Thera Trainer Balance ako motivačný nástroj na podporu posturálnej stability u detských pacientov po cievnej mozgovej príhode

Thera Trainer Balance as a motivational tool to support postural stability in pediatric patients after a stroke

Jana LOJKOVÁ[1], Milena GLÉZLOVÁ[1, 2]

[1] *Fakulta zdravotníctva, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Trenčín*
[2] *Špecializovaný liečebný ústav Marína Kováčová, Kováčová*

ABSTRAKT

Východiská: Robotické systémy sa v rehabilitácii využívajú najmä u pacientov s pohybovým deficitom spôsobeným neurologickým postihnutím (napr. cievna mozgová príhoda alebo poranenie miechy). Disponujú diagnostickými a terapeutickými funkciami, ktoré výrazne uľahčujú prácu fyzioterapeuta pri náročnej reedukácii pohybu.
Cieľ: Cieľom práce je zhodnotiť využiteľnosť motivačného interaktívneho systému Thera Trainer Balance (TTB) pri podpore posturálnej stability u detských pacientov po cievnej mozgovej príhode.
Metódy: Do prípadovej štúdie boli zaradení dvaja pacienti vo veku 17 a 14 rokov. Rehabilitačný program zahŕňal kinezioterapiu 5x týždenne (60 minút) doplnenú o tréning na TTB 3x týždenne (30 minút, celkovo 24 jednotiek). Zmeny rovnovážnych reakcií boli hodnotené Bergovou balančnou škálou (BBS). Výkonnostný progres počas tréningu TTB bol sledovaný prostredníctvom skóre v herných moduloch „Ponorka" a „Lietadlo", slúžiacich na ilustráciu zapojenia pacienta, nie ako štandardizované hodnotenie.
Výsledky: Po rehabilitácii došlo u oboch pacientov k zlepšeniu rovnovážnych reakcií, čo sa prejavilo nárastom skóre na BBS z 10 na 37 bodov u prvého pacienta a z 21 na 44 bodov u druhého. Súčasne bolo počas tréningu TTB zaznamenané zvýšené skóre v herných moduloch, čo odrážalo mieru zapojenia pacientov a motivačný charakter tréningu, bez toho, aby tieto údaje slúžili ako štandardizované hodnotiace meranie.
Záver: Interaktívny systém Thera Trainer Balance sa ukázal ako motivačný nástroj podporujúci posturálnu stabilitu, aktivitu svalov trupu a panvy, zaťažovanie paretickej dolnej končatiny a schopnosť reagovať na stratu rovnováhy. Účinky boli objektívne sledované prostredníctvom BBS, pričom TTB podporoval zapojenie a spoluprácu pacientov počas rehabilitácie.

Kľúčové slová: Cievna mozgová príhoda. Deti. Rovnováha. Spätná väzba. Thera Trainer Balance.

ABSTRACT

Background: Robotic systems are used in rehabilitation primarily for patients with movement deficits caused by neurological impairments (e.g., stroke or spinal cord injury). They have diagnostic and therapeutic functions that significantly facilitate the work of physiotherapists in the demanding process of movement re-education.
Objective: The aim of this study is to evaluate the usability of the motivational interactive system Thera Trainer Balance (TTB) in supporting postural stability in pediatric patients after a stroke.
Methods: Two patients aged 17 and 14 were included in the case study. The rehabilitation program included physiotherapy 5 times a week (60 minutes), supplemented with TTB training 3 times a week (30 minutes, a total of 24 sessions). Changes in balance reactions were assessed using the Berg Balance Scale (BBS). Performance progress during TTB training was monitored through scores in the game modules "Submarine" and "Airplane," used to illustrate patient engagement rather than as a standardized assessment.
Results: After rehabilitation, both patients showed improvement in balance reactions, reflected by an increase in BBS scores from 10 to 37 points for the first patient and from 21 to 44 points for the second. At the same time, increased scores were observed in the game modules during TTB training, reflecting the patients' level of engagement and the motivational nature of the training, without these data serving as standardized assessment measurements.
Conclusion: The Thera Trainer Balance interactive system has proven to be a motivational tool that supports postural stability, trunk and pelvic muscle activity, loading of the paretic lower limb, and the ability to respond to loss of balance. The effects were objectively monitored using the BBS, with the TTB encouraging patient engagement and cooperation during rehabilitation.

Key words: Cerebrovascular accident. Children. Balance. Biofeedback. Thera Trainer Balance.

ÚVOD

Cievna mozgová príhoda (CMP) patrí medzi najzávažnejšie akútne stavy v pediatrii a vyžaduje rýchlu diagnostiku a liečbu. Celosvetovo patrí medzi desať najčastejších príčin úmrtí detí. Ide o náhle vzniknutý neurologický deficit spôsobený poruchou mozgového krvného zásobenia, ischemického alebo hemoragického pôvodu (Samak, 2025; Fullerton, 2011).

Hoci je výskyt CMP u detí nižší ako u dospelých, jej následky môžu byť závažné. Ochorenie často ovplyvňuje motorické schopnosti, reč, kognitívne funkcie a celkovú kvalitu života dieťaťa. Viaceré štúdie poukazujú na význam včasnej a intenzívnej fyzioterapie, ktorá podporuje neuroplasticitu a prispieva k funkčnému zotaveniu pacientov (Kirton, deVeber, Williams, 2006; Trojan, 2005; Swaiman, Ashwal, Ferriero, 2006).

V posledných rokoch sa do rehabilitačnej praxe čoraz častejšie zaraďujú technológie založené na princípe spätnej väzby, tzv. biofeedback. Tieto technológie umožňujú aktívne zapojenie pacienta do terapie a poskytujú okamžitú spätnú väzbu o vykonávanom pohybe (Wiskerke et al., 2024; Liu et al., 2023).

Biofeedback sa považuje za obzvlášť vhodný u pacientov s poruchou rovnováhy a posturálnej stability, pretože podporuje aktiváciu posturálneho svalstva a môže prispieť k zlepšeniu motorických funkcií (Medicina – Centre for Smart Health, 2023; Lyu et al., 2023).

Jedným z moderných zariadení využívajúcich tento princíp je Thera Trainer Balance. Tento systém umožňuje interaktívny tréning posturálnej kontroly v reálnom čase a poskytuje vizuálnu spätnú väzbu o zmene polohy ťažiska. Tým podporuje senzomotorickú integráciu a aktívnu kontrolu rovnováhy (Burget, 2015). Súčasné štúdie naznačujú, že interaktívne tréningové systémy môžu pozitívne ovplyvniť rovnováhu, dynamickú stabilitu a funkčnú mobilitu pacientov po CMP (Krohn et al., 2024; Wiskerke et al., 2024).

Vzhľadom na špecifiká detskej CMP a význam včasnej rehabilitácie je dôležité venovať pozornosť využitiu moderných interaktívnych tréningových systémov v klinickej praxi. Tieto systémy môžu podporovať rozvoj rovnovážnych reakcií a posturálnej kontroly, najmä prostredníctvom zvýšenia motivácie pacienta.

Cievna mozgová príhoda u detského pacienta

Podľa definície Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO, 1980) je cievna mozgová príhoda klinický syndróm charakterizovaný rýchlym vznikom fokálneho alebo globálneho narušenia funkcie mozgu. Tento stav trvá 24 hodín alebo dlhšie, prípadne vedie k smrti, pričom jeho príčinou je porucha mozgového cievneho zásobenia.

Cievna mozgová príhoda patrí medzi závažné ochorenia nielen u dospelých, ale aj u detskej populácie (Pappachan, Kirkham, 2008).

V pediatrickej populácii je ischemická forma cievnej mozgovej príhody častejšia ako hemoragická. Medzi najčastejšie príčiny patria arteriálna disekcia, kardiogénna embólia a protrombotické stavy (Kirton, deVeber, Williams, 2006; Ganesan et al., 2022).

Klinický obraz CMP u detí závisí od veku pacienta a rozsahu mozgového postihnutia. Medzi najčastejšie príznaky patria porucha vedomia, hemiparéza, poruchy reči, epileptické záchvaty, ataxia a bolesti hlavy (Fullerton, 2011; Wu et al., 2023).

CMP v detskom veku má viaceré špecifiká, ktoré súvisia najmä s vývojom centrálneho nervového systému a výraznou neuroplasticitou. Tieto faktory ovplyvňujú prognózu ochorenia aj možnosti rehabilitácie.

Včasná diagnostika a skoré zahájenie komplexnej liečby sú kľúčové pre minimalizáciu dlhodobých následkov a podporu funkčného zotavenia dieťaťa (Karaseva, 2021).

Robotické a interaktívne systémy predstavujú významné doplnenie tradičných rehabilitačných postupov. Umožňujú vykonávať terapeutické úkony dlhší čas s konzistentnou presnosťou, znižujú

fyzickú záťaž terapeuta a zvyšujú bezpečnosť pacienta, najmä pri nácviku chôdze, kde je riziko pádu vyššie (Poli, 2013; Huang et al., 2023).

Robotická terapia poskytuje základný rámec rehabilitačných cvičení, pričom úlohou fyzioterapeuta je tieto cvičenia prispôsobiť individuálnym potrebám pacienta. Fyzioterapeut tak zostáva neoddeliteľnou súčasťou rehabilitačného procesu.

Thera Trainer Balance je dynamický trenažér určený na tréning rovnováhy. Zariadenie umožňuje bezpečnú vertikalizáciu aj u imobilných pacientov. Po uvoľnení mechanizmu pacient aktívne vykonáva oscilácie tela v rozsahu približne 9° do všetkých smerov proti odporu pružín, ktorého veľkosť je možné individuálne nastaviť. Mechanickú časť prístroja možno využiť aj samostatne, napríklad na vertikalizáciu pacienta. Počas tejto fázy môže pacient vykonávať jednoduché činnosti, ako je čítanie alebo písanie. Dynamickú zložku tréningu možno rozšíriť o jednoduché úlohy, napríklad chytanie lopty. Mechanická časť prístroja môže byť prepojená so softvérovým rozhraním, prostredníctvom ktorého pacient v reálnom čase prenáša hmotnosť tela proti mechanickému odporu. Softvér umožňuje rôzne modifikácie úloh zameraných na presun ťažiska v predozadnom a laterálnom smere, ako aj ich kombinácie. Tým je pacient cielene vedený k zaťažovaniu paretickej dolnej končatiny a zároveň sa môže znížiť strach z pádu. Spätná väzba je poskytovaná vizuálnou aj akustickou formou. Akustický signál je intenzívnejší pri vybočení z požadovanej dráhy pohybu. Zariadenie umožňuje monitorovať a analyzovať výsledky jednotlivých terapií. Súčasťou vyhodnotenia je záznam trajektórie pohybu a bodové vyjadrenie výkonu pacienta (Burget, 2015).

CIEĽ

Cieľom práce je zhodnotiť využiteľnosť motivačného interaktívneho systému Thera Trainer Balance (TTB) pri podpore posturálnej stability u detských pacientov po cievnej mozgovej príhode.

METÓDY

Štúdia bola spracovaná formou dvoch kazuistík, ktoré sa zamerali na detských pacientov vo veku 17 a 14 rokov, hospitalizovaných v Špecializovanom liečebnom ústave Marína v Kováčovej. Obaja pacienti mali diagnostikovanú cievnu mozgovú príhodu s rôznou etiológiou a lokalizáciou. Štúdia hodnotila využitie motivačného interaktívneho systému Thera Trainer Balance (TTB) pri podpore posturálnej stability u týchto pacientov.

Rehabilitačný pobyt trval 60 dní. Obaja pacienti absolvovali rovnaký program. Kinezioterapia prebiehala päťkrát týždenne, trvala 60 minút a zameriavala sa na nácvik posturálnej kontroly, stability trupu a koordinácie pohybov. Okrem toho bol pacientom zaradený tréning na TTB trikrát týždenne po 30 minút. Každý pacient absolvoval celkovo 24 jednotiek. Tréning na TTB slúžil ako doplnok ku kinezioterapii a podporoval aktívnu spoluprácu, motiváciu k pohybu a nácvik presunu ťažiska tela v stoji.

Vstupné a výstupné vyšetrenie sa realizovalo v prvý a posledný deň rehabilitačného pobytu. Na hodnotenie rovnovážnych schopností bola použitá Bergova balančná škála (BBS), medzinárodne validovaný klinický nástroj na hodnotenie statickej a dynamickej rovnováhy. BBS obsahuje 14 úloh, ktoré hodnotia schopnosť udržať stabilitu pri rôznych činnostiach, ako je státie na jednej nohe, presun hmotnosti, pootočenie tela či dosahovanie predmetov. Každá úloha sa hodnotí 0–4 bodmi, pričom vyššie skóre znamená lepšiu rovnováhu a posturálnu kontrolu. Maximálne možné skóre je 56 bodov. Interpretácia výsledkov je nasledovná: 0–20 bodov – vysoké riziko pádu, 21–40 bodov – stredné riziko, 41–56 bodov – nízke riziko pádu.

Zariadenie Thera Trainer Balance (Thera Trainer GmbH, Nemecko) bolo využité ako interaktívny motivačný nástroj s biofeedbackom. Umožňuje bezpečnú vertikalizáciu pacienta a aktívny tréning rovnováhy prostredníctvom oscilácií plošiny do približne 9° vo všetkých smeroch. Pacient pohybuje telom proti nastaviteľnému mechanickému odporu.

Pre štúdiu boli použité dve interaktívne hry, „Ponorka“ a „Lietadlo“ (Obrázok 1), ktoré boli súčasťou terapeutického tréningu, pričom každá hra mala špecifické pravidlá a cieľ.

Hra „Ponorka“: Pacient ovláda ponorku na obrazovke pohybom tela v predozadnej rovine (dopredu a dozadu). Cieľom je udržať ponorku v určenej dráhe alebo sa vyhnúť prekážkam. Body sa získavajú za

to, ako presne a efektívne pacient kontroluje ponorku, čo zároveň podporuje koordináciu pohybov a posturálnu stabilitu.

Hra „Lietadlo“: Pacient ovláda virtuálne lietadlo v predozadnej a laterálnej rovine (dopredu/dozadu, do strán). Jeho úlohou je udržiavať rovnováhu a navigovať lietadlo cez prekážky, čím sa stimuluje kontrola trupu a rovnováhy v statických aj dynamických polohách. Body sú získavané na základe počtu prekonaných prekážok a času, počas ktorého pacient udrží rovnováhu.

Každá hra trvala 15 minút a bola vybraná pre svoju nízku motorickú náročnosť, bezpečnosť a vhodnosť pre detských pacientov. Na konci každej hry prístroj vyhodnotil výkonnostné skóre, ktoré slúžilo ako orientačný ukazovateľ tréningového progresu a motivácie pacienta.

Efekt rehabilitačného programu bol hodnotený porovnaním vstupných a výstupných výsledkov v teste Bergovej balančnej škály a zmenou výkonnostného skóre v herných moduloch zariadenia Thera Trainer Balance. Metodika neumožňuje oddeliť účinok samotného tréningu na Thera Trainer Balance od účinku komplexnej rehabilitačnej starostlivosti. Výsledky preto odrážajú efekt kombinovaného terapeutického prístupu.

Obrázok 1 Interaktívne hry zariadenia TTB "ponorka" a "lietadlo"

CHARAKTERISTIKA SÚBORU

V prvej kazuistike popisujeme prípad 17-ročného dievčaťa po prekonanej intracerebellárnej hemorágii vpravo na podklade AVM. V druhej kazuistike popisujeme prípad 14 ročného chlapca po prekonanej ischemickej NCMP s oklúziou ACM vpravo s rozvojom ľavostrannej hemiparézy až hemiplégie s akcentáciou na ľavej hornej končatine. Súčasne je prítomná centrálna lézia VII. hlavového nervu.

VÝSLEDKY

Rovnovážne schopnosti hodnotené pomocou Bergovej balančnej škály (tabuľka 1), sa výrazne zlepšili u oboch detí. Pacient 1 postúpil z kategórie vysokého rizika pádu (10 bodov) na úroveň stredne veľkého rizika pádu (37 bodov), čo naznačuje zlepšenie statickej rovnováhy a stability pri bežných denných činnostiach. Pacient 2 sa posunul zo stredne veľkého rizika pádu (21 bodov) do kategórie nízkeho rizika pádu (44 bodov) čo je indikátorom výrazného pokroku v posturálnej kontrole.

Tabuľka 1 Porovnanie vstupného a výstupného hodnotenia Bergovej balančnej škály u detských pacientov

Bergova balančná škála	Vstupné vyšetrenie	Výstupné vyšetrenie
Pacient 1	10	37
Pacient 2	21	44

Legenda: Bergova balančná škála hodnotenia: od 0-20 bodov – vysoké riziko pádu, 21-40 bodov- stredne veľké riziko pádu, 41-56 bodov – nízke riziko pádu

V úlohe 1 „Ponorka“, zameranej na kontrolu pohybu v predozadnej rovine, pacient 1 zaznamenal zvýšenie skóre z 860 na 1237 bodov (+377 b.), a pacient 2 z 1286 na 1632 bodov (+346 b.). Toto zvýšenie naznačuje zlepšenie posturálnej stability a koordinácie pohybov pri presúvaní ťažiska vpred a vzad, čo je kľúčové pre každodenné aktivity ako chôdza a státie.

Tabuľka 2 Porovnanie vstupného a výstupného hodnotenia posturálnej kontroly v predozadnej rovine – Thera Trainer Balance, úloha 1

Thera Trainer Balance	Vstupné vyšetrenie	Výstupné vyšetrenie
Pacient 1	860	1237
Pacient 2	1286	1632

V úlohe 2 „Lietadlo“ orientovanej na kontrolu v predozadnej a laterálnej rovine, došlo k nárastu skóre u pacienta 1 z 1010 na 1500 bodov (+490 b.) a u pacienta 2 z 1580 na 2105 bodov (+525 b.). Zlepšenie ukazuje na progres v dynamickej rovnováhe a stabilite pri pohyboch v rôznych smeroch, čo je dôležité pre bežné aktivity ako chôdza a otáčanie.

Tabuľka 3 Porovnanie vstupného a výstupného hodnotenia posturálnej kontroly v dvojrozmernej rovine – Thera Trainer Balance, úloha 2

Thera Trainer Balance	Vstupné vyšetrenie	Výstupné vyšetrenie
Pacient 1	1010	1500
Pacient 2	1580	2105

DISKUSIA

Cieľom štúdie bolo vyhodnotiť účinnosť interaktívneho systému Thera Trainer Balance (TTB) pri rehabilitácii rovnováhy u detských pacientov po cievnej mozgovej príhode. V našej kazuistike, sme u detských pacientov, ktorí využívali TTB, zaznamenali zlepšenie posturálnej stability a motorickej kontroly. To sa prejavilo lepšou rovnováhou, koordináciou pohybov trupu a dolných končatín a schopnosťou reagovať na zmeny polohy. Zároveň sa zvýšila ich motivácia a angažovanosť počas tréningu, čo podporilo efektívnejšie precvičenie svalstva.

Ordahan et al. (2015) vo svojej štúdii potvrdili, že tréning rovnováhy na balančnom trenažéri má pozitívny vplyv na rovnováhu a posturálnu kontrolu u pacientov po CMP. Zlepšenie skóre v Bergovej balančnej škále a v teste Timed Up and Go bolo výraznejšie u pacientov, ktorí absolvovali tréning na trenažéri v porovnaní s kontrolnou skupinou. Tieto zistenia naznačujú, že zariadenie určené na tréning rovnováhy môže zvýšiť efektivitu štandardnej rehabilitačnej terapie.

Gilardone et al. (2021) vo svojej kazuistike 13-ročného pacienta po CMP zaznamenali významné zlepšenie motorickej nezávislosti, rovnovážnej kontroly, jazykových a kognitívnych funkcií po intenzívnej interdisciplinárnej rehabilitácii. Šesťmesačné sledovanie pritom ukázalo zvýšenú motiváciu a spoluprácu pacienta. Hoci trvanie rehabilitácie a počet sledovaných pacientov sa líšia (v našej štúdii 2 mesiace, u Gilardone et al. 6 mesiacov), zistené zlepšenie motorickej stability a posturálnej kontroly podporuje potenciál intenzívnej a koordinovanej rehabilitácie u detských pacientov po CMP.

Meta-analýza Loro et al. (2023) skúmala účinnosť roboticky asistovaného tréningu na rovnováhu a mobilitu po CMP a porovnávala rôzne formy rehabilitácie vrátane tradičnej terapie, robotickej terapie a kombinovaných prístupov. Pacienti, ktorí absolvovali roboticky asistovaný tréning, dosiahli výraznejšie zlepšenie skóre v Bergovej balančnej škále, pričom najlepšie výsledky boli pri kombinácii robotického a konvenčného tréningu. Tieto zistenia naznačujú, že interaktívne a robotické technológie môžu efektívne dopĺňať tradičné rehabilitačné postupy a podporiť zlepšenie rovnováhy a kontroly pohybu, čo je v súlade s našimi pozorovaniami u detských pacientov s TTB.

Thomas et al. (2017) porovnávali účinok tréningu rovnováhy s vizuálnou spätnou väzbou podporenou terapeutickými hrami a bez nej u desiatich pacientov s hemiparézou po CMP. Pacienti absolvovali osem terapeutických sedení počas štyroch dní. Skupina s vizuálnou spätnou väzbou dosiahla významné zlepšenie vo väčšine sledovaných parametrov funkčnej rovnováhy. Jedným zo

sledovaných parametrov bola aj Bergova balančná škála. Výsledky naznačujú, že využitie vizuálnej spätnej väzby s hernými prvkami môže efektívne zlepšiť rovnováhu u pacientov po CMP.

Okrem toho Calabrò et al. (2021) sledovali účinok robotickej rehabilitácie dolných končatín u dospelých pacientov po CMP a zaznamenali zlepšenie rovnováhy, koordinácie pohybov a svalovej sily. Tieto výsledky dopĺňajú zistenia meta-analýzy Loro et al. (2023), ktorá poukazuje na význam roboticky asistovaného tréningu pri zlepšovaní rovnováhy a mobility. Spoločne tieto štúdie podporujú názor, že robotické a interaktívne prístupy môžu účinne podporiť posturálnu kontrolu, čo korešponduje aj s našimi pozorovaniami u detských pacientov s TTB.

Naša analýza ukázala, že vizuálna a akustická spätná väzba z TTB podporuje aktívnu kontrolu pohybu v reálnom čase, čím sa zlepšuje posturálna stabilita a motorická koordinácia. Výkonnostné skóre slúžilo primárne ako motivačný ukazovateľ, ktorý umožnil deťom sledovať svoj pokrok a zvýšil ich angažovanosť. Treba však zdôrazniť, že pacienti absolvovali aj štandardnú kinezioterapiu, preto nie je možné presne oddeliť účinok samotného TTB od celkovej terapie.

Hoci sú naše výsledky sľubné, štúdia mala obmedzený počet pacientov a neobsahovala kontrolnú skupinu. Pre potvrdenie účinnosti TTB bude potrebné vykonať ďalší výskum so širšou vzorkou a kontrolnými skupinami. Napriek tomu naše zistenia poskytujú dôkaz, že interaktívne systémy ako TTB môžu významne podporiť rehabilitáciu rovnováhy a motiváciu detských pacientov po CMP, čím otvárajú priestor pre ďalší výskum v oblasti pediatrickej neurorehabilitácie.

ZÁVER

Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť využiteľnosť interaktívneho systému Thera Trainer Balance (TTB) v rehabilitácii rovnováhy detských pacientov po cievnej mozgovej príhode. Výsledky ukazujú, že TTB prispel k zlepšeniu posturálnej stability, čo sa objektívne prejavilo v zlepšení skóre v Bergovej balančnej škále (BBS). U oboch pacientov došlo k nárastu skóre v BBS, čo naznačuje zlepšenie statickej a dynamickej rovnováhy a zníženie rizika pádu.

Tieto zlepšenia sa odrazili aj v každodennom živote pacientov. Obaja pacienti pri nástupe na rehabilitačnú liečbu používali mechanický vozík. V závere rehabilitačného pobytu jeden z pacientov používal jednu francúzsku barlu a druhý chodil bez akejkoľvek pomôcky. Motivácia a angažovanosť pacientov počas tréningu s TTB boli vysoké, čo ukazuje, že zábavný a interaktívny prístup môže výrazne zvýšiť záujem k rehabilitácii. Tieto zistenia podporujú názor, že interaktívne rehabilitačné nástroje môžu byť veľmi účinné v pediatrickej neurorehabilitácii.

Výsledky tejto štúdie naznačujú, že Thera Trainer Balance je efektívnym doplnkom k tradičným rehabilitačným metódam a môže zlepšiť motorické schopnosti, rovnováhu a posturálnu stabilitu detí po cievnej mozgovej príhode. Jeho integrácia do rehabilitačných programov môže prispieť k zlepšeniu terapeutických výsledkov a zvýšeniu kvality života pacientov. Na základe týchto zistení je vhodné zvážiť ďalší výskum zameraný na širšie využitie interaktívnych systémov v neurorehabilitácii detí.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

BURGET R. Thera-Trainer Balance: Principles and Clinical Applications. Physiother *Pract Res*. 2015; 36: 12–20.

CALABRÒ R.S., NARO A., BRAMATI P. et al. Effects of robotic balance training on postural control in patients after stroke. *Brain Sciences*. 2021; 11 (6): 743–755.

FULLERTON H.J. Epidemiology of Childhood Stroke. *Lancet Neurol*. 2011; 10: 985–995.

GANESAN V., AMLIE-LEFOND C., FULLERTON H. et al. Etiology and Outcomes of Pediatric Stroke. *Stroke*. 2022; 53: 1001–1010.

GILARDONE G., FUMAGALLI F.M., MONTI A. et al. Multidisciplinary rehabilitation of a post-stroke pediatric patient considering the ICF perspective. *J Pediatr Rehabil Med.* 2020; 13 (3): 255–262. doi:10.3233/PRM-190636.

HUANG C. et al. Interactive Robotic Systems for Balance Training. *Clin Rehabil*. 2023; 37 (4): 543–556.

JAMES T.T., BRAMMATHA A. Effect of gaming assisted visual feedback on functional standing balance among acute hemiparetic stroke patients. *Indian J Physiother Occup Ther*. 2017; 11 (4): 151.

KARASEVA N. Pediatric Stroke Rehabilitation: Current Approaches. *Int J Pediatr*. 2021; 2021: 6678321.

KIRTON A., DE VEBER G., WILLIAMS P. Pediatric Stroke Rehabilitation and Neuroplasticity. *Stroke*. 2006; 37: 2437–2446.

KROHN M., RINTALA A., IMMONEN J., SJÖGREN T**.** The effectiveness of therapeutic exercise interventions with virtual reality on balance and walking among persons with chronic stroke: systematic review, meta-analysis, and meta-regression of randomized controlled trials. *J Med Internet Res.* 2024; 26: e59136. doi:10.2196/59136.

LIU Y., YIN S., YI Q., LIU, X., LI J. Biofeedback-Based Rehabilitation in Pediatric Stroke Patients. *J Child Neurol*. 2023; 38 (12): 1205–1215.

LORO A., BORG M.B., BATTAGLIA M. et al. Balance rehabilitation through robot-assisted gait training in post-stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Brain Sciences*. 2023; 13 (1): 92.

LYU X., ZHANG H., CHEN Y. et al. Interactive Systems in Pediatric Motor Rehabilitation. *Rehabil Robot*. 2023; 10: 45–55.

MEDICINA – CENTRE FOR SMART HEALTH. Smart Technologies for Balance Training. *Medicina*. 2023; 59 (6): 1120.

ORDAHAN B., KARAHAN A.Y., BASARAN A. et al. Impact of exercises administered to stroke patients with balance trainer on rehabilitation results: A randomized controlled study. *Hippokratia*. 2015; 19 (2): 125–130.

PAPPACHAN J.M., KIRKHAM F.J. Pediatric Stroke: Diagnosis and Management. *Curr Opin Neurol*. 2008; 21: 101–106.

POLI M. Robotics in Neurorehabilitation. *J Rehabil Med*. 2013; 45: 1–9.

SAMAK M. Pediatric Stroke: Clinical Overview and Rehabilitation Approaches. *J Pediatr Neurol*. 2025; 15 (2): 45–52.

SWAIMAN K.F., ASHWAL S., FERRIERO D.M. *Pediatric Neurology Principles and Practice*. 4th ed. Philadelphia: Elsevier; 2006.

TROJAN D.A. Neurorehabilitation in Pediatric Stroke. *Dev Med Child Neurol*. 2005; 47: 345–350.

WHO. Cerebrovascular Disease in Children. *World Health Organization Technical Report Series*. 1980; 643: 1–24.

WISKERKE J., KOOL J., HILFIKER R. et al. Interactive Balance Training Systems in Neurorehabilitation. *Front Neurol*. 2024; 15: 11234.

WU X., LIANG P., LI L. et al. Neurodevelopmental outcomes of neonatal posthemorrhagic hydrocephalus and psychological effects on the parents. *Childs Nerv Syst*. 2023; 39 (8): 1701–1712.