameščena na prenosni računalnik, slika navideznega okolja je bila prikazana na velikem (42") zaslonu (11). Navidezno okolje je prikazovalo travnato površino, drevesa,



Slika 1: Računalniška igra »10 kock« (URI – Soča, 2016).

Figure 1: The "10 Blocks" computer game (URI – Soča, 2016).

skrito steno, model zabojnika in 10 kock (Slika 1). Vse kocke so bile enake velikosti in oblike, razlikovale so se le po barvi. Računalniška igra je spodbujala koordinacijo gibanja – prijem, prenos in spust kock v zabojnik.

Protokol vadbe

Bolniki so med vadbo sedeli na stolu s hrbtnim naslonom. Prenosni računalnik je bil postavljen na mizi, oddaljeni približno 50 cm od bolnika. Miniatura 3D kamera je bila postavljena na kolenski plošči (mizici) in nameščena na kolenih bolnika. Bolniki so v treh tednih opravili 10 obravnav za spretnost in koordinacijo roke; vsaka vadbena enota je trajala največ 30 minut; razdeljena je bila na pet ponovitev naloge, vsaka je trajala dve minuti. V okviru vadbe so bolniki opravljali funkcionalno nalogo prestavljanja navideznih kock iz razmetanega kupa v predviden zabojnik v navideznem okolju. Bolniki so izvajali nalogo z dominantno roko ne glede na zmanjšano zmožnost posamezne roke.

Statistična analiza

Izmerjene podatke in izsledke kliničnih testov smo medsebojno povezali. Ugotavljali smo neposredni funkcionalni učinek po terapiji. Podatke smo analizirali s programsko opremo MATLAB® in Microsoft® Excel.

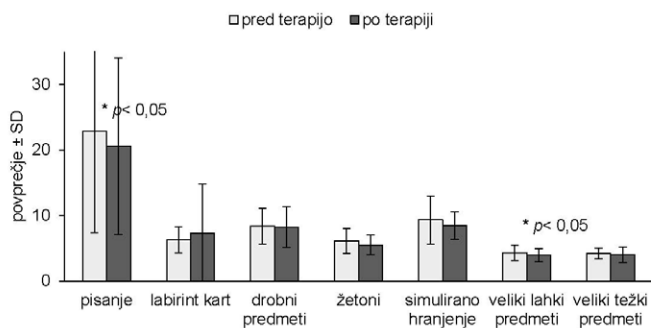
Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko Univerzitetnega rehabilitacijskega inštituta – Soča. Vsi bolniki pa so pred vključitvijo v raziskavo prostovoljno podali pisno privolitev za sodelovanje. Raziskava je del mednarodnega projekta Horizont 2020 (ID 643706) mHealth platform for Parkinson's disease (PD_manager) 2015-2018.

REZULTATI

Raziskavo je zaključilo 28 bolnikov s Parkinsonovo boleznijo, 12 moških in 16 žensk. Povprečna starost bolnikov je bila 67 let (razpon od 49 do 80 let). Bolniki so v treh tednih opravili 10 obravnav za spretnost in koordinacijo roke.

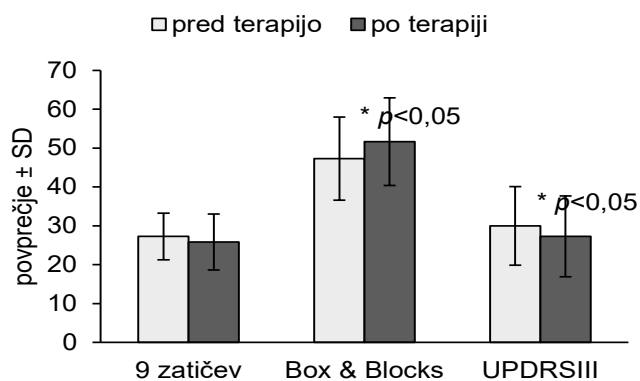
Rezultati testiranja z Jebsenovim testom za funkcijo roke za dominantno roko so pokazali, da je prišlo po terapiji do statistično značilnega izboljšanja funkcije roke. V povprečju se je skrajšal čas pri pisanju stavka iz 24 črk (s 24,3 s [SO 15,1 s] na 20,9 s [SO 12,5 s]), pri žetonih (s 6,3 s [SO 2,1 s] na 5,5 s [SO 1,5 s]) in pri simuliranem hranjenju (s 9,6 s [SO 4,6 s] na 8,7 s [SO 2,3 s]) (Slika 2). Pri ostalih nalogah Jebsenov test za funkcijo roke test ni pokazal sistematičnih sprememb.

Izboljšali so se rezultati za dominantno roko pri testu devetih zatičev (v povprečju s 28,4 s [SO 6,9 s] na 27,1 s [SO 8,0 s]) (Slika 3). Bolniki so pri Testu škatle in kock v eni minuti preložili z dominantno roko v povprečju več kock (sprememba s 46,7 kock [SO 9,7 kock] na 50,2 kock [SO 10,3 kock]; Slika 3).



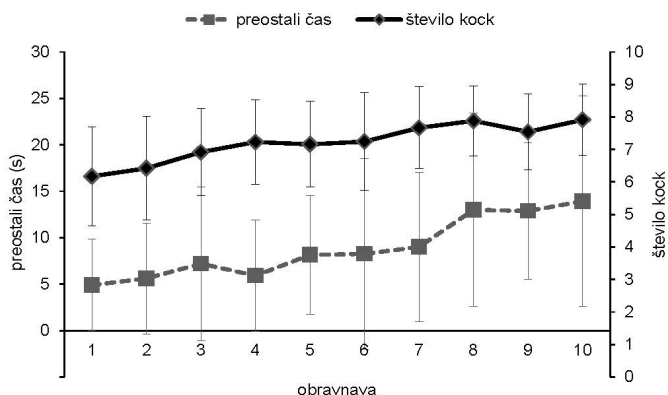
Slika 2: Rezultati Jebsenovega testa za oceno funkcije roke pred vadbo in po njej.

Figure 2: Results of the Jebsen Hand Function Test before and after the training.



Slika 3: Rezultati testov: Test 9 zatičev, test škatle in kock (angl.: Box and Blocks Test), Enotna lestvica za PB, motorični del (UPDRS III) pred in po zaključeni vadbi.

Figure 3: Results of the Nine Hole Peg Test, Box and Blocks Test and Unified Parkinson Disease Rating Scale (motor part III) before and after the training.



Slika 4: Rezultati naloge »10 kock« v navideznem okolju.

Figure 4: Test results in virtual reality (»10 Blocks« test).

Pri bolnikih se je v povprečju izboljšal rezultat pri kliničnem testu Enotne lestvice za Parkinsonovo bolezen – motorični del (s 30,7 točk [SO 9,9 točk] na 28,9 točk [SO 10,6 točk]) kljub veliki razpršenosti dosežkov (Slika 3). Rezultati so pokazali, da je prišlo po treh tednih, po 10 obravnava tudi do izboljšanja prijemanja in prestavljanja navideznih kock. Bolniki so zmogli pri prvi obravnavi v dveh minutah preložiti v zabojnik v povprečju 6,2 kock [SO 1,5 kock], pri 10. obravnavi pa so zmogli preložiti v zabojnik v povprečju 7,9 kock [SO 1,1 kock] še preden je potekel čas (povprečni preostanek časa 13,9 s, SO 11,3 s) (Slika 4).

RAZPRAVA

Ugotoviti smo želeli, kakšna je uporabnost in vpliv računalniške igre »10 kock« na spretnost in koordinacijo roke pri bolnikih s PB. Rezultati vadbe v navideznem okolju so pokazali, da so bolniki po 10 obravnava vadbe roke v navideznem okolju izboljšali prijemanje in prestavljanje navideznih kock v zabojnik. Manj kot polovica bolnikov je zmogla dokončati nalogo, prestaviti 10 kock v zabojnik pred iztekom časa že v drugem in petem sklopu. Pri treh bolnikih je prišlo v 10. sklopu do poslabšanja bolezni, čeprav klinični testi pred in po obravnavi tega niso pokazali. Pri enem bolniku se je podaljšal čas pri Testu devetih zatičev (pred obravnavo 31,02 s po obravnavi 44,35 s). Enemu bolniku pa je uspelo v zadnjih treh obravnava in v vseh petih ponovitvah naloge prenesti vseh 10 kock pred iztekom časa. Tudi testi za oceno funkcije roke so pokazali boljše rezultate po obravnava (Test devetih zatičev v povprečju s 17,6 s na 16,0 s; Test škatle in kock s 73 kock na 77 kock; UPDRS – motorični del z 20 točk na 18 točk).

Rezultati kliničnih testov pred vadbo in po njej za celoten vzorec bolnikov so pokazali, da je prišlo do izboljšanja pri vseh štirih testih. Po Jebsen testu za funkcijo roke se je skrajšal čas pri pisanju stavka iz 24 črk, pri žetonih in pri simuliranem hranjenju. Pri ostalih nalogah po Jebsen testu za funkcijo roke ni bilo opaziti sprememb. Pri nalogah obračanje kart in rokovanju drobnih predmetov se je podaljšal čas izvedbe, pri nalogah veliki lahki predmeti in veliki težki predmeti je čas ostal enak kot pri prvem testiranju. Rezultati testa devetih zatičev so pokazali izboljšanje, čeprav je osem bolnikov po obravnava doseglo slabše rezultate, od tega je bilo pet moških. Na izvedbo testa bi lahko vplivala tudi stopnja ali poslabšanje bolezni (16). Erhart in sodelavci (17) navajajo, da bolniki s PB pri testu devetih zatičev dosegajo v povprečju daljši čas od zdravih vrstnikov. Povprečen čas izvedbe testa devetih zatičev je bil z dominantno roko 31,4 s. V naši raziskavi pa so bolniki dosegli v povprečju 28,4 s. Pri Testu škatle in kock so v naši raziskavi bolniki po zaključeni obravnavi v eni minuti preložili z dominantno roko več kock (povprečje je naraslo iz 46,7 kock na 50,2 kock), še vedno pa so bili rezultati slabši kot pri zdravih vrstnikih. V raziskavi Mathiowetz in sod. (18) so vrstniki, stari med 70 in 74 let, dosegli v povprečju moški 66,3 kock in ženske 68,6 kock. Po zaključeni obravnavi je sedem bolnikov preložilo v eni minuti manj kock kot ob prvem testiranju. Pri bolnikih s PB se lahko simptomi čez dan precej spreminjajo, kar je odvisno od različnih dejavnikov, vključujoč faze izklopa in stresa (23). Pri

bolnikih se je po obravnavi izboljšal rezultat pri kliničnem testu Enotne lestvice za Parkinsonovo bolezen – motorični del kljub veliki razpršenosti dosežkov.

Računalniška igra je spodbujala koordinacijo gibanja, prijem, prenos in spust kock v zabojnik (11). Vadba za spretnost in koordinacijo roke v navideznem okolju z računalniško igro »10 kock« v rehabilitaciji lahko bolnike s PB motivira in je dopolnitev ostalim rehabilitacijskim programom. Pri starejših uporabnikih lahko računalniške igre vplivajo na hitrejši reakcijski čas in hitrejšo procesiranje informacij (9).

ZAKLJUČEK

Vadba za spretnost in koordinacijo roke v navideznem okolju z računalniško igro »10 kock« bolnikov s PB je lahko primerno dopolnilo rehabilitacijskih obravnav. S tako vadbo v navideznem okolju motiviramo bolnike, s tem pa bolniki hitreje in učinkoviteje izboljšajo funkcijo roke. V naši raziskavi so bolniki s PB izvajali nalogo v navideznem okolju z dominantno roko ne glede na funkcijsko sposobnost zgornjega uda. Izkazalo se je, da so imeli bolniki, ki niso bili večji uporabe računalnika, več težav z upravljanjem, ne glede na stopnjo bolezni. Za ugotavljanje statistično značilnega izboljšanja v funkcijski sposobnosti zgornjega uda pri bolnikih s PB bi morali vključiti večje število bolnikov s PB, vadbo za spretnost in koordinacijo roke v navideznem okolju pa bi bolniki izvajali z roko z zmanjšano funkcijsko sposobnostjo.

Literatura:

- Melnik ME. Basal ganglia disorders. In: Umphred DA, ed. *Neurological rehabilitation*. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 1995: 606-36.
- Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2008; 79(4): 368-76.
- Mesec A. Parkinsonova bolezen. *Med Razgl*. 1992; 31(1): 65-76.
- Duncan RP, Earhart GM. Measuring participation in individuals with Parkinson disease: relationships with disease severity, quality of life, and mobility. *Disabil Rehabil*. 2011; 33(15-16): 1440-6.
- Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Matjačić Z. Telerehabilitacija in dinamična vadba ravnotežja z nalogami v navideznem okolju – storitev prihodnosti. *Rehabilitacija*. 2009; 8(1): 17-22.
- Barry G, Galna B, Rochester L. The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence. *J Neuroeng Rehabil*. 2014; 11: 33.
- Cikajlo I, Hukić A, Dolinšek I, Zajc D, Vesel M, Krizmanič T, et al. Telerehabilitation of upper extremities with target based games for persons with Parkinson's disease; 2017. Dostopno na: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?&filter%3DAND%28p_IS_Number%3A8007454%29&searchWithin=cikajlo&pageNumber=1&resultAction=REFINE (citirano 30. 3. 2017).
- Zajc D, Vidmar M. Vloga računalniško podprtih iger v delovni terapiji pri ljudeh s Parkinsonovo boleznijo na URI – Soča: prikaz primera. *Rehabilitacija*. 2016; 15(2): 73-9.
- Torres A. Cognitive effect of video games on older people. In: Sharkey P, ed. *Artabilitation, helping through art: proceedings: the 7th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies with Artabilitation*, 8 to 11 of September, 2008, Maia, Portugal. Reading: University of Reading, School of Systems Engineering; 2008: 191 – 8.
- Pompeu JE, Arduini LA, Botelho AR, Fonseca MBF, Pompeu SMAA, Torriani – Pasin C, et al. Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures!™ for people with Parkinson's disease: pilot study. *Physiotherapy*. 2014; 100(2): 162–8.
- Cikajlo I, Zajc D, Dolinšek I, Vesel M, Krizmanič T. Precise hand movement telerehabilitation with virtual cubes for patients with Parkinson's disease. In: Fardoun, HM, ed. *REHAB 2016: proceedings of the 4th Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques*, 13-14 October 2016, Lisbon, Portugal; 2016: 17-20.
- Wade DT. *Measurement in neurological rehabilitation*. Oxford, New York: Oxford University Press, c1992: 104–5.
- Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, Trotter MJ, Howard LA. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil*. 1969; 50(6): 311-9.
- Bovend'Eerd T, Dawes H, Johansen-Berg H, Wade DT. Evaluation of the Modified Jebsen test of hand function and the University of Maryland arm questionnaire for stroke. *Clin Rehabil*. 2004; 18(2): 195-202.
- Zupančič P, Pogačnik T, Janša J. Funkcijski test roke po Jebsenu. *Med Razgl*. 2000; 39(1): 51-60.
- Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult norms for the nine hole peg test of finger dexterity. *Occup Ther J Res*. 1985; 5(1): 24–38.
- Erhart GM, Cavanaugh JT, Ellis TD, Ford MP, Foreman KB, Dibble L. The 9-hole test of upper extremity function: average values, test-retest reliability, and factor contributing to performance in people with Parkinson disease. *J Neurol Phys Ther*. 2011; 35(4): 157-63.
- Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, Weber K. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther*. 1985; 39(6): 386-91.
- Movement Disorder Society Task Force for Rating Scales for Parkinson's Disease. The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS): status and recommendations. *Mov Disord*. 2003; 18(7): 738-50.
- van Hilten JJ, van der Zwan AD, Zwinderman AH, Ross RA. Rating impairment and disability in Parkinson's disease: evaluation of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale. *Mov Disord*. 1994; 9(1): 84-8.
- Stebbins GT, Goetz CG, Flourney T. Unified Parkinson's Disease Rating Scale: reliability and factorial validity of the motor exam section. *Ann Neurol*. 1991; 30(2): 298.
- Oxford Grice K, Vogel KA, Le V, Mitchell A, Muniz S, Vollmer MA. Adult norms for a commercially available Nine Hole Peg Test for finger dexterity. *Am J Occup Ther*. 2003; 57(5): 570-3.
- Allen DP, Playfer JR, Aly NM, Duffley P, Heald A, Smith SL, et al. On the use of low – cost computer peripherals for the assessment of motor dysfunction in Parkinson's disease – quantification of bradykinesia using target tracking tasks. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2007; 15(2): 286-94.