

Přístrojová analýza chůze u pacientů s dětskou mozkovou obrnou

MUDr. Martin Švehlík, Ph.D.^{1,2}, doz. dr. med. Ernst Bernhard Zwick², prof. dr. med. Gerhardt Steinwender², dr. med. Tanja Kraus², prof. dr. med. Wolfgang E. Linhart²

¹Ortopedická klinika UK 2. LF – Dětská a dospělá ortopedie a traumatologie, 2. LF UK Praha

²Department of Paediatric Orthopaedics, Medical University of Graz, Austria

Chůze je základním pohybovým stereotypem člověka. Dokonalost tohoto pohybu je dána jemnou souhrou centrálního nervového systému a pohybového aparátu. Přístrojová analýza chůze je jedinečné funkční a dynamické vyšetření, které nám dává možnost lépe pochopit nejen biomechaniku, ale i centrální řízení pohybu. Díky technologickému pokroku se analýza chůze posouvá z výzkumných biomechanických laboratoří směrem do běžné klinické praxe a stala se neocenitelnou pomůckou pro řadu neurologů, fyzioterapeutů, ortopedů a protetiků, kteří se zabývají problematikou dětské mozkové obrny.

Klíčová slova: dětská mozková obrna, chůze, přístrojová analýza chůze.

Instrumental gait analysis in patients with cerebral palsy

Gait is an elementary kinetic stereotype of humans. The perfection of this movement is achieved by a delicate interplay between the central nervous and locomotor systems. Instrumental gait analysis is a unique functional and dynamic investigation that allows us to better understand not only biomechanics, but also central movement control. Due to technological progress, gait analysis has moved from biomechanics research laboratories into routine clinical practice and has become an invaluable aid for a number of neurologists, physiotherapists, orthopaedists and prosthetists dealing with the issues of cerebral palsy.

Key words: cerebral palsy, gait, instrumental gait analysis.

Neurol. praxi 2011; 12(4): 230–233

Seznam zkratek

DMO – dětská mozková obrna

Přístrojová analýza chůze u pacientů s dětskou mozkovou obrnou

Chůze, tedy bipedální lokomoce, je základním pohybovým vzorem člověka a je pro něj natolik typická, že se stala jednou z charakteristik rodu homo sapiens. Z biomechanického hlediska je chůze definována jako opakující se pohyb dolních končetin, který posouvá tělo kupředu a zároveň zajišťuje jeho stabilitu v prostoru (Perry, 2010). Biomechanická definice již lecos napoví o komplexnosti tohoto pohybu, nicméně pro klinika je třeba si uvědomit, že chůze je základní pohybovou funkcí člověka, která je dána dokonalou souhrou centrálního řízení a pohybového aparátu společně s využitím fyzikálních zákonů. Mnoho onemocnění pohybového aparátu a centrálního nervového systému interferuje se schopností chůze a podílí se tak na její zvýšené energetické náročnosti. Nejinak je tomu i u dětí s dětskou mozkovou obrnou (DMO), kde neprogresivní postižení nezralého mozku vede k sekundárním patologickým změnám na pohybovém aparátu. U těchto dětí

je porucha svalového tonu, která se nejčastěji manifestuje jako spasticita, doprovázena poruchou rovnováhy, ale také neurokognitivními, senzoryckými a senzitivními lézemi (Kraus, 2005). Provedení komplexní analýzy stereotypu chůze před indikací konzervativní a zejména operační léčby má zásadní význam pro dosažení optimálního výsledku terapie dětí s dětskou mozkovou obrnou. Analýza chůze, ať už se jedná pouze o analýzu observační nebo přístrojovou, nám pomáhá pochopit podstatu poruchy stereotypu chůze, určit přesnou příčinu a díky tomu lépe předvídat výsledek léčby. Přístrojová analýza chůze je určitě jedinou možností, jak objektivně vyšetřit poruchu pohybového stereotypu, a dává nám zároveň možnost kriticky zhodnotit výsledky stanovené léčby.

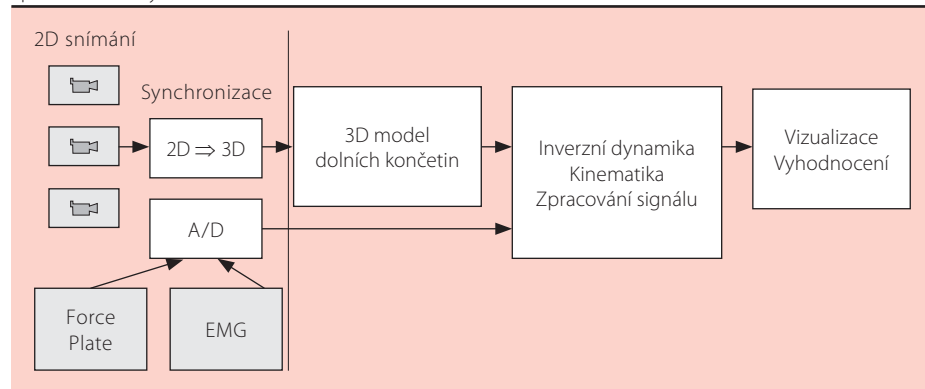
Co je to přístrojová analýza chůze?

Fyzikální vyšetření dětí s DMO zahrnuje vyšetření svalového tonu, reflexů, rozsahu pohybu v jednotlivých kloubech, svalové síly, zjištění kontraktur a abnormalit rostoucího skeletu. Tato kineziologická vyšetření nám nejsou schopna popsat tak komplexní dynamickou funkci, jakou je chůze. Tento fakt dobře dokumentuje studie Desloovere et al., která prokázala jen slabou

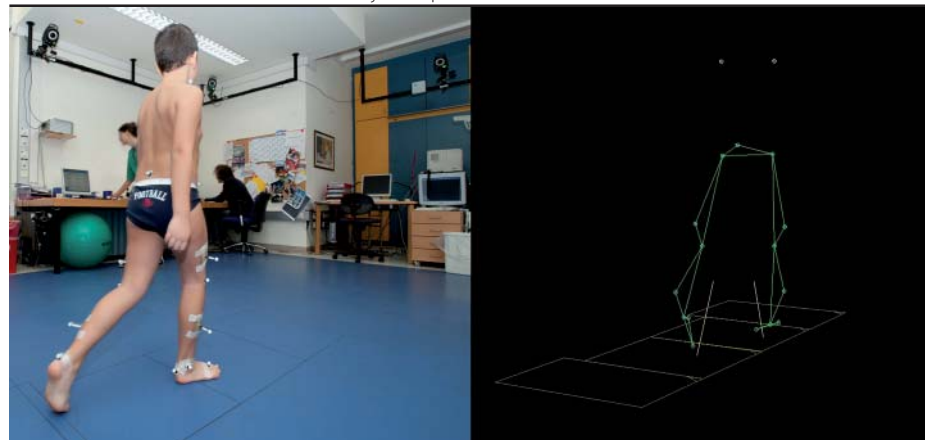
až střední korelaci mezi klinickým vyšetřením a přístrojovou analýzou chůze (Desloovere et al., 2006). Observační vyšetření chůze patří k základním postupům hodnotícím celkový stav dítěte s DMO. Pro snazší hodnocení chůze je možno si pořídit videozáznam. Nicméně, observační analýza chůze je zatížena jistou mírou subjektivity a je značně závislá na zkušenosti vyšetřujícího.

V zásadě existují čtyři metody, které dohromady dávají ucelený popis chůze a pomáhají nám určit příčinu poruchy pohybového stereotypu (schéma 1). Kinematika se zabývá popisem pohybu jednotlivých segmentů těla v prostoru a jejich vzájemných vztahů. Jednotlivé segmenty dolních končetin (např. pánev, stehno, bérce, noha) jsou definovány pomocí reflexních markerů. Výsledkem je pak záznam pohybu v jednotlivých kloubech dolních končetin. Kinetika zkoumá mechanismy, které tento pohyb zapříčiňují. Zaznamenává tedy momenty sil a síly, které v jednotlivých kloubech působí. Kinematika a kinetika se vyšetřují dohromady pomocí systému speciálních infračervených kamer, zaznamenávajících pohyb pacienta, a do podlahy zabudovaných silových desek, které měří vektor reakce síly na podložku (obrázek 1). Dynamická poly-elektromyografie doplňuje předešlá 2 vyšetření a umožňuje zjistit a charakterizovat akti-

Schéma 1. Schéma přístrojové analýzy chůze. Díky synchronnímu snímání reflexních markerů několika infračervenými kamerami můžeme matematicky rekonstruovat jejich pohyb v prostoru, tzv. kinematiku. Společně s kinematikou jsou zaznamenávány i síly působící na podložku a dynamická polyelektromyografie. Po převodu těchto dat z analogové do digitální podoby (A/D převodník) jsou naměřená data zpracována a vyhodnocena



Obrázek 1. Vyšetření kinematiky a kinetiky. Fotografie pacienta během kinematického a kinetického vyšetření chůze. Na obrázku jsou patrné silové desky zabudované do podlahy, které zaznamenávají kinetiku, a v pozadí pak infračervené kamery sloužící k záznamu pohybu pacienta. Vpravo vidíte vizualizaci 3D modelu dolních končetin stejného pacienta



vitě svalů dolních končetin během chůzevého cyklu (obrázek 2). Velmi dobrým komplexním parametrem hodnotícím efektivitu dítěte s DMO během chůze je stanovení její energetické náročnosti (Svehlik et al., 2008). Měříme ji pomocí zátěžové spirometrie.

Jaký je přínos přístrojové analýzy chůze?

Přístrojová analýza poskytuje objektivní záznam chůze (Gage, 1994) a sehraává významnou úlohu pro pochopení její patokineziologie u pacientů s DMO (Svehlik et al., 2008). Vzhledem ke značnému množství vzájemně se ovlivňujících abnormalit, které dávají společně vznik patologickému pohybovému vzorci dětí s DMO, může být odlišení primární patologie a kompenzačního mechanismu obtížné. Přístrojová analýza chůze nám pomáhá tyto otázky objasnit a stanovit adekvátní léčebný plán. Jakákoliv léčba a terapie pacientů s DMO není výjimkou, musí začít nejprve analýzou a pochopením dané

patologie, určením klíčových problémů a teprve poté stanovením terapeutického plánu včetně jeho časového harmonogramu (Gage, 2003). Zavedení přístrojové analýzy chůze do praxe vedlo k posunu filozofie léčby pacientů s DMO. Do popředí zájmu se dostává otázka funkce a ne pouze morfologie. Přístrojová analýza chůze se stala užitečným nástrojem k objektivizaci výsledků různých druhů léčby DMO: rehabilitace (Ross a Engsborg, 2007), ortézování (Ounpuu et al., 1996), aplikace botulinum toxinu typ A (Baker et al., 2002; Molenaers et al., 2006), redresního sádrování (Newman et al., 2007) i ortopedických operací (Rodda et al., 2006; Svehlik et al., 2008). Podařilo se vytvořit klasifikaci stereotypů chůze u dětí s DMO, která slouží nejen k usnadnění komunikace mezi odborníky, ale pomáhá při plánování léčby (Rodda et al., 2004). Díky přístrojové analýze chůze můžeme měřit síly a momenty sil v jednotlivých kloubech dolních končetin, což nám pomáhá objasnit důvody, které vedou u DMO k patologickému pohybo-

Obrázek 2. Vyšetření dynamické poly-elektromyografie. Fotografie pacienta při vyšetření dynamického poly-EMG. Používáme 16kanalový bezdrátový přístroj umožňující záznam EMG za pohybu



vému stereotypu (Ounpuu et al., 1996). Navíc jsme schopni s využitím reálných dat pacienta počítačově simulovat změnu délky svalu při jeho kontrakci a relaxaci během chůze. Tato na první pohled čistě experimentální záležitost může mít ovšem zásadní klinický dopad pro léčbu. Například u pacientů chodících skrčeneckou chůzí (crouch gait, významné flekční postavení kolen během celé stejné fáze chůzevého cyklu) byly hamstringy považovány vždy za zkrácené a běžně se chirurgicky prodlužovaly. Delp et al. ve své studii prokázali, že hamstringy 80 % těchto pacientů mají normální délku a poukázal na rizika jejich prodloužení (Delp et al., 1996). V neposlední řadě je přístrojová analýza chůze významným nástrojem pro výzkum patokineziologie u pacientů s DMO.

Může analýza chůze změnit terapii DMO?

Přístrojová analýza chůze nám umožňuje lepší pochopení patokineziologie pohybu pacientů s DMO. Otázkou ale zůstává, zdali nám tento nový pohled na problematiku DMO přináší i jasný výstup v podobě nových terapeutických postupů, zlepšení výsledků nebo zpřesnění indikace konzervativní a operační léčby pacientů s DMO.

Analýza chůze se ukazuje jako vhodný prostředek k rozpoznání pacientů, kteří by mohli profitovat z operační léčby, a její využití v klinické praxi by tedy mělo být podporováno (Gough a Shortland, 2008). Z dostupné literatury vyplývá, že upřesňující informace získané pomocí analýzy chůze mohou pomoci zpřesnit indikace k operační léčbě DMO. DeLuca et al. ve své práci na souboru 91 pacientů s DMO prokázal, že analýza chůze vedla ke změně 52 % operačních indikací ve srovnání s indikacemi

založenými pouze na klinickém vyšetření. Tato zásadní změna vedla nejen ke snížení nákladů na léčbu, ale má zejména obrovský lidský dopad v podobě zabránění nepřesné indikace operační léčby (DeLuca et al., 1997). Nevýhodou této studie ovšem zůstává, že neobsahovala žádnou kontrolní skupinu. Tento nedostatek doplňuje recentní studie brazilských autorů, která prokázala přímou úměrnost mezi indikací léčby s využitím přístrojové analýzy chůze a výsledkem terapie u pacientů s DMO (Filho et al., 2008). Pacienti, kteří byli operováni v souladu s doporučením analýzy chůze, dosahovali lepších terapeutických výsledků. V této studii již byla zahrnuta i kontrolní skupina, která nebyla léčena. Dle očekávání nedošlo u těchto pacientů ke zlepšení stereotypu chůze. V jedné z dalších studií Chang et al. prokázali, že pokud se operační léčba DMO řídí indikacemi na podkladě analýzy chůze, má pacient 3,68krát vyšší pravděpodobnost dobrého operačního výsledku (Chang et al., 2006). Neméně zajímavým výsledkem je i studie belgických autorů, kteří retrospektivně zhodnotili soubor 424 dětí s DMO a zjistili, že zavedení analýzy chůze do klinické praxe vedlo ke zvýšení věkového průměru pacientů indikovaných k operační léčbě (Molenaers et al., 2006). Ze studie jasně vyplývá, že lepší pochopení patologie pohybu dětí s DMO vede ke změně strategie léčby ve prospěch méně invazivních metod. Stejná studie totiž prokázala, že aplikace botulinum toxinu A oddaluje indikaci a snižuje frekvenci operační léčby dětí s DMO.

Jaká je variabilita a reprodukovatelnost výsledků analýzy chůze?

Přístrojová analýza chůze se zabývá rozdíly mezi normální a patologickou chůzí a snaží se zachytit změny stereotypu chůze během růstu dítěte s DMO. Opakovaná měření jsou proto základem posouzení léčebného efektu rehabilitace, botulinum toxinu A nebo operační léčby. Nízká intraindividuální variabilita měření je proto základním předpokladem klinického sledování pacienta. Zdrojem chyb a zvýšené variability mohou být sami pacienti s DMO, u kterých byla prokázána zvýšená intraindividuální variabilita chůze (Steinwender et al., 2000), dále se na ní může podílet technické vybavení laboratoře, ale také samotný proces měření a interpretace dat, které mohou být ovlivněny osobou vyšetřujícího. Chyba měřících přístrojů je dána počtem kamer, jejich technickým rozlišením a také velikostí prostoru, ve kterém je pohyb

snímán. Nicméně běžná chyba snímání je 0,1%, což je klinicky nepodstatná odchylka (Ehara et al., 1997), a navíc se díky stále vyššímu rozlišení kamer tato odchylka zmenšuje. Bohužel, značná část variability a chyb měření je způsobena lidským faktorem, tedy nepřesností vyšetřujícího. Proto jsou dobrá znalost anatomie, zkušenost s palpací a zručnost v aplikaci reflexních markerů na tělo pacienta zásadním předpokladem validního vyšetření. V poslední době se objevují biomechanické modely, které jsou do značné míry nezávislé na přesném umístění reflexních značek (markerů) (Schwartz a Rozumalski, 2005) a vyrovnávají tak bias vnesený do měření vyšetřujícím. McGinley et al. publikovali v roce 2009 svou systematickou analýzu dostupných dat o spolehlivosti přístrojové analýzy chůze v klinické praxi (Baker et al., 2009). Tento rozsáhlý souborný referát dokládá, že nejmenší variabilita dat je pozorována v sagitální rovině, kde mají nosné klouby dolních končetin při chůzi největší rozsah pohybu. Naopak rotační pohyby v kyčelním a kolenním kloubu jsou nejméně spolehlivé. Svou práci uzavírají s tím, že ačkoliv jsou chyby měření klinicky akceptovatelné, nejsou tak malé, abychom je mohli zcela zanedbat. Samozřejmě se nesetkáváme jen s pozitivními reakcemi na zavedení analýzy chůze do klinické praxe. Noonan et al. ve své studii odeslali 11 pacientů s DMO k vyšetření a návrhu terapie do 4 center v USA zabývajících se DMO a analýzou chůze (Noonan et al., 2003). Ve shodě se studií McGinley zaznamenali nejlepší shodu výsledků analýzy chůze v sagitální rovině a největší variabilita byla shledána v rovině transverzální. Zarážejícím výsledkem bylo, že léčebná doporučení se shodovala pouze u 2 z 11 pacientů. Z toho autoři usuzují, že klasické klinické vyšetření dětí s DMO a observační analýza chůze jsou spolehlivějšími metodami než přístrojová analýza chůze. Samozřejmě, že nález značně rozdílných doporučení léčby je závažným zjištěním, ale více než nespolehlivost přístrojové analýzy chůze, odráží rozdílnou filozofii léčby DMO v různých centrech a variabilitu v interpretaci získaných dat. Tato rozdílná interpretace dat je dána chybou „lidského faktoru“ v hodnocení výsledků přístrojové analýzy chůze a je naprosto shodná jako chyby v interpretaci jiných, klinicky plně akceptovaných vyšetření, jako je například elektrokardiogram. Samozřejmě, i tato chyba se zmenšuje se zkušeností vyšetřujícího. Nadále však zůstává nejednotnost v přístupu k léčbě dětí s DMO. Přístrojová analýza chůze nám však může pomoci objektivizovat naše terapeutické

výsledky a vést tak v budoucnu k léčebnému postupu dle zásad terapie založené na důkazech (evidence based medicine).

Vyplatí se investovat do přístrojové analýzy chůze?

Přístrojová analýza chůze se díky klinicky dostupnější technologii v posledních 10 letech značně rozšířila. Ačkoliv je hardware i software potřebný pro analýzu chůze běžně komerčně dostupný, zůstává analýza chůze poměrně nákladnou technologií. Založení laboratoře vyžaduje značnou investici do prostor, vybavení a v neposlední řadě i výcviku personálu laboratoře. Každá analýza pak znamená 2 hodiny práce s pacientem a následně 1–2 hodiny práce na zpracování a interpretaci výsledků (Narayanan, 2007). Navíc v řadě zemí Evropy není vyšetření hrazeno pojišťovnou. Nedávno publikovaná studie americké autorky Tishya Wren se zabývá otázkou efektivity investice do nákladů na předoperační přístrojovou analýzu chůze (Wren et al., 2009). Autoři prokazují na skupině 462 dětí s DMO, že ačkoliv primární náklady na léčbu pacientů léčených dle doporučení přístrojové analýzy chůze jsou vyšší než u pacientů bez tohoto vyšetření, vede analýza chůze ke snížení četnosti následných operačních zákroků, což má nejen zásadní ekonomický význam, ale hlavně to vede k menší morbiditě a lepší kvalitě života dětí s DMO.

Závěr

Chůze je základním pohybovým stereotypem člověka. Přístrojová analýza chůze je jedinečné funkční vyšetření, které nám dává možnost lépe pochopit výše uvedenou souhru centrálního řízení a pohybového aparátu. Díky technologickému pokroku se analýza chůze posunula z výzkumných biomechanických laboratoří směrem do běžné klinické praxe a stala se neocenitelnou pomůckou pro řadu neurologů, fyzioterapeutů, ortopedů a protetiků, kteří se zabývají problematikou DMO. V současné době je v České republice instalováno několik laboratoří umožňujících analýzu chůze (Brno, Olomouc, Ostrava, Ústí nad Labem, Praha). Nicméně čistě pro klinická vyšetření dětí s DMO slouží pouze pracoviště v Brně. Ostatní pracoviště jsou zatím minimálně klinicky využívána, ačkoliv se v zahraničí jedná o metodu v klinické praxi běžně žádanou (Rakousko, Belgie, Německo, Polsko, Velká Británie a další). Rozšíření této metody v ČR je tedy pouze otázkou lepší informovanosti lékařů o jejích výhodách a podpory mezioborové spolupráce.

Přístrojová analýza chůze nám umožňuje nejen objektivizaci stereotypu chůze jako základní pohybové funkce, ale vzhledem k lepšímu porozumění patokineziologických mechanismů vzniklých u DMO na podkladě poruchy řízení nám usnadní také indikaci konzervativní či operační terapie. To vše nám dává možnost stát se lepšími průvodci a rádci našich pacientů na cestě životem s dětskou mozkovou obrnou.

Literatura

1. Baker R, Jasinski M, Maciag-Tymiecka I, Michalowska-Mrozek J, Bonikowski M, Carr L, MacLean J, Lin JP, Lynch B, Theologis T, Wendorff J, Eunson P a Cosgrove A. Botulinum toxin treatment of spasticity in diplegic cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled, dose-ranging study. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44: 666–675.
2. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, Beynon S, Rozumalski A, Graham HK a Tirosh O. The gait profile score and movement analysis profile. *Gait Posture* 2009; 30: 265–269.
3. Chang FM, Seidl AJ, Muthusamy K, Meininger AK a Carollo JJ. Effectiveness of instrumented gait analysis in children with cerebral palsy--comparison of outcomes. *J Pediatr Orthop* 2006; 26: 612–616.
4. Delp SL, Arnold AS, Speers RA a Moore CA. Hamstrings and psoas lengths during normal and crouch gait: implications for muscle-tendon surgery. *J. Orthop. Res.* 1996; 14: 144–151.
5. DeLuca PA, Davis RB, 3rd, Ounpuu S, Rose S a Sirkin R. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. *J Pediatr Orthop* 1997; 17: 608–614.
6. Desloovere K, Molenaers G, Feys H, Huenaeerts C, Callewaert B a Van de Walle P. Do dynamic and static clinical measurements correlate with gait analysis parameters in children with cerebral palsy? *Gait Posture* 2006; 24: 302–313.
7. Ehara Y, Fujimoto H a Miyazaki S. Comparison of performance of 3D systems. *Gait & Posture* 1997; 5: 251–255.
8. Filho MC, Yoshida R, Carvalho Wda S, Stein HE a Novo NF. Are the recommendations from three-dimensional gait analysis associated with better postoperative outcomes in patients with cerebral palsy? *Gait Posture* 2008; 28: 316–322.
9. Gage J. Con: Interobserver Variability of Gait Analysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2003; 23: 290–291.
10. Gage JR. The role of gait analysis in the treatment of cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1994; 14: 701–702.
11. Gough M a Shortland AP. Can clinical gait analysis guide the management of ambulant children with bilateral spastic cerebral palsy? *J Pediatr Orthop* 2008; 28: 879–883.
12. Kraus J. Dětská mozková obrna. Praha: Grada Publishing, a. s. 2005: 348.
13. Molenaers G, Desloovere K, Fabry G a De Cock P. The effects of quantitative gait assessment and botulinum toxin a on musculoskeletal surgery in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 161–170.
14. Narayanan UG. The role of gait analysis in the orthopaedic management of ambulatory cerebral palsy. *Curr Opin Pediatr* 2007; 19: 38–43.
15. Newman CJ, Kennedy A, Walsh M, O'Brien T, Lynch B a Hensey O. A pilot study of delayed versus immediate serial casting after botulinum toxin injection for partially reducible spastic equinus. *J Pediatr Orthop* 2007; 27: 882–885.
16. Noonan KJ, Halliday S, Browne R, O'Brien S, Kayes K a Feinberg J. Interobserver variability of gait analysis in patients with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003; 23: 279–287; discussion 288–291.
17. Ounpuu S, Bell KJ, Davis RB, 3rd a DeLuca PA. An evaluation of the posterior leaf spring orthosis using joint kinematics and kinetics. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 378–384.
18. Perry J. Gait analysis: Normal and Pathological Function. New York: Slack Incorporated 2010: 551.
19. Rodda JM, Graham HK, Carson L, Galea MP a Wolfe R. Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 251–258.
20. Rodda JM, Graham HK, Nattrass GR, Galea MP, Baker R a Wolfe R. Correction of severe crouch gait in patients with spastic diplegia with use of multilevel orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2653–2664.
21. Ross SA, Engsberg JR. Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1114–1120.
22. Schwartz MH, Rozumalski A. A new method for estimating joint parameters from motion data. *J Biomech* 2005; 38: 107–116.
23. Steinwender G, Saraph V, Scheiber S, Zwick EB, Uitz C a Hackl K. Intrasubject repeatability of gait analysis data in normal and spastic children. *Clinical Biomechanics* 2000; 15: 134–139.
24. Svehlik M, Slaby K, Soumar L, Smetana P, Kobesova A a Trc T. Evolution of walking ability after soft tissue surgery in cerebral palsy patients: what can we expect? *J Pediatr Orthop B* 2008; 17: 107–113.
25. Wren TA, Kalisvaart MM, Ghatan CE, Rethlefsen SA, Hara R, Sheng M, Chan LS a Kay RM. Effects of preoperative gait analysis on costs and amount of surgery. *J Pediatr Orthop* 2009; 29: 558–563.

Článek doručen redakci: 2. 2. 2011

Článek přijat k publikaci: 22. 3. 2011

MUDr. Martin Švehlík, Ph.D.

Department of Pediatric Orthopaedics,
Medical University of Graz
Auenbruggerplatz 34,
Graz, A-8036, Austria
martin.spejlik@seznam.cz

