

# UČINKOVITOST VADBE Z NAVIDEZNO RESNIČNOSTJO PRI PACIENTIH PO MOŽGANSKI KAPI: PREGLED SISTEMATIČNIH PREGLEDOV LITERATURE

## EFFECTIVENESS OF VIRTUAL REALITY TRAINING IN PATIENTS AFTER STROKE: A REVIEW OF SYSTEMATIC REVIEWS

izr. prof. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

### Povzetek

#### Izhodišča:

Za terapevtsko uporabo so v uporabi aktivne video igre zabavne elektronike in sistemi, razviti za rehabilitacijo, ki se med seboj razlikujejo po možnostih prilagajanja sposobnostim pacienta.

#### Metode:

Pregledali smo sistematične pregledne članke, specifične za vadbo za ravnotežje, vadbo za zgornji ud ali vadbo hoje z navidezno resničnostjo pri pacientih po možganski kapi.

#### Rezultati:

V pregled je bilo vključenih 11 člankov. Potrjena je večja učinkovitost vadbe za ravnotežje in vadbe hoje z navidezno resničnostjo po možganski kapi za izboljšanje ravnotežja sede in stoje od ukrepov v primerjalnih skupinah, v kronični fazi pa tudi za izboljšanje premičnosti in/ali hitrosti hoje. Vadba z navidezno resničnostjo je učinkovitejša za izboljšanje motoričnih funkcij zgornjega uda kot standardna obravnava. Pri vadbi za zgornji ud je potrjena superiornost sistemov navidezne resničnosti, razvitih za rehabilitacijo, v primerjavi s standardno obravnavo, vendar le, če se pri vadbi upošteva vsaj osem načel nevrorehabilitacije.

#### Zaključek:

Navidezna resničnost je lahko učinkovito orodje za izboljšanje gibalnih sposobnosti po možganski kapi, če izberemo pacientovim sposobnostim primerno in specifično za njegove

### Abstract

#### Background:

Active video games, designed for entertainment or rehabilitation, which differ in the possibility of adaptation to the patient's abilities, are used to improve movement in patients after stroke.

#### Methods:

Systematic reviews specifically addressing balance training, upper limb training, or gait training with virtual reality (VR) in patients after stroke were reviewed.

#### Results:

Eleven articles were included in the review. VR during balance or gait training in patients after stroke is more effective in improving balance in sitting and standing than control interventions and also in improving mobility and/or walking speed in the chronic phase. The VR training is more effective than conventional treatment in improving upper limb motor functions. VR systems designed for upper limb rehabilitation are superior to conventional treatment, but only if at least eight principles of neurorehabilitation training are followed.

#### Conclusion:

VR can be an effective tool for improving movement abilities after stroke if it is selected according to the patient's abilities and specific to their treatment goals, the difficulty of the task is adjusted as needed, and later the training difficulty is appropriately increased.

terapevtske cilje, zahtevnost, če je treba, prilagodimo, nato pa vadbo primerno stopnjujemo.

### **Ključne besede:**

navidezna resničnost; resne igre; motivacija; fizioterapija; delovna terapija

### **Key words:**

*virtual reality; serious games; motivation; physiotherapy; occupational therapy*

## **UVOD**

Navidezna resničnost, ustvarjena z računalniško tehnologijo, omogoča pacientu, da se premika oziroma je dejaven v navideznem okolju, ki ga zaznava podobno resničnemu. Stopnje potopitve v navidezno okolje (simulacija realnih predmetov in dogodkov) so različne. Najpogosteje se uporablja neimerzijska metoda, pri kateri je navidezno okolje prikazano na zaslonu ali projekciji na steno pred pacientom. Za polimerzijsko metodo se uporablja veliko ukrivljeno projekcijsko platno ali več ekranov, za imerzijsko metodo pa projekcijska očala, ki ustvarijo 3D iluzijo, da je vadeči v resnici v navideznem okolju. Višja ko je stopnja potopitve, manj stika ima vadeči z zunanjim fizičnim svetom, kar izboljša njegovo pozornost.

Za terapevtsko uporabo se za izboljšanje gibanja uporabljajo aktivne video igre, ki so postale eno od orodij v rehabilitacijski in bolnišnični obravnavi (1). Tako se uporabljajo: a) v prosti prodaji dostopni sistemi (konzole in igre) zabavne elektronike, ki so bili primarno razviti za rekreacijo, ali b) sistemi, razviti za rehabilitacijo (fizioterapijo, delovno terapijo), katerih igre so imenovane tudi resne igre. Za rehabilitacijo je bilo razvitih tudi več iger, ki izkoriščajo senzorno tehnologijo zabavne elektronike, na primer Rewire (2, 3) ali VSTEP (4).

Ankete kažejo, da se vadba z navidezno resničnostjo v klinični praksi (25,8 % možganska kap, 15,3 % nezgodna poškodba možganov, 14,9 % mišično-skeletni sistem, 10,5 % cerebralna paraliza) večinoma uporablja za izboljšanje ravnotežja in telesne pripravljenosti (1), v uporabi je tudi za aerobno vadbo po možganski kapi (5). V fizioterapiji po možganski kapi se poleg uporabe sistemov zabavne elektronike (6, 7), za izboljšanje vzdržljivosti srčno-žilnega sistema uveljavlja vadba stopanja v različne smeri in visokega korakanja na mestu (4) ter kolesarjenje (8) z navidezno resničnostjo. Glede na sistematične preglede, povzete v nadaljevanju, je uporaba navidezne resničnosti razširjena še za vadbo hoje in funkcijskih sposobnosti zgornjega uda. Vadba z navidezno resničnostjo večinoma vključuje gibanje celega telesa (veliki obsegi gibljivosti in/ali spodbuja ravnotežje in koordinacijo gibanja), nekatere naloge/sistemi pa spodbujajo povečanje aktivne gibljivosti posameznih sklepov spodnjih (9) ali zgornjih udov (npr. Kinestica BiMeo, Tyromotion). Pri pacientih po možganski kapi se večinoma uporablja neimerzijska metoda, manj polimerzijska, imerzijska pa redko (10, 11).

Pri vadbi za ravnotežje z navidezno resničnostjo pacient izvaja gibalne naloge oziroma igre v navideznem okolju. Gibanje telesa lahko zaznavajo senzori v pritiskovni plošči (npr. ravnotežna plošča Nintendo Wii, Tyromotion Tymo, Kinestica Equio), upravljavca v roki (npr. Nintendo Wii), kamera (npr. Microsoft Kinect 360, Kinect One) ali senzori opornega stojala (npr. Balance Trainer).

Za izboljšanje funkcijskih sposobnosti zgornjega uda se uporabljajo naloge oziroma igre pobiranja in prenašanja predmetov, pa tudi kompleksnejše, na primer športne igre (npr. tenis, golf). Nekatere spodbujajo gibanje celega zgornjega ud, druge pa funkcijo roke in/ali prstov (12). Senzorji gibanja so lahko v upravljavcu v roki, kameri, na pacientovem telesu (npr. Kinestica Bimeo, Hocoma Armeo Senso), če se navidezna resničnost uporablja za vadbo z robotsko ali elektromehansko napravo, pa na eksoskeletu (npr. Hocoma Armeo Power ali Armeo Spring). Poleg neimerzijske se uporablja tudi imerzijska metoda s projekcijskimi očali in upravljavci za roki (npr. HTC Vive). Pomembna pomanjkljivosti vadbe z navidezno resničnostjo, ki je še posebej izrazita pri vadbi za zgornji ud, pri kateri se pogosto prijemajo navidezni predmeti, je odsotnost taktilne povratne informacije. Pri nekaterih sistemih, razvitih za rehabilitacijo, so to pomanjkljivosti zmanjšali z vibracijo prek rokavic (12).

Vadba hoje z navidezno resničnostjo se izvaja na tekočem traku, redkeje v kombinaciji z vadbo hoje s pomočjo robotskih naprav (10). Pacient hodi v navideznem okolju (npr. ulica, cesta ali park v različnih vremenskih pogojih), to je lahko dopolnjeno z nalogami (npr. zbiranje kovancev, prestopanje ovir, iskanje predmetov). V Sloveniji sta v uporabi sistema Zebris, ki gibanje zaznava s kamero, in Locomat s senzori na eksoskeletu. Oba sta primarno namenjena rehabilitaciji. Najpogosteje se uporablja neimerzijska metoda z ekranom (Zebris, Locomat), redkeje projekcija na tekoči trak (Zebris). V nekaj raziskavah po možganski kapi so uporabili tudi polimerzijsko ali imerzijsko metodo (10).

Z jasnimi vidnimi vodili (cilji) gibanja v navideznem okolju se lahko navodila in povratna informacija, ki bi jo pri standardni obravnavi pacient prejel od terapevta, avtomatizirajo. Sodelovanje v navideznem okolju omogočajo senzori, ki zaznavajo gibanje telesa, s katerim vadeči opravlja naloge oziroma igre, ter omogočajo sprotne prikaz njegove izvedbe na projekciji. Poleg vidnih vodil naloge, pacient prejema tudi sprotne poudarjene povratne

informacije (vidne in slušne), ki so lahko pozitivne (znak pravilne izvedbe ali doseženega cilja) ali negativne. Tako lahko sproti spremlja uspešnost izvedbe svojega gibanja in doseganja ciljev. Opisani sta dve skupini poudarjenih povratnih informacij (13, 14):

- **Poznavanje rezultatov:** eksplicitne povratne informacije; znanje o izidu gibalne naloge oziroma igre ob njenem zaključku (ali je cilj dosežen ali ne; čas izvedbe, natančnost, prikaz napak).
- **Poznavanje izvedbe:** implicitne povratne informacije med izvedbo; znanje, ki je pridobljeno iz vidne predstavitve podatkov o kinematiki gibanja, kakovosti gibalnega vzorca (sproten prikaz gibanja uda in pravilne trajektorije, avatar, ki odseva gibanje vadečega, sproten prikaz hitrosti ali sinergij/nadomestnih gibov) ali zvok korakov, pisni ali glasovni komentarji izvedbe.

Nekatere gibalne naloge v navidezni resničnosti (videoigre) vključujejo elemente igre: imajo neko splošno temo ali cilj, vsebujejo dodatne izzive za vadečega in izvedbo točkujejo. Druge pa vadečemu posredujejo le vidno ali slušno povratno informacijo med izvedbo naloge (npr. abdukcija v ramenskem sklepu) (15).

## Prilagajanje iger sposobnostim pacienta

Pomemben dejavnik uporabnosti videoiger za fizioterapijo pri nevroloških pacientih je prilagajanje hitrosti igre, ki določa, kako hiter mora biti gibalni odgovor vadečega. Glede na nadzor hitrosti se igre delijo na:

- igre, v katerih, podobno kot pri standardni fizioterapevtski vadbi, hitrost **določa igravec** (npr. igre Wii Fit: pingvin, ravnotežni mehurček, nagibna miza), in
- igre, v katerih hitrost **določa igra**. Previsoka hitrost lahko povzroči frustracije pri igranju in zmanjšuje zadovoljstvo in motivacijo za terapijo (16).

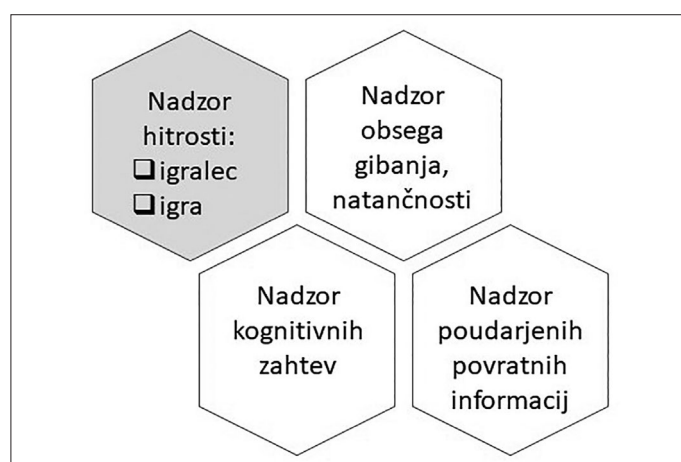
Pri sistemih, razvitih za rehabilitacijo, je več možnosti izbire iger, pri katerih hitrost določa igravec ali nastavitve oziroma izbire posameznemu pacientu primerne hitrosti določene igre. Nekatere videoigre spodbujajo premik v določen položaj in zadrževanje tega položaja za določen čas (stabilizacijo), kar je pogost fizioterapevtski cilj.

Po vzoru standardne fizioterapije sistemi za vadbo z navidezno resničnostjo, namensko razviti za rehabilitacijo, poleg nadzora hitrosti, omogočajo terapevtu tudi druge možnosti prilagajanja in stopnjevanja težavnosti igre in s tem zahtevnosti vadbe (slika 1). To omogoča vadbo pri težavnosti, ki je primerna pacientovim sposobnostim (16) ter tako razširi skupino pacientov, ki lahko vadijo z navidezno resničnostjo.

- Določanje posamezniku primerne obsega gibanja ali natančnosti gibanja: npr. dolžina ali višina koraka pri VSTEP, za vsako nogo posebej (4); prilagoditev občutljivosti pritiskovne plošče pacientovim mejam stabilnosti ali izbira ustrezne velikosti košare pri lovljenju sadja (Equio, Tymo).
- Igre, razvite za rehabilitacijo imajo pogosto preprostejšo grafiko in zvok in s tem manj kompleksna in bolj specifična vidna vodila za gibanje (cilje igre) ter manj motečih dejav-

nikov. Nadzor kognitivnih zahtev terapevtu omogoča izbiro preprostejše grafike (npr. Equio) ali izbiro poenostavljene različice igre (npr. Kokoš pri Tymo), kar lahko omogoči uporabo pri pacientih z motnjami pozornosti. Na drugi strani pa postopno stopnjevanje težavnosti omogoča tudi dodajanje dvojne naloge (npr. izogibanje ribiških mrež ali gnilega sadja med primarno nalogo igre pri Equio). Dvojno pozornost spodbujajo tudi tako imenovane kognitivne igre med vadbo za ravnotežje (spomin, povezovanje števil, matematične naloge).

- Nekateri sistemi za vadbo z navidezno resničnostjo v rehabilitaciji (npr. Locomat in Armeo) omogočajo terapevtu tudi izbiro vrste poudarjenih povratnih informacij ter kdaj jo pacient prejme (med vadbo ali takoj po njej). Slednje je za motorično učenje ugodnejše.



**Slika 1:** Raznovrstno prilagajanje iger sposobnostim pacienta, ki ga lahko omogočajo sistemi za vadbo v navidezni resničnosti, razviti za rehabilitacijo.

**Figure 1:** A variety of game adaptations to the patient's abilities that can be made possible by virtual reality training systems developed for rehabilitation.

Na temo učinkovitost vadbe z navidezno resničnostjo je objavljenih že veliko sistematičnih pregledov literature z metaanalizami. Zaradi večje uporabnosti ugotovitev v klinični praksi je bil namen tega pregleda povzeti le ugotovitve sistematičnih pregledov literature, ki so specifične za vadbo za ravnotežje, vadbo za zgornji ud ali vadbo hoje.

## METODE

V podatkovni zbirki PubMed je bila uporabljena iskalna kombinacija (virtual reality OR active video games OR exergames [Title]) AND (stroke OR poststroke [Title]) AND (systematic review [Filter]). Iskanje je zajelo vse objave do 11. februarja 2022. V pregled so bili vključeni sistematični pregledni članki randomiziranih kontroliranih poskusov, objavljeni v angleškem jeziku z metaanalizo ali brez nje, v katerih so ugotavljali učinkovitost vadbe z navidezno resničnostjo, specifično za ravnotežje, za zgornji ud ali za vadbo hoje, ali so navedeno analizirali ločeno. Če je bilo na enako temo najdenih več člankov, je bil izbran tisti, v katerem

so pregledali več raziskav oziroma je bil aktualnejši in kakovostnejši. Dodatno so bile pregledane še klinične smernice (17), ki so ustrezale navedenim merilom za vključitev.

## REZULTATI

V pregled je bilo vključenih enajst sistematičnih preglednih člankov (10, 12, 14, 15, 17–23), od tega so v štirih ugotavljali učinkovitost vadbe za ravnotežje (17–20), v šestih vadbe za zgornji ud (12, 14, 15, 21–23) in v treh vadbe hoje (10, 17, 20).

### Vadba za ravnotežje

Na splošno kaže, da je vadba za ravnotežje z navidezno resničnostjo, dodana k standardni fizioterapiji, zmerno učinkovitejša za izboljšanje ravnotežja sede in stoje od same standardne fizioterapije (18). Pri pacientih manj kot šest mesecev po možganski kapi dokazi dobre kakovosti kažejo, da je vadba za ravnotežje z neimerzijsko metodo navidezne resničnosti dodana drugim fizioterapevtskim postopkom, učinkovitejša za izboljšanje ravnotežja sede in stoje, ne pa za izboljšanje premičnosti (19). Prav tako ni bila potrjena večja učinkovitost imerzijske metode za izboljšanje enih ali drugih izidov pri tej subpopulaciji (19). Pri pacientih v kronični fazi po možganski kapi je vadba za ravnotežje z navidezno resničnostjo (samostojna ali kombinirana z drugimi fizioterapevtskimi postopki) učinkovitejša od terapevtskih ukrepov v primerjalnih skupinah, ne le za izboljšanje ravnotežja sede in stoje, temveč tudi za izboljšanje premičnosti (20). Avtorji te metaanalize so ločeno obravnavali vadbo na pritiskovni plošči Wii, za katero pa večje učinkovitosti v izboljšanju ravnotežja sede in stoje ter premičnosti v primerjavi z ukrepi v primerjalnih skupinah niso potrdili (20). Šibki dokazi kažejo, da je vadba za ravnotežje z navidezno resničnostjo lahko učinkovitejša za izboljšanje hitrosti hoje od ukrepov v primerjalnih skupinah pri pacientih v kronični fazi po možganski kapi, ki hodijo samostojno (17).

### Vadba za zgornji ud

Vadba za zgornji ud z navidezno resničnostjo je enako učinkovita za izboljšanje motoričnih funkcij ali količine uporabe zgornjega uda kot enaka količina standardne obravnave (dokazi nizke kakovosti) (21). Vendar pa vadba za zgornji ud z navidezno resničnostjo, ki je dodana standardni obravnavi, poveča količino terapije v tej skupini in posledično bolj izboljša funkcijske sposobnosti zgornjega uda (dokazi nizke kakovosti) (21). Pozneje so ugotovili, da je vadba za zgornji ud z navidezno resničnostjo učinkovitejša za izboljšanje motoričnih funkcij in/ali funkcijskih sposobnosti zgornjega uda od standardne obravnave (12, 15), pri čemer vpliva količine vadbe z navidezno resničnostjo, količine celotne vadbe ali elementov igre niso potrdili (15). Po drugi strani pa so isti avtorji z analizo, ki ni vključevala le randomiziranih kontroliranih poskusov, ugotovili, da je izboljšanje po terapiji 10,8 odstotka večje, če vadba vključuje elemente igre, ne le vidno povratno informacijo (15). Vadba z navidezno resničnostjo (brez kombinacije z živčno-mišično elektrostimulacijo ali robotskimi napravami) bolj izboljša motorične funkcije in osnovne dejavnosti vsakodnevnega

življenja kot standardna obravnava ali placebo. Nasprotno pa v učinkovitosti za izboljšanje funkcijskih sposobnosti zgornjega uda niso ugotovili razlik (22). Navedeno izboljšanje je večje pri pacientih z zmerno do hudo stopnjo ohromelosti zgornjega uda, prav tako ima vadba z imerzijsko metodo večje pozitivne učinke, z neimerzijsko pa manjše (22).

Vadba z uporabo sistemov za navidezno resničnost, razvitih za rehabilitacijo, se je izkazala za učinkovitejšo v izboljšanju motoričnih funkcij in funkcijskih sposobnosti zgornjega uda (vključno z osnovnimi dejavnostmi vsakodnevnega življenja) od standardne obravnave (12, 14), ugotovitve za vadbo s sistemi zabavne elektronike pa so nekonsistentne (12, 14). Superiornost sistemov, razvitih za rehabilitacijo, je bila značilna tudi ob upoštevanju količine vadbe (analiza raziskav z vsaj 60 minutami vadbe z navidezno resničnostjo na dan) in je bila povezana s kombinacijo načel nevrorehabilitacije (14). Sistemi navidezne resničnosti, razviti za rehabilitacijo, v kombinaciji z robotskimi napravami ali brez nje so učinkovitejši za izboljšanje motoričnih funkcij in funkcijskih sposobnosti zgornjega uda ter sodelovanja v skupnosti v primerjavi s standardno obravnavo (23). Vendar je izboljšanje prvih dveh kategorij učinkovitejše le, če se pri vadbi z navidezno resničnostjo upošteva vsaj osem od enajstih prej omenjenih načel nevrorehabilitacije, večja učinkovitost v izboljšanju motoričnih funkcij pa je potrjena tako za subakutno kot kronično fazo po možganski kapi (23). Čeprav je za trdne zaključke še premalo raziskav, kaže, da vadba z navidezno resničnostjo za zgornji ud, s sistemi, razvitimi za rehabilitacijo, izboljša tudi kognitivne funkcije (12).

### Vadba hoje

Vadba hoje z navidezno resničnostjo izboljša časovno-prostorske spremenljivke hoje, premičnost in statično ter dinamično ravnotežje sede in stoje (10). Pri tem je učinkovitejša od vadbe hoje na tekočem traku brez navidezne resničnosti (10, 20). Trdni dokazi kažejo, da je vadba hoje z navidezno resničnostjo učinkovitejša od ukrepov v primerjalnih skupinah za izboljšanje hitrosti hoje pri pacientih v kronični fazi po možganski kapi, ki hodijo samostojno (17).

### Neželeni učinki

Manjše število pacientov po možganski kapi je po vadbi z navidezno resničnostjo poročalo o bolečini, glavobolih ali vrtoglavici. Resnih neželenih učinkov ni bilo (21). Kot možen učinek navajajo tudi zvišan mišični tonus med vadbo z navidezno resničnostjo (21), kar je verjetno posledica intenzivnejše telesne dejavnosti in ga z ustreznim raztezanjem na koncu vadbe lahko inhibiramo.

## RAZPRAVA

Treba se je zavedati, da je vadba z navidezno resničnostjo lahko učinkovita zaradi njene sposobnosti spodbuditi mehanizme okrevanja, ne zaradi tehnologije (14). Prednosti terapevtske uporabe navidezne resničnosti so, da preprečuje monotonost

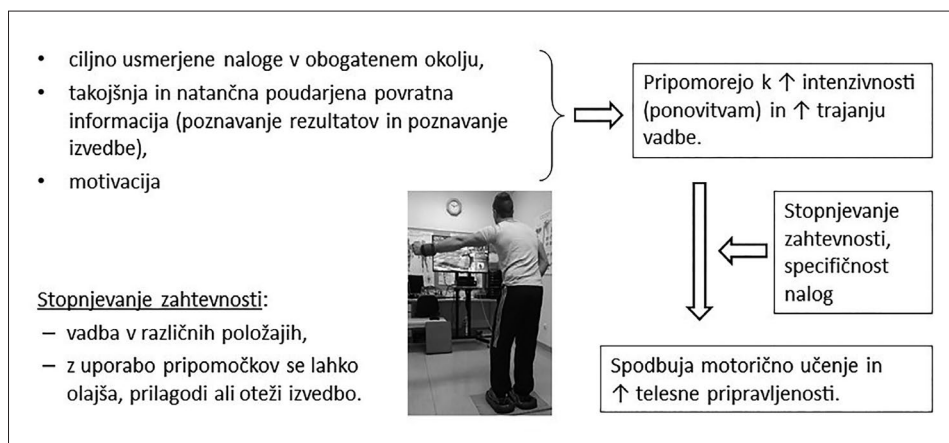


vadbe in dolgčas, zviša motivacijo in izzive za paciente in omogoča intenzivnejšo vadbo z daljšim trajanjem ter tako ob primernem stopnjevanju in specifičnosti nalog spodbudi motorično učenje in izboljšanje telesne pripravljenosti (slika 2). Motivacija je pogosto glavni argument za uporabo aktivnih videoiger v rehabilitaciji (4, 24). Pacienti po možganski kapi jih dojemajo kot zabavne vadbene igre, ne kot terapevtsko obravnavo, kar poveča motivacijo in vztrajanje pri vadbi (25). K motivaciji prispeva več dejavnikov, ti vključujejo točkovanje igre, povratno informacijo o izvedbi, pravo mero izziva in zadovoljstvo (Bermúdez I Badia et al., 2015; cit. po: 4). Zadovoljstvo je povezano z zavzetostjo za motorično učenje v navideznih okoljih, verjetno spodbuja motivacijo (24) in vodi v več časa trajajočo, intenzivnejšo dejavnost, ki je potrebna za plastične spremembe živčevja, mišično-skeletnega in srčno-žilnega sistema po možganski kapi (4). Potrjeno je, da vadba z navidezno resničnostjo pri pacientih po možganski kapi povzroči spremembe plastičnosti možganov, ki odražajo mehanizme pravega okrevanja živčevja kot tudi nadomeščanje okvarjenih možganskih funkcij (26). Pozitivna korelacija med plastičnimi spremembami v možganih in funkcijskim okrevanjem razjasni mehanizme terapevtskih učinkov navidezne resničnosti pri tej populaciji (26).

Sistematični pregled (20), v katerega je bilo zajetih le sedem raziskav o učinkovitosti vadbe na pritiskovni plošči Wii, ni pokazal superiornosti za izboljšanje ravnotežja in premičnosti glede na ukrepe v primerjalnih skupinah. Ugotovitve o večji učinkovitosti vadbe za zgornji ud s sistemi zabavne elektronike v primerjavi s standardno obravnavo pa so nekonsistentne (12, 14). Sistemi zabavne elektronike so cenovno dostopnejši, imajo visokokakovostno grafiko in raznolikost. Imajo pa tudi več pomembnih omejitev za terapevtsko uporabo. Pogosto predstavitev ni iz uporabnikove perspektive, ne dosegajo terapevtskih ciljev, ne merijo za terapijo pomembne izvedbe in ne spodbujajo zelenih gibalnih vzorcev (27, 28). Spodbujanje neželenih gibalnih vzorcev je še posebno problematično pri pacientih po možganski kapi z asimetričnim gibanjem. O pomanjkanju nadzora pri nastavljenosti parametrov igre, kot je hitrost ali težavnost igre pri teh sistemih, so poročali tako terapevti kot pacienti (16). Da bi olajšali njihovo uporabo v fizioterapiji, so objavili analize iger Wii Sports in Wii Fit (13) ter Kinect Adventures in Kinect Sports za Xbox 360 (29, 30), v katerih so izpostavili elemente motoričnega učenja in terapevtske vadbe. Kljub navedenim omejitvam je v klinični praksi najbolj

razširjena uporaba sistema Nintendo Wii, v 41 odstotkih (1), oziroma Nintendo Wii Fit (31). Če je to potrebno, se način igranja lahko nekoliko prilagodi zmanjšanim sposobnostim pacienta (npr. igranje sede na ravnotežni plošči Wii ali stoje s standardno hoduljo za oporo, pritrditev upravljalca z opornico). Uporaba kamere Kinect ali drugih sistemov za navidezno resničnost s kamerami je lahko pri nevroloških pacientih neizvedljiva, ker digitalizacija telesa vadečega ne dovoljuje neposredne bližine terapevta. To je verjetno eden od razlogov za manj številne raziskave s sistemom Kinect (32). Žal so najbolj razširjena sistema zabavne elektronike (Nintendo Wii, Microsoft Kinect 360), ki sta vključevala več aktivnih videoiger, primernih za uporabo pri pacientih, že prenehali proizvajati. So pa po zelo ugodnih cenah dosegljivi v trgovinah z rabljeno elektronsko opremo in videoigami. Ker so igre zabavne elektronike v celoti kompleksnejše, prilagodljivost težavnosti potrebam in sposobnostim posameznika pa ni mogoča (13, 33), mora terapevt med razpoložljivimi izbrati za pacienta primerne igre, ki bodo ustrezale njegovim sposobnostim in omogočile doseganje terapevtskih ciljev. Zaradi navedenega je uporaba teh sistemov primerna pri funkcijsko zmogljivejših pacientih po možganski kapi in drugih.

Analiza izvedbe postopkov vadbe (34), kot so jih opisali avtorji raziskav o uporabi v prodaji dostopnih sistemov navidezne resničnosti (zabavne elektronike in razvitih za rehabilitacijo) za izboljšanje ravnotežja in hoje, je pokazala pomanjkljive klinične utemeljitve za uporabo te tehnologije, izbire iger ter vloge terapevta. Če je bilo navedeno, so vadbo z navidezno resničnostjo večinoma nadzorovali in varovali fizioterapevti (34). Tudi naše izkušnje z uporabo sistemov zabavne elektronike, pa tudi sistemov, razvitih za rehabilitacijo pri pacientih po možganski kapi, kažejo, da je prisotnost fizioterapevta potrebna za zagotavljanje optimalnega gibanja in varnosti. To ni skladno s trditvijo avtorjev pregleda Cochrane (21), da zaradi sprotnih povratnih informacij o izvedbi nekateri sistemi omogočajo, da pacient vadi brez terapevtovega nadzora. Verjetno je to izvedljivo, če naloga za ravnotežje posameznika ni (dovolj) zahtevna, kar pa terapevtsko ni smiselno. Le v redkih raziskavah so navedli prilagajanje vadbe potrebam posameznika in vrste povratnih informacij (34). Treba se je tudi zavedati, da poudarjene informacije niso naravna posledica gibanja, na začetku motoričnega učenja so koristne, nato pa jih je treba postopno zmanjševati, da se začne pacient med gibanjem ponovno zanašati na svoje lastne povratne informacije.



**Slika 2:** Pomembni elementi vadbe z navidezno resničnostjo v fizioterapiji ter njihov vpliv na motorično učenje in telesno pripravljenost.

**Figure 2:** Important elements of virtual reality exercise in physiotherapy and their impact on motor learning and physical fitness.

Maier et al. (14) so izpostavili 11 načel nevrorehabilitacije. Vrednotenje teh načel je pokazalo, da avtorji raziskav z uporabo sistemov zabavne elektronike poudarjajo raznoliko vadbo, spodbujanje uporabe okvarjenega zgornjega uda in količino vadbe. Po drugi strani pa avtorji raziskav s sistemi navidezne resničnosti, razvitimi za rehabilitacijo, poleg prvih dveh načel zagovarjajo še vadbo specifičnih funkcijskih nalog, poznavanje izvedbe in poznavanje rezultatov ter povečevanje težavnosti (14), kar je, kot kaže, povezano z učinkovitostjo vadbe za zgornji ud (14, 23). Pri vadbi za ravnotežje je število raziskav še premajhno, da bi lahko ločeno analizirali različne sisteme in načine vadbe z navidezno resničnostjo, na primer na pritiskovni plošči ali prosto v prostoru (s kamero), kar je z gibalnega vidika precej različno. Tudi pri vadbi za zgornji ud bi bilo smiselno ločeno analizirati sisteme oziroma igre, ki so osredotočene na proksimalni del zgornjega uda, od tistih, ki so namenjene funkciji distalnega dela. Čeprav so pri vadbi za ravnotežje ločeno potrdili le večjo učinkovitost neimerzijske metode, ne pa imerzijske (19), so pri vadbi za zgornji ud pozitivni učinki imerzijske metode večji, neimerzijske pa manjši (22). Tudi pri vadbi za ravnotežje in hojo z navidezno resničnostjo verjetno igrajo poglavito vlogo intenzivnost, trajanje, stopnjevanje, specifičnost nalog (slika 2), kar je zajeto tudi v načelih nevrorehabilitacije (14) in velja za fizioterapijo na splošno. Na tem mestu naj izpostavim multicentričen randomiziran kontroliran poskus (35), v katerem so ugotovili, da med vadbo za zgornji ud z igrami Wii Sports in Game party 3 ter preprostimi zabavnimi igrami (igralne karte, tombola, jenga, igra z žogo) enakega trajanja in kot dodatek k standardni rehabilitaciji pacientov v akutni fazi po možganski kapi ni razlike v izidih Wolfovega testa motoričnih funkcij ali varnosti. Pri obeh skupinah je terapevt s povratnimi informacijami preprečeval neprimerne nadomestne gibe, obe vadbi sta bili usmerjeni k terapevtskim ciljem in prilagojeni sposobnostim pacienta, ki je lahko izbiral med igrami za del obravnave. To kaže, da je način vadbe verjetno manj pomemben, če je vadba dovolj intenzivna in funkcijsko specifična (35), s posamezniku primernimi izzivi. Raznolikost uporabe sodobnih iger v rehabilitaciji po možganski kapi so povzeli v nedavnem sistematičnem preglednem članku (31).

Vadbo z navidezno resničnostjo za ravnotežje, funkcijske sposobnosti zgornjega uda in hojo kot dodatek k standardni obravnavi priporočajo tudi slovenska priporočila za fizioterapijo po možganski kapi (36).

## ZAKLJUČKI

Prednosti terapevtske uporabe navidezne resničnosti so, da preprečuje monotonost vadbe in dolčas ter zviša motivacijo in izzive za paciente, vendar le, če izbrane igre ustrezajo pacientovim sposobnostim in omogočajo doseganje terapevtskih ciljev.

Vadba z navidezno resničnostjo je učinkovitejša od ukrepov v primerjalnih skupinah za izboljšanje ravnotežja sede in stoje, tako v subakutni kot tudi kronični fazi po možganski kapi, v kronični fazi pa tudi za izboljšanje premičnosti in hitrosti hoje. Vadba z navidezno resničnostjo je učinkovitejša od standardne obravnave

za izboljšanje motoričnih funkcij zgornjega uda, glede funkcijskih sposobnosti ter osnovnih dejavnosti vsakodnevnega življenja so ugotovitve nekonsistentne. Kaže, da je navedeno izboljšanje večje pri pacientih z zmerno do hudo okvaro in ob uporabi imerzijske metode. Pri vadbi za zgornji ud je potrjena superiornost sistemov, razvitih za rehabilitacijo, v primerjavi s standardno obravnavo, vendar le, če se pri vadbi upošteva vsaj osem načel nevrorehabilitacije. Vadba hoje z navidezno resničnostjo je učinkovitejša od same hoje na tekočem traku oziroma od ukrepov v primerjalnih skupinah za izboljšanje ravnotežja in hitrosti hoje pri pacientih, ki hodijo samostojno.

## Literatura:

1. Levac D, Glegg S, Colquhoun H, Miller P, Noubary F. Virtual reality and active videogame-based practice, learning needs, and preferences: a cross-canada survey of physical therapists and occupational therapists. *Games Health J.* 2017;6(4):217–28.
2. Wüest S, Borghese NA, Pirovano M, Mainetti R, van de Langenberg R, de Bruin ED. Usability and effects of an exergame-based balance training program. *Games Health J.* 2014;3(2):106–14.
3. Rudolf M, Goljar N, Cikajlo I. Vadba ravnotežja s sistemom Rewire pri bolnikih po možganski kapi. *Rehabilitacija.* 2018;17(2):28–34.
4. Deutsch JE, James-Palmer A, Demodaran H, Puh U. Comparison of neuromuscular and cardiovascular exercise intensity and enjoyment between standard of care, off-the-shelf and custom active video games for promotion of physical activity of persons post-stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2021;18(1):63.
5. Boyne P, Billinger S, MacKay-Lyons M, Barney B, Khoury J, Dunning K. Aerobic exercise prescription in stroke rehabilitation: a web-based survey of US physical therapists. *J Neurol Phys Ther.* 2017;41(2):119–28.
6. Kafri M, Myslinski MJ, Gade VK, Deutsch JE. Energy expenditure and exercise intensity of interactive video gaming in individuals poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014;28(1):56–65.
7. Deutsch JE, Guarrera-Bowlby P, Myslinski MJ, Kafri M. Is there evidence that active videogames increase energy expenditure and exercise intensity for people poststroke and with cerebral palsy? *Games Health J.* 2015;4(1):31–7.
8. Deutsch JE, Myslinski MJ, Kafri M, Ranky R, Sivak M, Mavroidis C, et al. Feasibility of virtual reality augmented cycling for health promotion of people poststroke. *J Neurol Phys Ther.* 2013;37(3): 118–24.
9. Mirelman A, Pattriti BL, Bonato P, Deutsch JE. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture.* 2010;31(4):433–7.
10. De Keersmaecker E, Lefebvre N, Geys M, Jaspers E, Kerckhofs E, Swinnen E. Virtual reality during gait training: does it improve gait function in persons with central nervous system movement disorders? A systematic review and meta-analysis. *NeuroRehabilitation* 2019;44(1):43–66.
11. Palacios-Navarro G, Hogan N. Head-mounted display-based therapies for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Sensors (Basel).* 2021;21(4):1111.
12. Aminov A, Rogers JM, Middleton S, Caeyenberghs K, Wilson PH. What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review

- and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15(1):29.
13. Deutsch JE, Brettler A, Smith C, Welsh J, John R, Guarra-Bowly P, et al. Nintendo Wii sports and Wii fit game analysis, validation, and application to stroke rehabilitation. *Top Stroke Rehabil.* 2011;18(6):701–19.
  14. Maier M, Rubio Ballester B, Duff A, Duarte Oller E, Verschure PFMJ. Effect of specific over nonspecific VR-based rehabilitation on poststroke motor recovery: a systematic meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2019;33(2):112–29.
  15. Karamians R, Proffitt R, Kline D, Gauthier LV. Effectiveness of virtual reality- and gaming-based interventions for upper extremity rehabilitation poststroke: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(5):885–96.
  16. Hung YX, Huang PC, Chen KT, Chu WC. What do stroke patients look for in game-based rehabilitation: a survey study. *Medicine (Baltimore).* 2016;95(11):e3032.
  17. Hornby TG, Reisman DS, Ward IG, Scheets PL, Miller A, Haddad D, et al. Clinical practice guideline to improve locomotor function following chronic stroke, incomplete spinal cord injury and brain injury. *J Neurol Phys Ther.* 2020;44(1):49–100.
  18. Mohammadi R, Semnani AV, Mirmohammadkhani M, Gram-purohit N. Effects of virtual reality compared to conventional therapy on balance poststroke: a systematic review and meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019;28(7):1787–98.
  19. Garay-Sánchez A, Suarez-Serrano C, Ferrando-Margelí M, Jimenez-Rejano JJ, Marcén-Román Y. Effects of immersive and non-immersive virtual reality on the static and dynamic balance of stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2021;10(19):4473.
  20. Iruthayarajah J, McIntyre A, Cotoi A, Macaluso S, Teasell R. The use of virtual reality for balance among individuals with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2017;24(1):68–79.
  21. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;11(11):CD008349.
  22. Jin M, Pei J, Bai Z, Zhang J, He T, Xu X, et al. Effects of virtual reality in improving upper extremity function after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2021;2692155211066534 [v tisku]. Doi: 10.1177/02692155211066534 (citirano 16. 1. 2022).
  23. Doumas I, Everard G, Dehem S, Lejeune T. Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil.* 2021;18(1):100.
  24. Rohrbach N, Chicklis E, Levac DE. What is the impact of user affect on motor learning in virtual environments after stroke? A scoping review. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1):79.
  25. Kwon JS, Park MJ, Yoon IJ, Park SH. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: a double-blind randomized clinical trial *NeuroRehabilitation* 2012;31(4):379–85.
  26. Hao J, Xie H, Harp K, Chen Z, Siu KC. Effects of virtual reality intervention on neural plasticity in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021:S0003-9993(21)01305-8 [v tisku]. Doi: 10.1177/02692155211066534 (citirano 16. 1. 2022).
  27. Levac DE, Galvin J. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: application of a classification framework. *Dev Neurorehabil.* 2011;14(3):177–84.
  28. Wiemeyer J, Deutsch J, Malone LA, Rowland JL, Swartz MC, Xiong J, et al. Recommendations for the optimal design of exergame interventions for persons with disabilities: challenges, best practices, and future research. *Games Health J.* 2015;4(1):58–62.
  29. Levac D, Espy D, Fox E, Pradhan S, Deutsch JE. "Kinect-ing" with clinicians: a knowledge translation resource to support decision making about video game use in rehabilitation. *Phys Ther.* 2015;95(3): 426–40.
  30. Givon Schaham N, Zeilig G, Weingarden H, Rand D. Game analysis and clinical use of the Xbox-Kinect for stroke rehabilitation. *Int J Rehabil Res.* 2018;41(4):323–30.
  31. Saeedi S, Ghazisaeeedi M, Rezayi S. Applying game-based approaches for physical rehabilitation of poststroke patients: a systematic review. *J Healthc Eng.* 2021:9928509.
  32. Xavier-Rocha TB, Carneiro L, Martins GC, Vilela-Júnior GB, Passos RP, Pupe CCB, et al. The Xbox/Kinect use in poststroke rehabilitation settings: a systematic review. *Arq Neuropsiquiatr.* 2020;78(6):361–9.
  33. Deutsch JE, Hoehlein B, Priolo M, Pacifico J, Damodaran H, Puh U. Custom game paced video games played by persons post-stroke have comparable exercise intensity but higher accuracy, greater enjoyment and less effort than off-the-shelf game. In: 2019 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR), July 21-24 Tel Aviv, Israel. Intitute of Electricaol and Electronics Engineers; 2019.
  34. Weber H, Barr C, Gough C, van den Berg M. How commercially available virtual reality-based interventions are delivered and reported in gait, posture, and balance rehabilitation: a systematic review. *Phys Ther.* 2020;100(10):1805–15.
  35. Saposnik G, Cohen LG, Mamdani M, Pooyania S, Ploughman M, Cheung D, et al. Stroke outcomes research Canada. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurol.* 2016;15(10):1019–27.
  36. Puh U, Kržišnik M, Freitag T, Rudolf M, Štrumelj T, Goljar N. Priporočila za fizioterapijo po možganski kapi. *Fizioterapija* 2022;30 [v objavi].