

Přínos instrumentální pohybové analýzy pro indikaci chirurgické léčby u dětské mozkové obrny

A Contribution of Instrumental Gait Analysis to the Establishment of Surgical Indications in Cerebral Palsy

J. POUL¹, K. URBÁŠEK¹, J. BAJEROVÁ¹, J. JADRNÝ¹, A. FEDROVÁ¹, L. KAISER-ŠRÁMKOVÁ²

¹ Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie, FN Brno

² Ortopedická klinika, FN Brno

Dedikace: Projekt realizován s podporou Norských finančních mechanismů
Projekt CZ0124 Upřesnění chirurgických metod léčení spastické mozkové obrny v podmínkách laboratoře chůze

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

To evaluate our experience with indications for surgery based on instrumental gait analysis in cerebral palsy children, and to compare them with those drawn from the results of clinical examination.

MATERIAL AND METHODS

The gait analysis laboratory was built in the Paediatric Hospital of the Faculty of Medicine in Brno in the 2008/09 period with support of the Norwegian funds. It is equipped with eight optical cameras, two auxiliary motion-picture video cameras, two force platforms and a telemetry system for electromyography. Between June 2009 and March 2010 a total of 297 children with spastic cerebral palsy, 66 with hemiparesis and 231 with diparesis were examined.

RESULTS

On the basis of instrumental gait analysis, indications for surgery were established in 19 hemiparetic and 88 diparetic patients, which meant a new indication in 107 children. In 14 children, the results of gait analysis led to abandoning former indications for surgery based on clinical examination only while, in 13 children, they backed up the surgical indications in spite of the negative results of clinical examination. In six children a so-called superclinical decision was made, i.e., the results of repeated clinical examinations over-weighed those of instrumental gait analysis either in favour of or against surgery.

DISCUSSION

Based on the gait analysis results, a change in treatment plans was made in 27 out of 297 children (9 %). This is in contrast with the findings of other authors who report a much higher rate of treatment planning changes (52–70 %). In our study the use of instrumental gait analysis allowed us to decrease the frequency of surgical indications by 4.7 %. Other authors have achieved a higher value, up to 13 %. Unlike other studies, ours did not confirm the effect of gait analysis outcomes on an increase in the number of one-stage multi-level surgical procedures.

CONCLUSIONS

Instrumental gait analysis is a great contribution to the diagnosis of movement disorders in children with cerebral palsy.

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

ÚVOD

Cílem studie je porovnat v souboru 297 dětí postižených spastickou formou dětské mozkové obrny (66 hemiparéz a 231 diparéz) klinické indikace k operačnímu výkonu s indikacemi určenými na základě vyšetření v laboratoři chůze s instrumentální pohybovou analýzou a navíc se zvláštním zřetelem na diskrepance mezi oběma indikačními metodami. Zatímco dříve laborato-

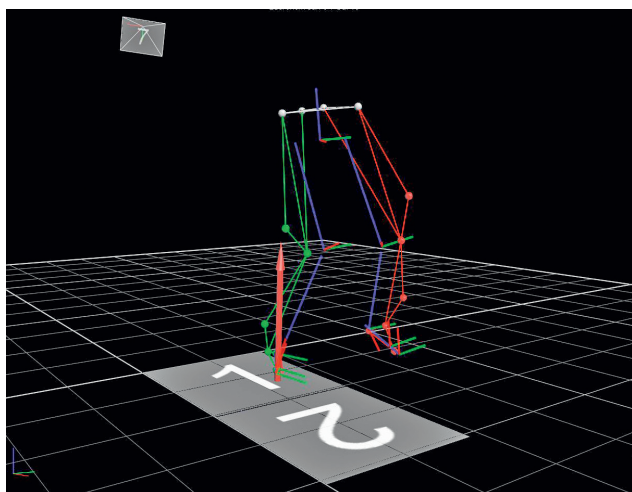
ře chůze produkovaly více méně akademické výstupy bez větší snahy o praktickou aplikaci (2, 10, 17) nebo se bádání opírálo jen o vizuální hodnocení různými skoringovými systémy (3), v poslední době se objevila řada prací s výraznou snahou o klinické uplatnění (1, 13, 14, 16, 24, 25, 27, 29). Vybudování laboratoře chůze v naší nemocnici nám umožnilo pracovat s touto sofistikovanou diagnostickou metodou od června 2009.

MATERIÁL A METODIKA

V současných českých podmínkách byla dosud indikace k operaci u pohybových poruch postavena na klinickém vyšetření vleže, resp. ve stoji a v chůzi. Při běžném vyšetření však vyšetřující pouhým okem těžko zachytí složité abnormální komplexy pohybů odehrávající se na jednotlivých etážích od pánve až po hlezno. Dřívější metody, zachycující pohyb pouze pomocí videokamery, popřípadě doplněné o použití reflexních bodů definujících osy kloubů jsou dnes již překonané a možnost zobrazení pohybu pouze v jedné rovině je nedostačující. Laboratoř chůze, založená na 3D (trojrozměrné) optické dokumentaci pohybu, sofistikovaným způsobem „motion analysis“ (instrumentální analýza pohybu), umožňuje dynamický záznam rozsahu pohybů v jednotlivých kloubech ve třech rovinách v celém krokovém cyklu v reálném čase (26).

Principy optické pohybové analýzy

Systém dokumentuje pohyb prostřednictvím minimálně 4 kamer v prostoru, kde se snímají jen luminiscenční terčíky připevněné lepicí páskou na standardních místech těla vyšetřovaného probanda. Kamery jsou vybaveny infračervenými stroboskopy. Emitovaný infračervený paprsek dopadá na luminiscenční terčík, odráží se zpět a je přijat čipem kamery. Čip kamery je vybaven uzávěrkou na každém pixelu, díky tomu nedochází k rozmazání pohybu jako u standardní kamery. Velkou výhodou je i použití kamer s možností záznamu 120 okének za vteřinu. Získaná data jsou pak zpracována pomocí matematického modelu (30). Zobrazení aplikace dat vyšetřovaného jedince prostřednictvím matematického modelu se nazývá „skeleton“ (obr. 1). Ve skeletonu jsou jednotlivé segmenty končetiny (pánev, stehno, bérce a noha) znázorněny jako úsečky svírající různý úhel dle momentálního postavení kloubů. Úhly mezi osami segmentů jsou vypočítávány v reálném čase a ve všech třech základních rovinách. Součástí systému jsou i dvě tlako-



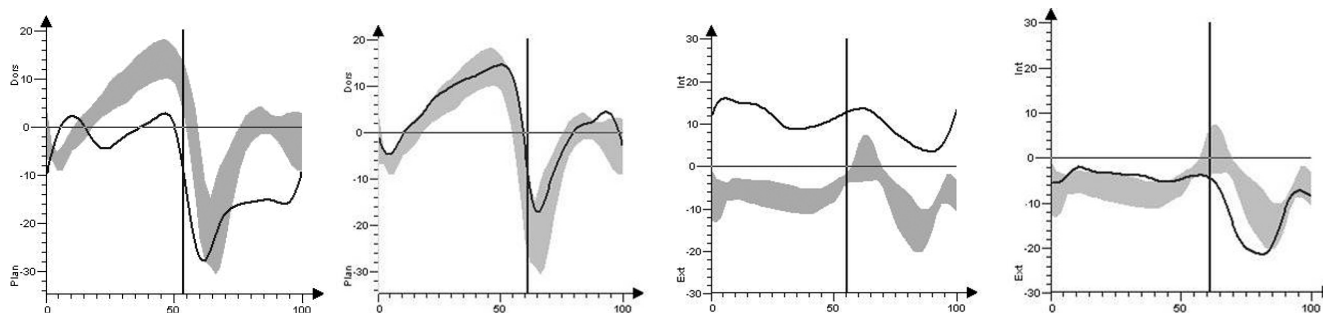
Obr. 1. Skeleton. Legenda: Skeleton je projekcí matematického modelu snímáných referenčních bodů, označených markery na těle.

vé plotny a telemetrická elektromyografie. Tlakové plotny určují silové vektory a silové momenty v jednotlivých kloubech. Elektromyografie, registrující změny elektrické aktivity svalů, následně zobrazuje informace o zapojování kosterního svalstva v průběhu chůze. V současné době elektrickou aktivitu svalů sice snímáme, ale naměřená data jen archivujeme pro pozdější zpracování. Součástí této studie není ani zpracování kinetických parametrů, odpovídá to učební křivce a bude součástí dalších podrobnějších zpracování.

Postup při vyšetření

Pacient je nejprve klasicky vyšetřen. Zaznamenává se rodinná a osobní anamnéza a dosavadní léčba základního onemocnění. Poté následuje podrobné fyzické vyšetření pacienta se zaměřením na rozsahy pohybů kloubů, odkrytí kontraktur vyšetřením vleže, ve stoji a v chůzi. Na začátku vyšetření pohybovou analýzou provedou kinesiologové semiautomatickou kalibraci systému MOCAP („Motion capture system“). Poté jsou pacientovi na tělo přilepeny luminiscenční markery. V případě námi užívaného „Oxford foot modelu“ jde o 36 permanentních a 6 dočasně umístěných markerů. Následně proběhne statická kalibrace vyšetřovaného subjektu. Po odstranění 6 dočasně umístěných markerů začne proband chodit po vytyčené dráze za současného snímání MOCAP kamerami, dvěma přídatnými videokamerami a snímáním z obou tlakových ploten. Pacient absolvuje větší množství záznamů při jednom vyšetření, aby bylo vyloučeno náhodné selhání systému, jednotlivá měření se v následném postprocessingu srovnávají jak s normou, ale i mezi sebou. V průměru je třeba 10 až 15 záznamů, než je docíleno mimo jiné i toho, že opora obou končetin nastane střídavě na každé z obou tlakových ploten. V poslední fázi vyšetřování jsou pacientovi nalepeny nad vybrané svalové skupiny povrchové elektrody ke snímání elektrické aktivity svalů a k opasku připevněn vysílač. Následuje pak komplexní snímání (MOCAP, video-kamery, tlakové plotny, elektromyografie, které se pak ještě 2krát zopakuje. Získaná data musí projít tzv. „postprocessing“, aby bylo možno s nimi pracovat pro potřeby zpracování a napsání výstupní zprávy. Posledních 30 minut z dvouhodinového vyšetření je věnováno zpracování získaných dat jak dvěma snímacími video-kamerami, tak trojrozměrným optickým systémem, dvěma tlakovými plotnami a dynamickou elektromyografií. Studují se grafická znázornění pohybu v jednotlivých kloubech, kinetické (silové) detaily krokového cyklu, dynamické změny elektrické aktivity svalů ve vztahu ke krokovému cyklu a píše se výstupní zpráva o vyšetření a tisknou se přílohy ve formě grafů s kinematickými a kinetickými veličinami. Výstupní zpráva musí obsahovat na základě zevrubné analýzy i návod na další léčebný postup. Čas vyšetření v laboratoři chůze zabere celkem cca 2 hodiny.

Soubor pacientů byl vyšetřen v období od června 2009 do března 2010. Klinické vyšetření bylo vždy provedeno jako první vyšetření včetně stanovení dalšího terapeutického postupu. Po vyšetření v laboratoři chůze byly posouzeny hlavně zjištěné kinematické parametry včet-



2 | 3 | 4 | 5

Obr. 2. Kinematika hlezenního kloubu v sagitální rovině u fixovaného pes equinus před operací. Legenda: Kontrolní skupina=norma, je znázorněna jako šedý pás v rozsahu \pm SD (směrodatné odchylky). Kinematická data kontrolní skupiny dvaceti pěti zdravých dětí jsme získali sami. Na ose x je fáze kroku, v prvních cca 60 % jde o fázi opory, v dalších 40 % je znázorněna fáze švihová. Na ose y se zobrazuje postavení hlezenního kloubu v dorsiflexi nebo naopak v plantiflexi. Ve fázi opory hlezno vyšetřovaného subjektu na rozdíl od normy nedosahuje dostatečné dorsiflexe (jednoduchá linie).

Obr. 3. Stejný pacient jako na obr. 2 po operaci.

Obr. 4. „Foot progression angle“ subjektu s vnitřní torzí tibie

Legenda: Úhel progresu nohy je úhel, který svírá podélná osa nohy se směrem pohybu subjektu. Kontrolní skupina=norma, je znázorněna jako šedý pás v rozsahu \pm SD. Při vnitřní torzi bérce se sledovaný úhel (jednoduchá linie) odlišuje od normy. Zde dosahuje téměř 20° vnitřní rotační odchylky.

Obr. 5. Stejný pacient jako na obr. 4 po operační korekci.

Tab. 1. Základní charakteristiky souboru

	Chlapci	Dívky	Celkem
Hemiparéza	38	28	66
Diparéza	132	99	231
Celkem	170	127	297

Tab. 2. Základní charakteristiky souboru

	Chlapci	Dívky	Celkem
počet	170	127	297
Věkový průměr (roky)	10,3	10,6	10,4
Směrodatná odchylka	5,2	5,0	5,1

Tab. 3. Stratifikace diskrepancí do 3 podskupin

	S-hlezn.	S-kol.	R-hlezn.	R-kol.	FPA	Celkem
I. podsk.	12	2	0	0	0	14
II. podsk.	2	6	2	1	2	13
III. podsk.	4	2	0	0	0	6
Celkem	18	10	2	1	2	33

Legenda:

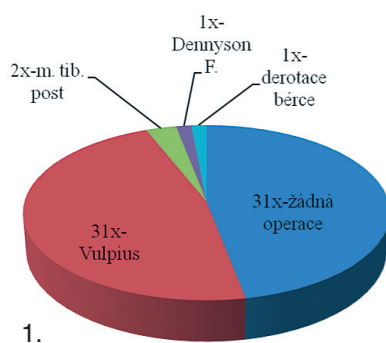
Přehled kinematiky dle lokace kde byly nalezeny rozpory mezi klinickou diagnózou a instrumentální analýzou chůze. S-hlezn. – kinematika hlezna v sagitální rovině, S-kol. – kinematika kolena v sagitální rovině, R-hlezn. – kinematika hlezna v rotační rovině, R-kol. – kinematika kolena v rotační rovině, FPA – Foot progression angle.

ně pečlivého prohlédnutí videozáznamů pořízených zepředu, zezadu a z boku. Nejčastěji je vyhodnocován pohyb v hlezenním kloubu v sagitální rovině (obr. 2, 3). Stejně tak pohybová analýza umožňuje zobrazení kinematiky pánve, kyčelního, kolenního kloubu ve třech na

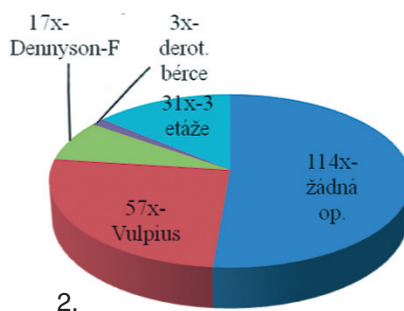
sebe kolmých rovinách. Oxfordský systém nohy navíc umožňuje hodnocení tzv. „foot progression angle“, tj. úhlu tvořeného podélnou osou nohy a směrem pohybu (obr. 4, 5). Vlastní vyhodnocení všech záznamů pořízených v laboratoři chůze probíhá subjektivně-deskriptivním způsobem. Hodnotí se, do jaké míry se sledovaný kinematický parametr odlišuje od normy a vzájemné souvislosti etází. To je potom podkladem pro indikační rozvahu vzhledem k možné operaci, která by měla abnormální kinematický(é) parametr(y) korigovat. Soubor 297 dětí se spastickou mozkovou obrnou obsahoval podskupinu hemiparéz (66 dětí) a podskupinu diparéz (231 dětí) (tab. 1). Věkové rozvrstvení ve sledovaném souboru dle pohlaví ukazuje další tabulka (tab. 2). Četnosti jednotlivých operačních výkonů zvláště pro skupinu hemiparéz a diparéz s ohledem na prooperovanost souboru před prvním vyšetřením v laboratoři chůze znázorňují koláčové grafy (graf 1, 2)

VÝSLEDKY

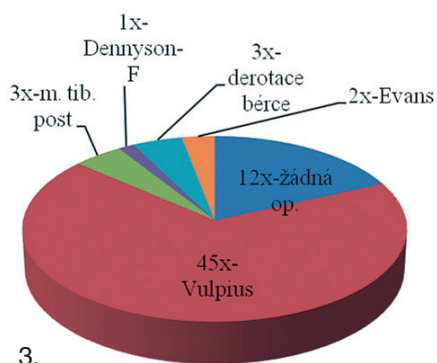
Od června 2009 do března 2010 byla na základě vyšetření v laboratoři chůze postavena indikace k operaci u 19 hemiparéz (z celkového počtu 66 vyšetřených hemiparéz) a u 88 diparéz (z celkového počtu 231 vyšetřených diparéz), celkem tedy nová indikace operace u 107 dětí. Výslednou prooperovanost zvláště ve skupině hemiparéz a diparéz ukazují grafy (graf 3, 4) s kumulativními četnostmi jednotlivých typů operací po vyšetření v laboratoři chůze. Se zvláštním zřetelem byly studovány diskrepance mezi oběma metodami. Tato rozdílná indikační stanoviska byla podkladem pro vytvoření tří podskupin.



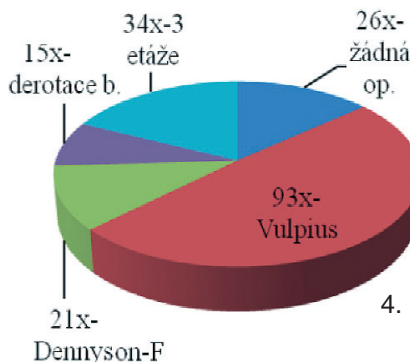
1.



2.



3.



4.

Graf 1. Prooperovanost souboru hemiparéz před vstupem do projektu. Legenda: Zákrok na m. tib. post. byl vždy jen čistou prolongací.

Graf 2. Prooperovanost souboru diparéz před vstupem do projektu.

Graf 3. Výsledná prooperovanost souboru hemiparéz.

Graf 4. Výsledná prooperovanost souboru diparéz.

- I. Data z pohybové analýzy vedla ke zrušení operační indikace postavené na základě pouze klinického vyšetření.
- II. Na základě dat z pohybové analýzy byla postavena operační indikace vzdor negativnímu klinickému vyšetření (2krát Vulpiova operace, 6krát prolongace flexorů kolenního kloubu, 4krát derotace bérce, 1krát derotace femuru).
- III. Uplatnilo se tzv. „superklinické rozhodnutí“, kdy na základě opakovaného klinického vyšetření byl popřen indikační závěr pohybové analýzy ať již ve prospěch nebo neprospěch operace (tab. 3).

DISKUSE

Analýza pohybu celého těla, resp. segmentů končetin je možná i jen prostou observací s doplněním klinickým vyšetřením (11, 18, 21, 22, 23). Vizuální metody jako je např. Edinburghské krokové skóre (15, 19), „Gross Motor Function Classification System“ (GMFCS) (3, 10, 20), „10-level Gillette Functional Assessment Questionnaire“ (27), patří bezesporu k základním klinickým metodám vyšetření abnormit chůze. Nicméně pouze vizuální vyšetření je zatíženo subjektivními nepřesnostmi vyšetřujícího a je prakticky omezeno na sagitální rovinu a spojeno se značnou chybou v případě koleního a kyčelního kloubu (4). 3D-analýza chůze přináší sofistikovaným způsobem znázornění pohybů jednotlivých segmentů dolních končetin v prostoru včetně objektivizace měřených kinematických parametrů. V této studii na základě pohybové analýzy nebyla doporučena operace u 14 klinicky

indikovaných pacientů a naopak byla indikována u 13 pacientů s klinicky negativním nálezem. Superklinická indikace (upřednostnění klinického nálezu) byla uplatněna u 6 pacientů. Změna léčebného plánu vlivem pohybové analýzy tedy nastala u 27 z 297 pacientů (9 %). To kontrastuje s údaji jiných autorů, kde procento změny léčebného plánu je podstatně vyšší (52–70 %) (5, 7, 12, 14). V podmínkách užití pohybové analýzy jsme dosáhli snížení frekvence indikace chirurgické terapie o 4,7 %. U jiných autorů toto procento bylo vyšší, až 13 % (7, 14). Pouze 3 studie hodnotily do jaké míry byly výstupy z pohybové analýzy ve shodě s následně realizovanou chirurgickou terapií. Shoda se pohybovala od 51 do 93 %. (12, 14, 28). Úloha dynamické elektromyografie, v naší studii jde o nezpracovanou část, je řadou jiných autorů z hlediska klinického přínosu zpochybňována (7, 12), přesto někteří (18) uvádí její pozitivní přínos. V naší studii se na rozdíl od jiných autorů (6, 9) nepotvrdil efekt výstupu pohybové analýzy na zvýšení podílu několikaetážových výkonů realizovaných v jedné době. Jiná práce (29) ukázala, že předoperační instrumentální pohybová analýza je spojena s nižším výskytem následných chirurgických výkonů, což rezultuje v nižší zátěži pacienta. Samozřejmě dalším cílem této studie v další etapě zpracování je vyhodnotit minimálně v ročním odstupu od operací jejich efekty a tím dále zpřesnit indikační kritéria pro operace. V jedné recentní studii (8) pacienti s DMO, kteří byli chirurgicky léčeni v souladu s doporučením z instrumentální trojrozměrné analýzy vykázali signifikantně větší zlepšení v parametrech chůze oproti kontrolní skupině.

ZÁVĚR

Instrumentální pohybová analýza nepochybně poskytuje možnost zpřesnit indikace chirurgické terapie u spastiků vzhledem k víceetážovému postižení. Neopomíjitelným faktem je i to, že reálný pohyb pacienta ve videoformě tak i v 3D-analýze je možno uchovávat pro další zpracování a porovnání s časovým odstupem.

Literatura

1. AMICHAÏ, T., HARIËS, N., DVIR, Z., PATISH, H., COPELIOVITCH, L.: The Effects of Femoral Derotation Osteotomy in Children With Cerebral Palsy (An Evaluation Using Energy Cost And Functional Mobility). *J. Pediatr. Orthop.*, 1: 68–72, 2009.
2. BAKER, R., MCGINLEY, J. L., SCHWARTZ, M. H., BEYNON, S., ROZUMALSKI, A., GRAHAM, H. K., TIROSH, O.: The Gait Profile Score and Movement Analysis Profile. *Gait Posture*, 30(3): 265–269, 2009.
3. BODKIN, A. W., ROBINSON, C., PRALES, F. P.: Reliability and Validity of the Gross Motor Function Classification System For Cerebral Palsy. *Pediatr. Phys. Ther.*, 15(4): 247–52, 2003.
4. BROVN, C. R., HILLMAN, S. J., RICHARDSON, A. M., HERMAN, J. L., ROBB, J. E.: Reliability and Validity of the Visual Gait Assessment Scale for Children With Hemiplegic Cerebral Palsy When Used By Experienced and Inexperienced Observers. *Gait Posture*, 27(4): 648–652, 2008.
5. COOK, R. E., SCHNEIDER, I., HAZLEWOOD, M. E., HILLMAN, S. J., ROBB, J. E.: Gait Analysis Alters Decision-Making In Cerebral Palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 23: 292–295, 2002.
6. DELUCA, P. A.: Gait Analysis in the Treatment of the Ambulatory Child With Cerebral Palsy. *Clin. Orthop.*, 264: 65–75, 1991.
7. DELUCA, P. A., DAVIS, R. B., OUNPUU, S., ROSE, S., SIRKIN, R.: Alterations In Surgical Decision Making In Patients With Cerebral Palsy Based on Three-Dimensional Gait Analysis. *J. Pediatr. Orthop.*, 17: 608–614, 1997.
8. FILHO, M. C., YOSHIDA, R., CARVALHO, W. da S., STEIN, H. E., NOVO, N. F.: Are the Recommendations from Three-Dimensional Gait Analysis Associated with Better Postoperative Outcomes in Patients with Cerebral Palsy? *Gait Posture*, 28(2): 316–322, 2008.
9. GAGE, J. R.: The Role of Gait Analysis in the Treatment of Cerebral Palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 14: 701–702, 1994.
10. HILLMAN, S. J., HAZLEWOOD, M. E., SCHWARTZ, M. H., van der LINDEN, M. L., ROBB, J. E.: Correlation of the Edinburgh Gait Score with the Gilette Gait Index, the Gilette Functional Assessment Questionnaire, and Dimensionless Speed. *J. Pediatr. Orthop.*, 27: 7–11, 2007.
11. CHLÁDEK, P., TRČ, T., SCHEJBALOVÁ, A., ŘEHÁČEK, V.: Ganzova periacetabulární osteotomie-první zkušenosti. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 295–301, 2009.
12. KAY, R., DENNIS, S., RETHLEFSEN, S., REYNOLDS, R. A. K., SKAAGS, D. L., TOLO, V. T.: The Effect of Preoperative Gait Analysis on Orthopaedic Decision Making. *Clin. Orthop.*, 372: 217–222, 2000.
13. LANGOVÁ, K., GALLO, J.: Je Kaplan-Meierova statistika nejvhodnější metodou k hodnocení přežívání výsledku v ortopedii? *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 118–123, 2010.
14. LOFTEROD, B., TERJESSEN, T., SKAARET, I., HUSE, A. B., JAHNSEN, R.: Preoperative Gait Analysis has Substantial Effect on Orthopaedic Decision Making in Children with Cerebral Palsy. (Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients). *Acta Orthop.*, 78: 74–80, 2007.
15. MAATHUIS, K. G., van der SCHANS, C. P., van IPEREN, A., RIETMAN, H. S., GEERTZEN, J. H.: Gait In Children With Cerebral Palsy: Observer Reliability of Physician Rating Scale and Edinburgh Visual Gait Analysis Interval Testing Scale. *J. Pediatr. Orthop.*, 25(3): 268–272, 2005.
16. MACKEY, A. H., WALT, S. E., LOBB, G. A., STOTT, N. S.: Reliability of Upper and Lower Limb Three-Dimensional Kinematics in Children With Hemiplegia. *Gait Posture*, 22(1): 1–9, 2005.
17. MACKEY, A. H., STOTT, N. S., WALT, S. E.: Reliability and Validity of an Activity Monitor (IDEEA) in the Determination of Temporal-Spatial Gait Parameters in Individuals with Cerebral Palsy. *Gait Posture*, 28(4): 634–639, 2008.
18. MARKS, M. C., ALEXANDER, J., SUTHERLAND, D. H., CHAMBERS, H. G.: Clinical Utility of the Duncan-Ely Test for Rectus Femoris Dysfunction During the Swing Phase of Gait. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 45: 763–768, 2003.
19. ONG, A. M., HILLMAN, S. J., ROBB, J. E.: Reliability and Validity of The Edinburgh Visual Gait Score for Cerebral Palsy when Used by Inexperienced Observers. *Gait Posture*, 28(2): 323–326, 2008.
20. REDEKOP, S., ANDRYSEK, J., WRIGHT, V.: Single-Session Reliability of Discrete Gait Parameters in Ambulatory Children with Cerebral Palsy Based on GMFCS Level. *Gait Posture*, 28(4): 627–633, 2008.
21. SCHEJBALOVÁ, A.: Pes equinus u dětské mozkové obrny a možnosti ortopedické intervence. *Čes. a slov. Neurol. Neurochir.*, 67: 363–368, 2004.
22. SCHEJBALOVÁ, A., TRČ, T.: Indikace ortopedických operačních výkonů na kostech v oblasti kyčelního kloubu u pacientů s dětskou mozkovou obrnou. *Čes. a slov. Neurol. Neurochir.*, 67: 267–272, 2004.
23. SCHEJBALOVÁ, A., HAVLAS, V., TRČ, T.: Irreducible Dislocation of the Hip in Cerebral Palsy Patient Treated by Schanz Proximal Femoral Valgus osteotomy. *Int. Orthop.*, 33: 1713–1717, 2009.
24. SCHEJBALOVÁ, A., HLAVAS, V.: Výkony na svalecth – ovlivnění klinického a rentgenového nálezu v oblasti kyčelního kloubu u pacientů s dětskou mozkovou obrnou. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 75: 355–362, 2008.
25. ŠVEHLÍK, M., SLABÝ, K., SOUMAR, L., SMETANA, P., KOBESOVÁ, A., TRČ, T.: Evolution of Walking Ability after Soft Tissue Surgery in Cerebral Palsy Patients: What We Can Expect? *J. Pediatr. Orthop.*, 17: 107–113, 2008.
26. SYCZEWSKA, M.: Gait in Laboratory Analysis. *Ortop. Traumatol. Rehabil.*, 3(4): 484–486, 2001.
27. VIEHWEGER, E., HAUMONT, T., de LATTRE, C., PRESEDO, A., FILIPETTI, P., ILHARREBORDE, B., LEBARBIER, P., LONDOU, A., SIMEONI, M. C.: Multidimensional Outcome Assessment in Cerebral Palsy. Is it Feasible and Relevant? *J. Pediatr. Orthop.*, 28: 576–583, 2008.
28. WREN, T. A. L., WOOLF, K., KAY, R. M.: How Closely Do Surgeons Follow Gait Analysis Recommendations and why? *J. Pediatr. Orthop.*, 14: 202–205, 2005.
29. WREN, T. A. L., KALISVAART, M. M., GHATAN, C. E., RETHLEFSEN, S. A., HARA, R., SHENG, M., CHAN, L. S., KAY, R. M.: Effects of Preoperative Gait Analysis on Costs and Amount of Surgery. *J. Pediatr. Orthop.*, 29(6): 558–563, 2009.
30. YANG, N. H., CANAVAN, P. K., NAYEB-HASHEMI, H., NAJAFI, B., VAZIRI, A.: Protocol for Constructing Subject-Specific Biomechanical Models of Knee Jt. *Comput. Methods. Biomech. Biomed. Engin.*, 1: 1, 2010.

Prof. MUDr. Jan Poul, CSc.
Šmejkalova 6
616 00 Brno
E-mail: jpoul@fnbrno.cz