

Terapia chôdze u pacientov s centrálnou hemiparézou s použitím zariadenia walkaide

Gait Therapy in Patients With Central Hemiparesis Using the Walkaide Device

Peter Mačej^{1,2}, Marina Potašová¹, Peter Kutíš¹, Silvia Pilarčíková¹, Alexandra Melišová¹,
Martin Komár¹

¹Katedra fyzioterapie, Fakulta zdravotníctva, Katolícka univerzita v Ružomberku, Ružomberok, Slovenská republika

²Oddelení fyzioterapie, Rehabilitační ústav Hrabyně, Hrabyně, Česká republika

<https://doi.org/10.54937/zs.2023.15.2.23-26>

Abstrakt

Cievna mozgová príhoda sa označuje ako náhla porucha cievneho zásobenia mozgového tkaniva. Je na treťom mieste v úmrtnosti po srdcových chorobách a rakovine. Počet jedincov s cievnu mozgovou príhodou v Českej republike je 350 pacientov na 100 000 jedincov ročne. To znamená, že v Českej republike ročne ochorie na mozgovú príhodu zhruba 35 000 ľudí. Pacienti, ktorí prekonali mozgovú príhodu, často trpia hemiparézou, ktorá ovplyvňuje stereotyp chôdze. Charakteristickým znakom hemiparetickej chôdze je cirkumdukčný pohyb v bedrovom kĺbe a oslabenie skupín extenzorov členka, znížená rýchlosť, kratšia dĺžka kroku a menšie zaťaženie paretickej končatiny. V rámci rehabilitácie je možné stimulovať paretickú dolnú končatinu pomocou WalkAide. Ide o druh funkčnej elektrickej stimulácie, pri ktorej dochádza k podráždeniu periférneho nervu a následnej aktivácii paretického svalu. Cieľom predkladanej štúdie bolo navrhnúť metodiku objektivizácie vplyvu elektrickej stimulácie pomocou WalkAide na vybrané parametre chôdze.

KLúčové slová: Hemiparéza. Cievna mozgová príhoda. Roboticky asistovaná chôdza. Neurorehabilitácia.

Abstract

A stroke is defined as a sudden disruption of the blood supply to the brain tissue. It is the third leading cause of death after heart disease and cancer. The number of individuals with a stroke in the Czech Republic is 350 patients per 100,000 individuals per year. This means that roughly 35,000 people suffer from a stroke in the Czech Republic every year. Patients who have survived a stroke often suffer from hemiparesis, which affects the stereotype of walking. A characteristic feature of hemiparetic gait is circumduction movement in the hip joint and weakening of the ankle extensor groups, reduced speed, shorter step length and less load on the paretic limb. As part of the rehabilitation, it is possible to stimulate the paretic lower limb using the WalkAide. It is a type of functional electrical stimulation, which causes irritation of the peripheral nerve and subsequent activation of the paretic muscle. The aim of the presented study was to propose a methodology for objectifying the influence of electrical stimulation using WalkAide on selected walking parameters.

Key words: Hemiparesis. Vascular stroke. Robotically assisted walking. Neurorehabilitation.

Úvod

Takmer dve tretiny prežívajúcich pacientov majú problémy s pohyblivosťou až 6 mesiacov po cerebrovaskulárnom záchvate. Viac ako polovica z nich nie je schopná samostatnej chôdze po celý život - teda chodza bez technickej pomôcky či osobnej asistencie. Funkčná vrstva po CMP (cievna mozgová príhoda je väčšinou determinovaná lokalizáciou a rozsahom konečného poškodenia centrálného motorického nervového systému (CNS). Ak schématicky uvažujeme o najčastejšom (supratentoriálnom) poškodení CNS pre neurorehabilitáciu chôdze, tak abnormalitu chôdze po CMP predstavuje zdanlivo typický rámec relatívne vysokej interindividuálnej variability [9]. Do celkovej straty posturálnej lokomócie sa okrem svalovej slabosti (hemiparéza) vždy premietne viac okolností. Vyplyvajú z nedávneho cerebrovaskulárneho záchvatu (somatosenzorický deficit, spasticita, bolesť, poruchy zrakovo-priestorového vnímania, kognitívne deficity), ako aj zo skorších či iných ochorení a úrazov. Kombinácia všetkých faktorov predstavuje komplexný klinický obraz hemiparetickej chôdze. Hemiparetická chôdza sa vyznačuje nižšou rýchlosťou a vytrvalosťou v porovnaní so zdravými, asymetrickým zaťažovaním dolných končatín s odľahčením paretickej končatiny, zhoršenou kontrolou pohybu a spomalením posturálnej reaktivity. Seberealizácia samostatnej chôdze u pacientov po CMP je potom funkčne limitovaná najmä

zhoršenou priestorovou orientáciou a zníženou adaptabilitou na meniace sa prostredie [10,11].

Neurofyziologické mechanizmy kontroly chôdze

Predpokladá sa, že základný lokomočný vzor je z veľkej časti generovaný evolučne determinovanou interneuronálnou sieťou (tzv. CPG – Central Pattern Generators). CPG recipročne stimulujú činnosť svalov dolných končatín a predstavujú akýsi servomechanizmus chôdze. Pozoruje sa, že aktivita CPG (aspoň na úrovni miechy) je modulovaná hlavne propioceptívnou aferenciou z dolných končatín, ktorá sa zdá byť kľúčovým spúšťáčom automatizácie chôdze. Klinická prax a iné štúdie však ukazujú, že nezávislá chôdza človeka je riadená súčtom všetkých centrálnych nervových systémov (spinálneho, subkortikálneho a kortikálneho) [10]. Voľné stratégie riešenia danej konkrétnej situácie vytvára kôra v spolupráci so subkortikálnymi a miechovými okruhmi, pričom rytmizáciu či automatizáciu chôdze väčšinou riadia podkôrové oblasti. Na úrovniach riadenia pohybu je charakter chôdze regulovaný senzorickými informáciami (hlavne propioceptívnymi, zrakovými, sluchovými a informáciami z vestibulárneho systému), teda pri chôdzi sa nielen ortográdne „pohybuje v

priestore“, ale zároveň sa len adekvátne prispôsobuje aktuálnym zmenám prostredia. Tieto poznámky sú nevyhnutné pre klinické princípy neurorehabilitácie chôdze. Neurorehabilitáciu chôdze musíme v tejto súvislosti chápať predovšetkým ako cieľenú snahu v maximálnej možnej miere uľahčiť senzorickú aferenciu na všetkých úrovniach CNS. Uľahčuje prípravu, vykonávanie a kontrolu polohy človeka vo vertikále [3].

Nervový základ funkčnej obnovy pohybu po CMP

Funkčné zotavenie, ktoré nastáva po CMP, je dosť variabilné. Štrukturálne a funkčné zmeny v CNS začínajú najskôr po cievej mozgovej príhode a trvajú mesiace až roky. Tieto zmeny nie sú lokalizované len na seba poškodenie. Vždy sú postihnuté ostatné štruktúry CNS funkčne spojené s poškodenou oblasťou. Základom funkčnej úpravy po CMP je neuroplasticita. Je to schopnosť nervového systému modifikovať svoju funkciu, časť a štruktúru v reakcii na podnety z okolia. Dnes je zhoda v tom, že táto schopnosť adaptácie je elementárnou vlastnosťou CNS. Je to základ pre učenie sa nových zručností. Neuroplasticita je primárne určená povahou a intenzitou aferentných vstupov. Ide hlavne o:

a) *Výkonávanie špecifickej činnosti (plasticita závislá od aktivity)*

Úprava synaptických spojení a reorganizácia kôry prebieha predovšetkým s ohľadom na špecificky vykonávanú (motorickú) činnosť. Až potom sa potencujú nervové interakcie potrebné na jeho realizáciu. Naopak, ostatné pohyby zodpovedajúce menej odlišným pohybom sú tlmené.

b) *Multisenzorická stimulácia*

Neuroplasticita je podporovaná najmä multisenzorickou stimuláciou. Bohatá aferencia pri súčasnej stimulácii viacerých zmyslových systémov vedie k variabilnejším pohybovým aktivitám. Predpokladá sa, že môže mať dosť zásadný vplyv na redukciu ischemických porúch, stimuláciu neurogenézy, a tým podporovať rozvoj motorických a kognitívnych funkcií.

c) *Opakovanie*

Pravidelné a intenzívne opakovanie pohybovej úlohy podporuje tvorbu „nových“ motorických programov, prípadne adaptívnu reorganizáciu existujúcich tak, aby sa výsledné vykonávanie pohybovej úlohy lepšie prispôbilo funkčnej strate [7,12].

Terapeutické modality neurorehabilitácie chôdze u pacientov po CMP

Objektívne úspešná neurorehabilitácia chôdze vyplýva zo všeobecných princípov uvedených vyššie. Všetky stratégie a koncepcie neurorehabilitácie chôdze smerujú k jasnému cieľu: samostatná, vytrvalá a dostatočne rýchla lokomócia v premenlivom vonkajšom prostredí [2]. V súčasnosti sa v neurorehabilitácii chôdze najčastejšie využívajú tieto modality:

1.) *Konvenčný tréning chôdze s podporou alebo pomocou terapeuta*

Historicky, ale stále najčastejšie, ide o bežnú chôdzu s podporou alebo pomocou alebo len pod dohľadom terapeuta (terapeutov). Jednotlivé technické pomôcky (chodítka, barle) sa využívajú v nevyhnutnej miere. Výhodou chôdze s pomocou terapeuta je individualizovaný prístup a možnosť okamžitej

korekcie pacienta s ohľadom na jeho aktuálny funkčný deficit. Určitou nevýhodou môže byť pre terapeuta náročnosť. Koriguje všetky zložky pohybu pacienta, pričom zároveň kladie vysoké nároky na jeho vlastný psychický a fyzický stav. Vedenie chôdze skúseným terapeutom sa v uvedených aspektoch považuje za nenahraditeľné iným typom terapie.

2.) *Roboticky asistovaná chôdza*

Všetko sú to terapeutické situácie, kde sa krokový stereotyp realizuje vo vertikále s určitou nastaviteľnou mierou podpornej a aktívnej pohybovej asistencie robotickým exoskeletom. Vysoké obstarávacie náklady a požiadavky na personálne zabezpečenie často obmedzujú využitie týchto technológií len na špecializované pracoviská.

3.) *Tréning chôdze na bežiacom páse*

Pohyb v krokovom stereotypu stimuluje pohyblivý pás. V porovnaní s bežnou chôdzou je pacient nútený viac používať paretickú dolnú končatinu a vykonáva väčší počet krokových cyklov vo vyšších rýchlostiach. Predpokladá sa, že chôdza na bežiacom páse výrazne uľahčuje činnosť spinálnych CPG viacnásobným opakovaním krokových cyklov (nútený pohyb pásu).

4.) *Chôdza na bežiacom páse s úľavou od hmotnosti (terapia na podporu telesnej hmotnosti)*

Používa sa u pacientov, ktorí sú schopní chodiť len s výraznou asistenciou. Závesné zariadenie umožňuje odľahčiť časť hmotnosti pacienta, no uľahčenie krokového stereotypu je skôr diskutabilné.

5.) *Chôdza s pomocou dodatočnej spätnej väzby*

Najčastejšie sa používa dodatočná sluchová a vizuálna spätná väzba. Pri sluchovej spätnej väzbe pacient prispôsobuje chôdzu externe danému rytmu, pri zrakovej spätnej väzbe je chôdza vedená vizuálnymi značkami (na podlahe alebo na bežiacom páse).

6.) *Chôdza na bežiacom páse vo virtuálnom prostredí*

Na bežiacom páse v interaktívnom virtuálnom prostredí môže pacient trénovať chôdzu s ohľadom na meniace sa podmienky prostredia (napr. prechod cez lávku, vyháňanie sa prekážke a pod.). Výhodou tejto terapie je, že vieme modifikovať podmienky vonkajšieho prostredia s ohľadom na aktuálny stav a kogníciu pacienta. Návik chôdze vo virtuálnom prostredí je navyše potencovaný interaktívnou multisenzorickou stimuláciou. Súhrne povedané, na dosiahnutie maximálnej možnej samostatnosti v chôdzi je nevyhnutný intenzívny tréning a vedomé osvojenie si jednotlivých fáz krokového stereotypu ako špecifických funkčných činností. A to v senzoricke bohatom prostredí s dostatočne variabilnými nárokmi. Samozrejme s prihliadnutím na morfológický, neurologický a funkčný potenciál pacienta [5,8].

Neurofyziologický základ pokročilých rehabilitačných technológií

Pojem ART (pokročilá rehabilitačná technológia - Advanced Rehabilitation Technology) úzko súvisí s rozvojom nových poznatkov neurofyziológie, najmä poznatkov o plasticite centrálného nervového systému (CNS) a najmä

mozgu. V stručnom zhrnutí môžeme konštatovať, že plasticita CNS je najvyššia v detskom veku, najmä v ranom veku, ale ani v strednom a vyššom veku nie je potenciál plasticity mozgu zanedbateľný a po poškodení CNS sa prechodne výrazne zvyšuje (overplasticita). Táto skutočnosť je dobre známa z praxe – napr. u pacientov po cievnnej mozgovej príhode, schopnosť chodiť sa obnoví do šiestich mesiacov, pričom najväčší pokrok sa dosiahne v prvých troch mesiacoch po inzultácii [13]. Neurofyziologické mechanizmy plasticity sú vrodené a vyskytujú sa spontánne. Rehabilitácia ich nemôže priamo ovplyvniť, ale možno ich využiť na podporu motorického učenia vhodnou aferenciou. Ukázalo sa, že účinnosť použitia včasného terapeutického okna sa zvyšuje, keď sú splnené nasledujúce podmienky:

- (čas) intenzívna rehabilitácia,
- cieľná rehabilitácia (úloha-špecifická, zameraná na cieľ) s merateľnými výsledkami
- multisenzorická spätná väzba
- motivácia pacienta

Podľa týchto zásad je optimálne, keď pacient takmer celý čas v bdelom stave cielene rehabilituje a zároveň dokáže spolupracovať. A práve tomu by malo pomôcť ART, ktorého propagátori poukazujú na fakt, že v dnešnej dobe trávi pacient väčšinu bdelého stavu nečinnosťou. Trochu však prehládajú, že fyzické a psychické možnosti pacienta sú v tomto období výrazne obmedzené a rýchlo sa vyčerpá. Aj v prípade robotickej rehabilitácie hornej končatiny, ktorá je fyzicky menej náročná ako rehabilitácia robotickej chôdze, je psychická náročnosť motorického učenia často vyššia z dôvodu vyššieho zamerania „úkolovo orientovanej“ rehabilitácie [1].

Výsledky štúdií pacientov po CMP sú aspoň čiastočne povzbudivé. Mehrholz et al vykonali metaanalýzu 23 štúdií RTC, ktoré zahŕňali 999 pacientov. Väčšiu nádej na samostatnú chôdzu majú podľa ich záveru tí pacienti, ktorí absolvovali klasickú fyzioterapiu spolu s robotickou rehabilitáciou. Robotická terapia je obzvlášť prínosná počas prvých troch mesiacov a u pacientov, ktorí nemôžu chodiť, ale zatiaľ nie je jasné, akú úlohu zohráva táto metóda v celkovom systéme terapie. Porovnanie rôznych typov robotickej terapie na základe analýzy 18 štúdií s 885 pacientmi ukázalo, že koncové efektorové systémy majú výrazne väčší vplyv na nezávislý tréning chôdze ako exoskeletony [7].

Stimulácia chôdze pomocou zariadenia WalkAide

V rámci rehabilitácie je možné stimulovať paretickú dolnú končatinu pomocou WalkAide. Ide o druh funkčnej elektrickej stimulácie, pri ktorej dochádza k podráždeniu periférneho nervu a následnej aktivácii paretického svalu. Pri stimulácii dochádza k stimulácii dostredivých aj dostredivých vlákien, čo vedie k reflexnej facilitácii svalových vlákien. Najčastejšou lokalizáciou funkčnej elektrickej stimulácie je n. peroneus, ktorý je zodpovedný za vykonanie dorzálnej flexie v členkovom kĺbe potrebnej na chôdzu [4]. Gyroskop spolu s akcelerometrom zabudovaným v tomto zariadení má na starosti zdvíhanie previsnutého hrotu paretickej končatiny pri chôdzi. Pri pravidelnom zaraďovaní tejto kompenzačnej pomôcky do terapie chôdze možno očakávať benefity ako zlepšenie stability, vytrvalosti pri chôdzi, zníženie rizika pádu a korekcia syndrómu padania prstov na nohách. Cieľom predkladanej štúdie bolo navrhnúť metodiku objektivizácie vplyvu elektrickej stimulácie pomocou WalkAide na vybrané parametre chôdze [6].

Materiály a metódy

Do štúdie boli zaradení pacienti v subakútnej fáze po cievnnej mozgovej príhode na rehabilitácii v Rehabilitačnom ústave Hrabyně, kde sa robili aj samotné merania. Dĺžka sledovanej terapie chôdze bola stanovená na 4 týždne pre každého probanda. Celkový počet vyšetrených pacientov v našom výskume bol 41. Všetci pacienti z nášho výskumu mali cievnú mozgovú príhodu, ktorá vyústila do centrálnej hemiparézy. Podmienky zaradenia pacientov do výskumu boli: svalová sila paretickej končatiny minimálne 2. stupeň podľa Jandovho svalového testu, pacienti museli byť kognitívne orientovaní a schopní, pacienti museli absolvovať prvý rehabilitačný pobyt a mať schopnosť stáť samostatne alebo stáť s kompenzačnou pomôckou. Za vylučovacie kritérium sme považovali neschopnosť spolupráce, plégiu dolnej končatiny, náchylnosť k vertikálnemu kolapsu a svalovú silu paretickej končatiny nižšiu ako 2. stupeň podľa Jandovho svalového testu. Priemerný vek pacientov v sledovanom súbore bol 64,53 rokov. Najmladší pacient mal 27 rokov, najstarší 81. Výskumný súbor tvorilo 24 žien, čo predstavuje 58,54 % z celkového súboru zaradených pacientov. Z celkového súboru bolo 17 mužov, čo predstavuje 41,46 %. Medzi hodnotiace nástroje boli zaradené klinické testy chôdze TUG a 10MWT. Pomocou zariadenia HP Cosmos zebriis Treadmill FDM-T (zebris Medical GmbH, Nemecko) sa merali vybrané parametre chôdze (dĺžka kroku, súčet dĺžky kroku ľavej a pravej dolnej končatiny, kadencia). Merania sa uskutočnili na začiatku liečby a po 4 týždňoch liečby. Spracovanie výsledkov nasledovalo po ukončení kvantitatívneho zberu dát od oboch skupín. Výsledky výskumu boli štatisticky spracované v programe IBM SPSS. Údaje pred fyzioterapiou aj po fyzioterapii pochádzajú z normálneho rozdelenia, môžeme vykonať neparametrický test. Vybrané parametre chôdze boli štatisticky porovnané pomocou párového Wilcoxonovho testu. Za štatisticky významné boli považované rozdiely na hladine štatistickej významnosti $\alpha = 0,05$.

Výsledky

Výsledky ukazujú, že mesačné zaradenie neurostimulátora WalkAide do terapie chôdze u pacientov v subakútnej fáze po cievnnej mozgovej príhode má významný vplyv na predĺženie súčtu kroku pravej a ľavej dolnej končatiny ($p = 0,024$). S týmto faktom súvisí aj potvrdenie predpokladu poklesu minútovej kadencie pacienta. Za štatisticky významný výsledok sa považuje aj zvýšenie rýchlosti chôdze, z 0,42 m/s na 0,46 m/s pri použití WalkAide v terapii ($p = 0,045$). Rýchlosť chôdze bola testovaná pomocou štandardizovaného testu chôdze 10MWT. Probandi boli meraní pred začiatkom terapie a na konci 4 týždňov terapie.

Záver

Táto štúdia poukazuje na možnosť hodnotenia efektu WalkAide pomocou vybraných parametrov chôdze s využitím systému zebris (hodnotenie kadencie, dĺžka dvoch krokov) aj bez jeho použitia (klinický test 10MWT). Na základe zmien v sledovaných parametroch možno usúdiť, že zaradenie WalkAide do terapie chôdze u pacientov v subakútnej fáze po cievnnej mozgovej príhode má pozitívny vplyv na dĺžku dvojkroku, zrýchlenie chôdze a redukciu tzv. minútovej kadencie. U pacientov môžeme pozorovať aj čiastočnú úpravu syndrómu padajúceho prsta a zvýšenie vytrvalosti pri chôdzi. Hodnotenie je možné aplikovať v klinickej praxi vďaka rýchlemu vyhodnoteniu sledovaných parametrov. Nevýhodou je však vysoká obstarávacia cena zariadenia zebris.

Zoznam bibliografických odkazov

1. Alinhg et al. 2021; Effect of assist-as-needed robotic gait training on the gait pattern post stroke: a randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00800-4>
2. Andersson, P., Franzén, E. 2015; Effects of weight-shift training on walking ability, ambulation, and weight distribution in individuals with chronic stroke: a pilot study. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 22(6), 437–443. <https://doi.org/10.1179/1074935715Z.00000000052>
3. Coleman, E. et al. 2017; Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review. *Current Atherosclerosis Reports*, 19(12). <https://doi.org/10.1007/s11883-017-0686-6>
4. Horntby, T. G. et al. Robotic assisted, body – Weight - supported treadmill training in individuals following motor incomplete spinal cord injury. *Physical Therapy*, 85, 2005; 1, 52-66. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.1.52>
5. Krobot, A. et al. Neurorehabilitace chůze po cévní mozkové příhodě. Oddělení rehabilitace, FN Olomouc 1; Neurologická klinika LF UP a FN Olomouc 2; Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd UP a FN Olomouc 3. Vydané v časopise: *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*. N 2017; 80/113(5): 521 – 526. <https://doi.org/10.14735/amcsnn2017521>
6. Meyer-Heim, A. et al.: Feasibility of robotic assisted locomotor training in children with central gait impairment. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 49, 2007; 900-906. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00900.x>
7. Merholz J, Wagner K, Meissner D et al. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2007; 88 (10): 1314–1319. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.764>
8. Nakano, W., Sakamoto, R., & Ohashi, Y. 2014; How patients with stroke adjust their step length to step over obstacles. *International Journal of Rehabilitation Research*, 37(1), 34–39. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e3283646bca>
9. Park, J., & Kim, T.-H. 2019; The effects of balance and gait function on quality of life of stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 1–5. <https://doi.org/10.3233/NRE-182467>
10. Pfeiffer, J. Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi. Praha: Grada, 2007; ISBN 978-80-247-1135-5.
11. Schwartz, I.; Ofran, Y.; Karniel, N.; Seyres, M.; Portnoy, S. Step. Length Asymmetry Predicts Rehabilitation Length in Subacute Post Stroke Patients. *Symmetry*. 2022; <https://doi.org/10.3390/sym14101995>
12. Srivastava, S., & Kao, P. C. 2016; Robotic Assist-As-Needed as an Alternative to Therapist-Assisted Gait Rehabilitation. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 4(5). <https://doi.org/10.4172/2329-9096.1000370>
13. Žarkovič D., Šorfová M: Neurobiomechanické aspekty roboticky asistované chůze. Katedra anatomie a biomechaniky, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Vyšlo v časopise: *Rehabil. fyz. Lék.*, 24, 2017; No. 1, 43-49.

Kontakt:

Mgr. Peter MAČEJ
Katolícka univerzita v Ružomberku
Fakulta zdravotníctva
Katedra fyzioterapie
Nám. A. Hlinku 48
034 01 Ružomberok
mobil: +421 918 843 620
e-mail: peto.macej19@gmail.com