proLékaře.cz | 23.11.2026

Pilotní studie využití tenzometrické plošiny v domácí terapii poruch rovnováhy

The Pilot Study of the Use of Force Platform in Home-based Therapy of Balance Disorders

Souhrn

Cíl: Cílem pilotní studie bylo ověřit využitelnost nově vyvíjeného systému na principu využití tenzometrické plošiny a vizuální zpětné vazby k samostatnému domácím tréninku rovnováhy. *Soubor a metodika:* Pilotní studie se zúčastnilo 14 probandů (13 žen a jeden muž) ve věku 67 ± 7 let. Trénink rovnováhy probíhal v domácím prostředí po dobu 26 dní s využitím interaktivního systému na principu vizuální zpětné vazby. Všichni probandi uvedli subjektivní pocit poruchy rovnováhy, ale nebylo u nich diagnostikováno riziko pádu. K testování byl použit neparametrický Friedmanův test pro závislé výběry. *Výsledky:* Z Friedmanova testu vyplynulo, že se čas potřebný k vykonání vždy stejného referenčního zadání v průběhu opakovaného tréninku rovnováhy statisticky významně snížil, a to na hladině významnosti 0,001 (chí-kvadrát = 113,56, s.v. = 21, n = 14; p = 0,001). U všech probandů došlo ke zlepšení schopnosti reagovat změnami polohy těžiště na zadání ve virtuálním prostředí. *Závěr:* Byla ověřena využitelnost vyvíjeného systému pro samostatný trénink rovnováhy v domácím prostředí. Pro prokázání efektu tréninku na snížení rizika pádů a zlepšení schopnosti pacientů vykonávat aktivity běžného denního života je nutné zpracovat randomizovanou kontrolovanou studii na větším počtu probandů s objektivní poruchou rovnováhy.

Abstract

Aim: The aim of the pilot study was to verify usability of a newly developed system that utilizes a force platform and visual feedback for home-based balance training. *Material and methods:* The pilot study was performed in 14 respondents (13 women and one man) with the mean age of 67 ± 7 years. The balance training took place in domestic environment for a period of 26 days with the use of interactive system employing the principle of visual feedback. All volunteers reported subjective perception of balance issues but no significant objective risk of fall was diagnosed. Non-parametric Friedman's test was used to evaluate the effect of the therapy. *Results:* The results showed that the time required to finish the same reference training scene significantly decreased at the level of significance of 0.001 (chi-square = 113.56, s.v. = 21, n = 14; p = 0.001). All subjects improved their ability to react to scene changes in virtual environment by shifting their centre of gravity. *Conclusion:* We verified usability of this custom-developed system for home-based balance training. Further randomized study incorporating larger data set is needed to validate the effect of the therapy.

Autoři deklarují, že v souvislosti s předmětem studie nemají žádné komerční zájmy.
The authors declare they have no potential conflicts of interest concerning drugs, products, or services used in the study.
Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.
The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.

M. Janatová[1,2], M. Tichá[1,2], R. Melecký[1], K. Hána[1], O. Švestková[1,2], J. Jeřábek[1,3]

[1] Společné pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI ČVUT a 1. LF UK, Praha
[2] Klinika rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN v Praze
[3] Neurologická klinika 2. LF UK a FN v Motole, Praha

✉ MUDr. Markéta Janatová
Společné pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI ČVUT a 1. LF UK
Studničkova 7
128 00 Praha
e-mail: marketa.janatova@fbmi.cvut.cz

Přijato k recenzi: 30. 3. 2016
Přijato do tisku: 6. 6. 2016

Klíčová slova

vizuální zpětná vazba – tenzometrická plošina – rehabilitace – porucha rovnováhy – domácí terapie

Key words

visual feedback – force platform – rehabilitation – balance disorders – home-based therapy

proLékaře.cz | 23.11.2026

Úvod

Poruchy rovnováhy centrálního i periferního původu jsou závažný symptom, v jehož důsledku dochází k funkčnímu deficitu v aktivitách běžného denního života a ke zvýšení rizika pádů, které mohou zapříčinit další komplikace.

Pro kompenzaci poruch rovnováhy je klíčová dlouhodobá komplexní rehabilitace. Zatímco vestibulookulární reflex a porucha vnímání subjektivní vizuální vertikály se u pacientů s akutním periferním vestibulárním syndromem kompenzuje v průběhu dní, pro včasnou obnovu vestibulospinálního reflexu je nezbytná cílená rehabilitační intervence [1]. V klinických studiích bylo prokázáno, že také u pacientů v chronickém stadiu degenerativních onemocnění centrálního nervového systému lze rehabilitací s využitím biologické zpětné vazby docílit signifikantního zlepšení stability. U pacientů s mozečkovou ataxií bylo prokázáno zlepšení stability stoje po intenzivní terapii s elektrotaktilní biologickou zpětnou vazbou, vč. průkazu udržitelnosti efektu této terapie [2].

U pacientů s poruchami rovnováhy je nedílnou součástí léčby rehabilitace zaměřená na kompenzaci funkčního deficitu, zlepšení kvality života a snížení rizika pádů. Kromě konvenčních přístupů a pomůcek jsou zařazovány také technické systémy na principu využití vizuální zpětné vazby a tenzometrické plošiny s tlakovými senzory, které umožňují detekci změn polohy průmětu těžiště v čase. Systémy jsou vhodné pro využití v terapii a diagnostice poruch rovnováhy různé etiologie, např. u pacientů s vestibulárním schwannomem [3]. Při terapii pacient změnami polohy svého těžiště ovládá terapeutickou scénu s individualizovaným nastavením. Dostává tak zpětnou vazbu o velikostech a směru výchylek průmětu těžiště. V rámci diagnostiky je používána analýza časová i frekvenční, která umožňuje např. kvantifikaci posturálního třesu při atrofii mozečku a diferenciální diagnostiku primárního ortostatického tremoru.

Při terapii poruch rovnováhy je biologická zpětná vazba zajištěna prostřednictvím vizualizace průmětu polohy těžiště, akustických signálů, nebo elektrotaktilní stimulace jazyka [2–4]. Jako alternativa k medicínským přístrojům jsou v terapii používány cenově dostupné herní ovladače, snímající pohyb uživatele nebo průmět polohy těžiště [5,6]. Tyto systémy jsou jednoduché a přenosné. Lze je využít v ambulantní terapii, u lůžka pacienta v akutním pooperačním období i v rámci telerehabilitace v domácím prostředí.

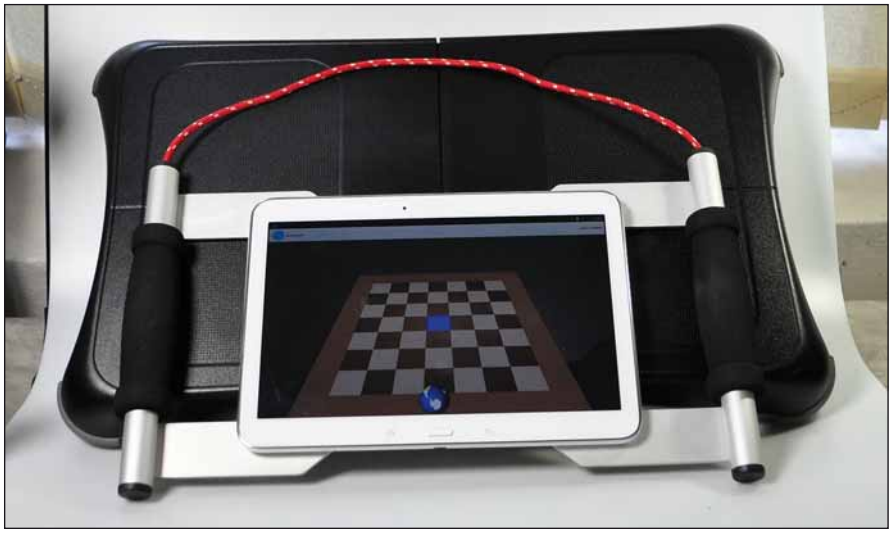
Komerční hry určené pro zdravou populaci mají řadu limitujících faktorů. Úlohy nejsou zaměřeny na specifický problém, vizuální prezentace nereflektuje dostatečně přesně pacientův pohyb a pacient může být demotivován příliš vysokou obtížností úkolů. Proto je pro zajištění optimální efektivity terapie s využitím těchto herních systémů nezbytná supervize, instruktáž a cílené vedení terapeutem.

V pilotních studiích efektu tréninku rovnováhy u osob starších než 60 let byl prokázán pozitivní vliv hraní videoher na snížení deprese a úzkostí, zlepšení rovnováhy, hybnosti horní končetiny, kognitivních funkcí a kvality života [5]. Při použití komerčních herních konzolí se scénami určenými pro zdravou populaci však byl zaznamenán výskyt úrazů a zdravotních komplikací [7].

V Centru podpory aplikačních výstupů a spin-off firem na 1. LF UK v Kladně byl vyvinut interaktivní systém pro trénink rovnováhy s využitím tenzometrické plošiny a vizuální zpětné vazby (obr. 1). Systém je určen pro terapii pacientů s poruchami senzorických systémů, řídicích center a reflexů, které se podílejí na udržování rovnováhy. Je využíván také např. v rehabilitaci po ortopedických operacích a u pacientů s funkčními poruchami a strukturálními změnami pohybového aparátu nebo v prevenci pádů u seniorů.

Aktuální poloha průmětu těžiště těla pacienta je snímána plošinou Wii Balance Board. Jedná se o pohybový ovladač pro hru Wii fit určenou pro volnočasové cvičení s důrazem na redukci hmotnosti u zdravé populace. Plošina obsahuje v rozích senzory tlaku, je přenosná a má nosnost 150 kg. Přesnost měření plošinou je i po víceletém intenzivním používání dostatečná pro využití v terapii i v klinickém hodnocení poruch rovnováhy [8].

Interaktivní systém je použitelný ve zdravotnických zařízeních i v domácím prostředí pacientů. Vizuální zpětná vazba je zprostředkována tabletem s velmi jednoduchým uživatelským rozhraním, aby mohl systém pacient ovládat samostatně. Výhodou nácviku přenášení váhy s vizuální zpětnou vazbou v domácím prostředí pacienta je zejména aktivace limbického systému a zvýšení motivace k pravidelnému cvičení, okamžitá zpětná vazba pomáhající vykonávat zadané cvičení správně a možnost kontroly compliance pacienta. Při plnění zadání zapojuje pacient kyčelní i hlezenní mechanizmus pro zajištění posturální stability a dostává okamžitou zpětnou vazbu o správnosti pohybových strategií. Při malém rozsahu pohybu v centrálních pozicích je posilován hluboký stabilizační systém, při umístění zadaných pozic v krajních polohách dochází k postupnému zvýšení a laterolaterální symetrizaci rozsahu limitů stability. Systém byl pilotně testován u zdravé populace bez rizika pádů. Aktuálně jsou zpracovávány randomizované klinické studie efektu terapie u pacientů s poruchami rovnováhy různé etiologie [9].

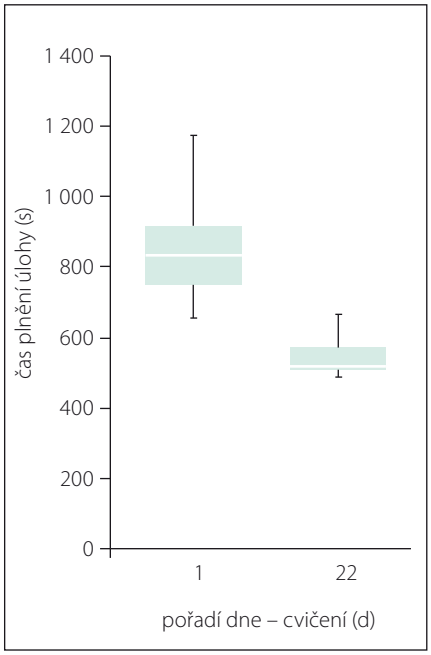


Obr. 1. Interaktivní systém pro terapii poruch rovnováhy.
Fig. 1. Interactive system for therapy of balance disorders.

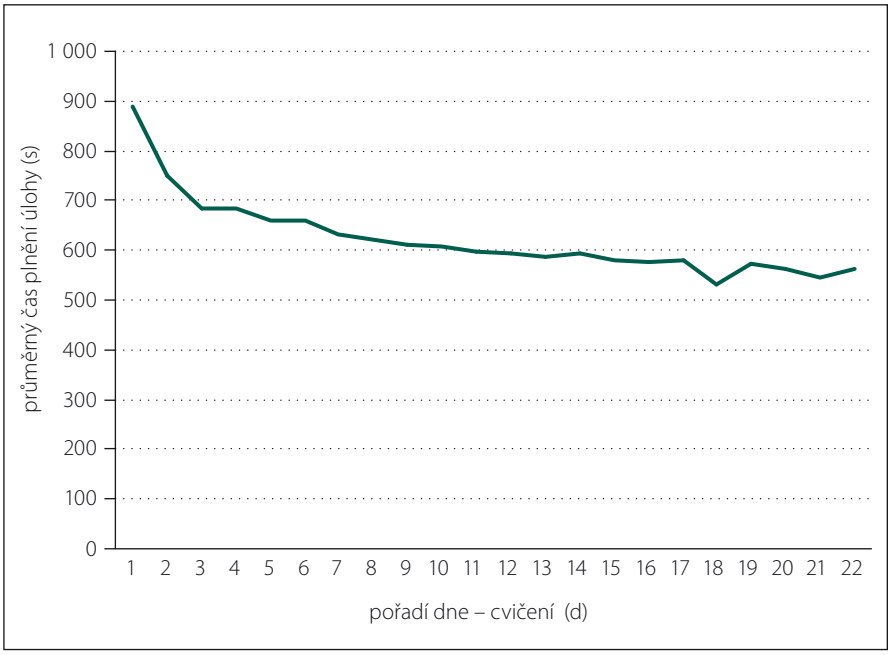
Soubor a metodika

Ze skupiny osob zařazených do studie byl vybrán soubor zdravých probandů ve věku

proLékaře.cz | 23.11.2026



Graf 1. Čas potřebný ke splnění terapeutické scény.



Graf 2. Čas potřebný ke splnění terapeutické scény.

od 60 let výše. V této věkové kategorii lze předpokládat fyziologické změny rovnováhy asociované k věku v důsledku degenerativních změn. Soubor probandů byl složen ze 13 žen a jednoho muže ve věku 67 ± 7 let.

Při neurologickém vyšetření u žádného z probandů nebyla zjištěna polyneuropatie ani žádné další neurologické onemocnění. V testu Timed, Up and Go Test bylo dosaženo výsledků 8 ± 2 s, v Tinetti Mobility Test bylo dosaženo u všech probandů plného počtu 28 bodů. Probandi byli vyšetřeni také dynamickou plantografií, kde nebyly zjištěny žádné signifikantní odchylky od normy.

Úkolem probandů bylo cvičit denně vždy ve stejnou denní dobu celkem 26 dní referenční úlohu se vždy stejným zadáním sekvence pozic. Každé cvičení probíhalo s obrazovkou tabletu ve výši očí, rukama volně podél těla, mírně předsunutou pánví, nohama rozkročenýma na šíři kyčelních kloubů, koleny nezamknutými a prsty volně položenými symetricky na plošině. Průmět polohy těžiště při stoji na plošině se probandům zobrazoval jako objekt, jehož pozici na obrazovce přemisťovali přenášením váhy na postupně zobrazené pozice. Na každé pozici bylo nutné setrvat po dobu jedné vteřiny, dokud označení nezmizí. Pro optimální motivaci a jednoduchou orientaci byla zvolena scéna šachovnice s objektem ve tvaru koule. V průběhu plnění scény byla probandům poskytnuta vizuální a auditivní zpětná vazba, která umožnila lépe pochopit jednotlivé fáze plnění zadání. Přednastavené pozice byly rozmístěny rovnoměrně ve všech čtyřech kvadrantech tak, aby byla zachována symetrie. Míra odezvy referenční scény na zatížení tenzometrů plošiny byla volena s ohledem na váhu jednotlivých probandů tak, aby výsledná citlivost byla pro všechny probandy stejná. Kritériem úspěšnosti byl čas, za který byl proband schopen dokončit tuto vždy shodnou referenční úlohu. Každý pacient dostal manuál a protokol, do kterého zapisoval délku cvičení, případné nežádoucí účinky a veškeré informace, které by mohly ovlivnit úspěšnost plnění referenční scény.

Každý proband podepsal informovaný souhlas a byl instruován o správném použití přístroje, aby nedošlo k nežádoucím událostem. Studie byla provedena v souladu s etickými standardy etické komise 1. LF UK, odpovědné za provádění klinických studií, a Helsinskou deklarací z roku 1975, revidovanou v roce 2000.

Výsledky

Průměrná compliance byla 91,2 %. Maximální počet dní, které byly vynechány, byl čtyři. Všichni probandi tedy cvičili alespoň 22 dní. U souboru probandů došlo ke statisticky významnému zlepšení při vykonávání zadané dynamické úlohy (graf 1).

K testování byl použit neparametrický Friedmanův test pro závislé výběry. Z Friedmanova testu vyplynulo, že se časy cvičení statisticky významně snížily, a to na hladině významnosti 0,001 (chí-kvadrát = 113,56, s.v. = 21, n = 14; p = 0,001).

U žádného z probandů nebyly zaznamenány žádné úrazy, komplikace ani nežádoucí účinky.

Diskuze

U všech probandů došlo k postupnému zkrácení času potřebného k vykonání vždy stejné úlohy, zaměřené na opakované řízené změny polohy těžiště (graf 2). Z naměřených výsledků nelze stanovit, zda se nácvik rovnováhy projevil pozitivně i v aktivitách běžného života probandů. Přenos nabitých dovedností můžeme pouze předpokládat na základě subjektivního hodnocení probandy a na základě výsledků pilotních studií zaměřených na téma využití plošiny Wii Balance Board u pacientů v obdobné věkové kategorii. Chao et al na základě rozboru 22 validních klinických studií uvádí zlepšení motorických a kognitivních funkcí, zvýšení kvality života, zlepšení rovnováhy a snížení rizika pádů u osob vyššího věku po intervenci s využitím vizuální zpětné vazby a plošiny Wii Balance Board [5]. Závěry z review vybraných 24 vědeckých studií zaměřených na využití virtuální reality v rehabilitaci poukazují na zlepšení rovnováhy a chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě [4]. Shodné předběžné výsledky u pacientů s touto diagnózou byly zjištěny také v rámci aktuálně probíhající pi-

proLékaře.cz | 23.11.2026

lotní studie efektu terapie s využitím námi vyvíjeného systému, kde došlo ke zlepšení ve standardizovaných testech Berg Balance Scale a Timed, Up and Go Test [9].

Maximální počet vynechaných cvičení byl čtyři z 26. Motivačním faktorem byla vizuální zpětná vazba, prezentace zlepšení při pravidelném tréninku a vědomí, že počet cvičení je zaznamenáván pro zpětné vyhodnocení terapeutem. Skupina probandů byla vybrána z řad dobrovolníků se zájmem o vyzkoušení této metody. U náhodného výběru probandů by byla compliance pravděpodobně nižší.

Při využívání Wii Balance Board v kombinaci s komerční herní konzolí jsou evidovány pády a úrazy u zdravé populace [7]. U skupiny probandů, kteří při testování využili interaktivní systém vytvořený cíleně pro trénink rovnováhy, nebyly zaznamenány žádné komplikace.

Závěr

Interaktivní systém pro terapii poruch rovnováhy byl vyvinut pro využití ve zdravotnických zařízeních a domácím prostředí pacientů. Průmět polohy těžiště je zobrazen za účelem zvýšení motivace a zpětné vazby o správnosti vykonávaného cvičení.

Po 26 dnech domácího tréninku rovnováhy došlo u skupiny probandů ve věku od 60 let ke zlepšení při vykonávání úlohy zaměřené na přenášení těžiště na předem zadané pozice.

Byla ověřena využitelnost interaktivního systému pro nácvik cílených změn polohy těžiště prováděný samostatně v domácím prostředí. Pro prokázání efektu tréninku na snížení rizika pádů a zlepšení schopnosti pacientů vykonávat aktivity běžného denního života je nutné zpracovat randomizovanou kontrolovanou studii na větším počtu probandů s objektivně zjištěnou poruchou rovnováhy.

Literatura

1. Strupp M, Arbusow V, Maag KP, et al. Vestibular exercises improve central vestibulospinal compensation after vestibular neuritis. Neurology 1998;51(3):838–44.

2. Čakrt O, Vyhnálek M, Slabý K, et al. Balance rehabilitation therapy by tongue electrotactile biofeedback in patients with degenerative cerebellar disease. NeuroRehabilitation 2012;31(4):429–34. doi: 10.3233/NRE-2012-00813.

3. Kalitová P, Čakrt O, Čada Z, et al. Význam vestibulárního a posturografického vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem. Cesk Slov Neurol N 2013;76/109(4):469–74.

4. Darekar A, McFadyen B, Lamontagne A, et al. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. J Neuroeng Rehabil 2015;12(1):46. doi: 10.1186/s12984-015-0035-3.

5. Chao Y, Scherer Y, Montgomery C. Effects of using Nintendo Wii exergames in older adults: a review of the literature. J Aging Health 2014;27(3):379–402. doi: 10.1177/0898264314551171.

6. Gil-Gomez J, Lloréns R, Alcaniz M, et al. 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;8(1):30. doi: 10.1186/1743-0003-8-30.

7. Jalink M, Heineman E, Pierie J, et al. Nintendo related injuries and other problems: review. BMJ 2014;349:7267. doi: 10.1136/bmj.g7267.

8. Bartlett H, Ting L, Bingham J. Accuracy of force and center of pressure measures of the Wii Balance Board. Gait Posture 2014;39(1):224–8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.07.010.

9. Janatová M, Tichá M, Gerlichová M, et al. Terapie poruch rovnováhy u pacientky po cévní mozkové příhodě s využitím vizuální zpětné vazby a stabilometrické plošiny v domácím prostředí. Rehabilitácia 2015;52(3):140–6.