

Kritické zpracování prodlužování femuru za posledních deset let

Femoral Lengthening. A Critical Review of Ten-Year Results

L. KAISER-ŠRÁMKOVÁ¹, J. POUL², J. STRAKA², K. URBÁŠEK², T. PAVLÍK³, M. CVANOVÁ³

¹ Ortopedická klinika FN Brno

² Klinika dětské ortopedie, traumatologie a ortopedie, FN Brno

³ Institut biostatistiky a analýz Masarykovy Univerzity, Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

To evaluate the results of femoral lengthening in the patients treated from 2000 to 2009 in whom complete radiographic data were available and the lengthening procedure involved mainly the use of a Mephisto fixator.

MATERIAL AND METHODS

A total of 28 femoral lengthening procedures were carried out in 26 patients, 16 girls and 10 boys. The external fixator Mephisto was used in 24 cases; fixators Prospon and Orthofix in one and three cases, respectively. Fifteen patients were treated for congenital short femur, the rest had secondary femoral shortening due to following pathologies: distal femoral epiphysiolysis in five children, proximal femoral osteomyelitis in one child, avascular necrosis of the femoral head in one, diaphyseal femur fracture in one, enchondromatosis of the distal femur with growth plate destruction in one, and contralateral femur overgrowth following a fracture in one child. The average age at the beginning of treatment was 11 (range, 4–16) years. Complications were classified as mild, serious and critical. The results were statistically analysed using several statistical tests.

RESULTS

The average parameter values for the group included: total femoral lengthening, 40.2 mm (SD±11.1); osteotomy index (OI), 41 % (SD±9.8); lengthening percentage (LP), 10.9 % (SD±3.8); lengthening index (LI), 14.5 (SD±3.5) days/cm; healing index (HI), 52.6 (SD±20.1) days/cm; and consolidation index (CI), 93.3 (SD±40.0) days/cm. Mild complications were recorded in 11 (39.2 %), and serious and critical in eight patients (28.6 %). Fourteen patients (53.8 %) were free of any complications. Two complications were concurrently found in five patients (17.9 %). There was a statistically significant difference in the LP values related to the number of complications ($p=0.019$). No significant relationship was recorded on comparison of the HI value with the patient's age at the time of surgery ($p=0.836$) and patient's gender ($p=0.546$) (Mann-Whitney test). The relationship of the OI value to the HI value was non-significant ($p=0.492$), as was the relationship between the osteotomy technique (oscillating or Gigli saw osteotomy) and the occurrence of complications ($p=1.000$) (Fisher's exact test). Correlation between the LI and HI values was significant ($p<0.001$).

DISCUSSION

The results of healing after lengthening, as assessed by the healing and the consolidation index, were in agreement with other authors' data. The lower number of complications, particularly fractures of bone regenerate, can be explained by the facts that, in our study, the lengthening percentage was lower and that the post-operative care was strictly observed, including dynamic axial loading which stimulates bone consolidation at the lengthened section, with adherence to the proof of three developed cortices.

CONCLUSIONS

Our results did not confirm the assumption that slower lengthening will have a favourable effect on the healing index.

Key words: femoral lengthening, external fixator, complications.

ÚVOD

Prodlužování femuru je v poslední době realizováno buď intramedulárními prodlužovacími hřebí (14, 19) nebo klasicky zevními fixátory ať již cirkulárními fixátory dle Ilizarova (2, 7, 12) nebo monolaterálními zevními fixátory (7, 14, 22). Naše pracoviště (KDCHOT FN Brno) používalo v posledních deseti letech rutinně pouze monolaterální zevní fixátory (typ Mefisto, Orthofix, Prospan). Prodlužování femuru je velmi často spojeno s řadou problémů, překážek a komplikací (1, 4, 8, 9, 10, 19, 22). Cílem této studie bylo kriticky a nezávisle vyhodnotit průběh prodlužování a komplikace nezávislým pozorovatelem, mladším lékařem pracujícím na jiném pracovišti. Zpracování bylo založeno na studiu zdravotnické dokumentace, rtg snímků a pravidelných kontrol.

MATERIÁL A METODY

Od roku 2000 do roku 2009 bylo provedeno 28 femorálních prolongací u 26 pacientů, z toho u 16 dívek a 10 chlapců. Nejčastěji byl použit zevní fixátor typu Mefisto (obr. 1) (1krát Prospan, 3krát Orthofix, 24krát Mefisto). U 15 pacientů šlo o vrozený zkrat femuru, 5krát o sekundární zkrat následkem epifyseolýzy distálního femuru, 2krát o zkrat následkem osteomyelitidy proximálního femuru, 1krát o zkrat po avaskulární nekróze hlavičky femuru, 1krát o zkrat následkem patologické zlomeniny diafýzy femuru, 1krát o zkrat následkem enchondromatózy distálního femuru s destrukcí růstové ploténky a 1krát o přerůst kontralaterálního femuru po fraktuře (18, 21). Prakticky více než 90 % pacientů z tohoto souboru operoval a léčil jeden z autorů (J.P.) Průměrný věk na začátku prolongace byl 11 (4–16) roků. K hodnocení jsme vybrali časově omezené období, protože z důvodu periodicky prováděné skartace rtg snímků, byla tato dokumentace z období před rokem 2000 buď vůbec nedohledatelná nebo jen zčásti, takže to vylučovalo možnost provést zamýšlená měření. Všichni pacienti byli před operací dlouhodobě sledováni klinicky a ortoradiografií dolních končetin a data zanášena do Moseleyho „straight grafu“ (17) s cílem určit potřebnou délku prolongace dolních končetin. Indikací k operačnímu výkonu byl zkrat dolní končetiny minimálně 3 cm (s výjimkou jednoho pacienta, kde byl zkrat 2 cm). Operační výkon v celkové anestezii sestával z naložení zevního fixátoru zavrtáním dvou párů bikortikálních šroubů a jejich spojením do zevního fixátoru. Dolní pár bikortikálních šroubů byl zaváděn při současné 90° flexi kolenního kloubu. S výjimkou jednoho případu byla snaha umístit zevní fixátor co nejproximálněji. Diafýza femuru byla obnažena z krátké laterální incize. Kortikotomie Gigli pilou se šetřením medulární dutiny byla provedena u šesti výkonů, u zbývajících 22 výkonů byla osteotomie provedena oscilační pilou při současném chlazení irigačním roztokem. Prolongace byla zahajována od 8. (7.–9.) pooperačního dne. Tempo prolongace bylo značně individuální a reflektovalo vývoj regeneračního sval-

ku. Po dobu prolongace byla podávána intermitentně antibiotika, pacient chodil o berlích s částečným zatížením operované končetiny. Důraz byl kladen na denní lokální péči o místa vstupu šroubů přes kůži. Kontroly na ambulanci probíhaly v intervalu 2–4 týdny. Rtg snímky ve dvou projekcích v době prolongace byly prováděny v intervalu 4–6 týdnů. Velikost prolongace před jejím ukončením byla verifikována ortoradiografií. Ve fázi konsolidace bylo rtg snímkování prováděno v intervalu 8–10 týdnů. Sejmutí aparátu bylo podmíněno tzv. obrazem tří kortik (1, 25). Před koncem fáze konsolidace byla rutinně uplatňována dynamizace regenerátu zpětným chodem distrakčního zařízení 5krát půl otočky. Z důvodu prevence fraktury regenerátu byla v historicky starší části sledovaného souboru přikládána krátkodobá sádrová spika a v jednom případě pro opožděnou tvorbu regenerátu a psychasthenii pacienta byl fixátor odstraněn a místo prolongace bylo přemostěno kostní dlahou. Komplikace ve smyslu fraktury regenerátu nebo jeho ohnutí po sejmutí zevního fixátoru byly ošetřeny otevřenou osteosyntézou AO dlahou. Komplikace léčby byly kategorizovány dle Dahla (4) na mírné, závažné a kritické. Použitá statistická metodika: Popis souboru pacientů a jednotlivých prolongací stehenních kostí byl proveden pomocí frekvenčních tabulek a popisných statistik: průměru, směrodatné odchylky (SD), mediánu, minima a maxima. Pro hodnocení rozdílu hodnot spojitých proměnných ve dvou skupinách byl použit neparametrický Mann-Whitneyův test. V případě, že byl splněn předpoklad normality a homogenity rozptylu, pak byl použit parametrický t-test. Pro hodnocení 3 skupin byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test, který, pokud vyšel statisticky významně, byl doplněn mnohonásobným porovnáním jednotlivých skupin s Bonferroniho korekcí. V případě hodnocení vztahu dvou spojitých proměnných byla závislost vyjádřena pomocí Spearmanova korelačního koeficientu (označen jako r). Pro analýzu vztahu dvou kategoriálních proměnných se dvěma hodnotami (např. ano/ne) byl použit Fisherův exact test. Statistická významnost testů byla hodnocena na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



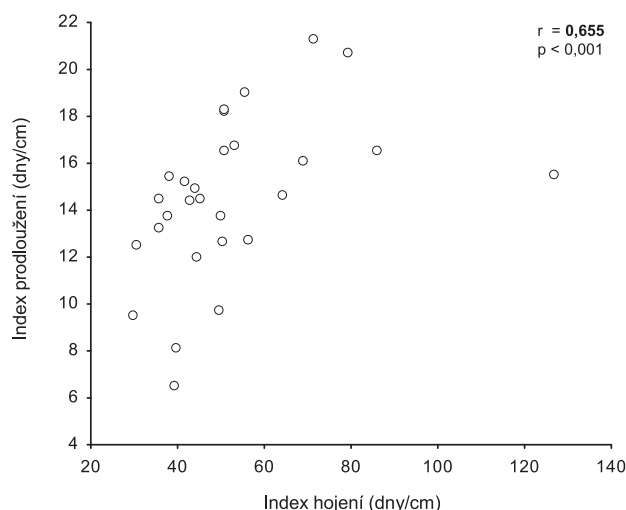
Obr. 1. Zevní fixátor Mefisto.

VÝSLEDKY

U všech pacientů byla k dispozici kompletní klinická a rtg dokumentace. Doba sledování od skončení léčby do data zhodnocení byla 52,6 (8–108) měsíců. Byla určena výška osteotomie jako její vzdálenost od kopule hlavice femuru, index osteotomie (osteotomy index – OI) (%) jako podíl výšky osteotomie k celkové délce femuru, předoperační zkrat femuru (mm), velikost prodloužení femuru (mm), procento prodloužení (lengthening percentage – LP) vyjadřující velikost prodloužení vzhledem k původní délce femuru (%), index prodloužení (lengthening index – LI) vyjadřující počet dnů prodloužení na 1 cm prodloužení (dny/cm), index hojení (healing index – HI) vyjadřující počet dnů léčby potřebných k prvotní konsolidaci regenerátu na 1 cm prodloužení (dny/cm), index konsolidace (consolidation index – CI) vyjadřující počet dnů léčby potřebných k definitivní konsolidaci regenerátu, tedy takové, že je možná plná zátěž operované končetiny (dny/cm) (tab. 1). U naprosté většiny pacientů dostačovala prostá kalotaxe, pouze u jednoho (3,8 %) z 28 výkonů byla provedena dodatečná osteosyntéza AO dlahou. Vztah indexu hojení (HI) a věku v době operace, respektive pohlaví lze shrnout tak, že nelze prokázat statisticky významný vztah mezi indexem hojení (HI) a věkem v době operace ($p=0,836$), respektive pohlavím ($p=0,546$, Mann-Whitneyův test). Dále byl hodnocen vztah výšky osteotomie a dalších indexů. Vztah indexu osteotomie (OI) versus index hojení (HI) byl statisticky nevýznamný ($p=0,492$), stejně jako vztah indexu osteotomie (OI) versus index konsolidace (CI) ($p=0,966$). Taktéž závislost počtu komplikací na jednotlivého pacienta a hodnot indexu osteotomie (OI) je statisticky nevýznamná ($p=0,301$, Kruskal-Wallisův test). Vztah typu osteotomie (oscilační nebo Gigli pilou) a výskytem komplikací je statisticky nevýznamný ($p=1,000$, Fisherův exact test). Korelace indexu prodloužení (LI) a indexu hojení (HI) byla statisticky významná ($p<0,001$). Hodnota korelačního koeficientu 0,655 značí středně silnou lineární závislost parametrů (obr. 2). Prolongace byly dle tempa prodlužování v prvních dvou až třech týdnech kategorizovány do dvou kategorií – méně než 1 mm/den versus 1 a více mm/den. Tyto dvě kategorie byly statisticky testovány vůči indexu hojení (HI) a indexu konsolidace (CI) (tab. 2, 3). Závislost indexu hojení (HI) a indexu konsolidace (CI) na rozdílném tempu prodlužování je statisticky nevýznamná ($p=0,908$, resp. $p=0,394$, Mann-Whitneyův test), ačkoliv z tabulek jsou

Tab. 1. Shrnutí jednotlivých prolongačních charakteristik ($N = 28$)

	Průměr (SD)	Medián (min; max)
Celkové prodloužení (mm)	40,2 (11,1)	38,7 (20,0; 77,6)
Index osteotomie (%)	41,0 (9,8)	39,6 (29,0; 71,0)
Procento prodloužení (%)	10,9 (3,8)	10,3 (5,8; 26,8)
Index prodloužení (dny/cm)	14,5 (3,5)	14,6 (6,5; 21,3)
Index hojení (dny/cm)	52,6 (20,1)	49,9 (30,0; 127,0)
Index konsolidace (dny/cm)	93,3 (40,0)	85,6 (44,1; 200,0)



Obr. 2. Korelace indexu prodloužení (LI) a indexu hojení (HI) ($N = 28$). Korelace indexu prodloužení LI a indexu hojení HI je statisticky významná ($p < 0,001$). Hodnota korelačního koeficientu 0,655 značí středně silnou lineární závislost parametrů.

zřejmé příznivější hodnoty indexu hojení (HI) a indexu konsolidace (CI) spíše při běžné prolongaci á 1 mm/den. Komplikace peroperační nebyly žádné. Pooperační komplikace zahrnovaly problémy v době prolongace, konsolidace a komplikace vzniklé po sejmutí zevního fixátoru (tab. 4), které jsme rozdělili dle Dahla. Ve studii bylo jedenáct mírných komplikací typu lehkého zánětu kolem Schanzova šroubu, nutnosti úpravy postavení

Tab. 2. Závislost indexu hojení (HI) na tempu prodlužování ($N = 28$)

Počet otáček	Počet N (%)	Index hojení (dny/cm)		Mann-Whitneyův test
		Průměr (SD)	Medián (min; max)	
< 1 mm/den	13 (46,4 %)	55,9 (26,6)	45,5 (30,9; 127,0)	$p = 0,908$
≥ 1 mm/den	15 (53,6 %)	49,7 (12,3)	50,0 (30,0; 79,6)	
Celkem 28	(100,0 %)	52,6 (20,1)	49,9 (30,0; 127,0)	

Tab. 3. Závislost indexu konsolidace (CI) na tempu prodlužování ($N=28$)

Počet otáček	Počet N (%)	Index konsolidace (dny/cm)		Mann-Whitneyův test
		Průměr (SD)	Medián (min; max)	
< 1 mm/den	13 (46,4 %)	97,8 (40,0)	92,3 (50,1; 200,0)	$p = 0,394$
≥ 1 mm/den	15 (53,6 %)	40,9 (12,3)	73,0 (44,1; 191,0)	
Celkem 28	(100,0 %)	93,3 (40,0)	85,6 (44,1; 200,0)	

Tab. 4. Rozdělení komplikací do skupin dle Dahla ($N = 28$)

Doba komplikace	Závažnost komplikace			
	Žádné N	Mírné N	Závažné N	Kritické N
Perioperační	28	0	0	0
Prolongace	16	10	2	2
Po sejmutí aparátu	23	1	3	1
Celkem		11	5	3

Legenda: Byly započítány i vícečetné komplikace u jednoho pacienta

horního jezdce zevního fixátoru, ohnutí distálního šroubu, sekrece v okolí šroubu atd. Závažných komplikací bylo celkem pět a zahrnovaly fraktury regenerátu, remontáž Schanzova šroubu a selhání upevnění jezdce. Komplikace typu ohnutí nebo fraktury regenerátu si vyžádaly otevřenou repozici a osteosyntézu dlahou. Do kritických komplikací spadá iatrogenní dislokace kyčelního kloubu. U stejného pacienta vznikla při druhé prodloužení angulace v důsledku chybného směru otáčení vyžadující si pozdější osteotomii s fixací dlahou. U jedné pacientky bylo nutné předčasné ukončení prodloužení pro psychický stress (po roce byl výkon již bezproblémově opakován). Ve studii byly tedy celkem tři kritické komplikace. Ve statistickém zpracování byl dále hledán vztah mezi počtem komplikací a procentem prodloužení (LP). V celkovém pohledu lze prokázat statisticky významný rozdíl v hodnotách průměrné procento prodloužení (LP) vzhledem k počtu komplikací ($p=0,019$). Při detailním srovnání jednotlivých skupin dle počtu komplikací pozorujeme rozdíl v hodnotách procenta prodloužení (LP) zejména mezi prodlouženími s jednou a dvěma komplikacemi ($p=0,021$) (tab. 5). Při stratifikaci komplikací do tříd dle Dahla nebyla nalezena statistická závislost na celkovém prodloužení ($p=0,428$, Kruskal Wallisův test) (obr. 3).

Tab. 5. Počet komplikací v závislosti na procentu prodloužení (LP) ($N = 28$)

Počet komplikací	N (%)	Procento prodloužení (%)		Kruskal-Wallisův test
		Průměr (SD)	Medián (min; max)	
Žádná	14 (50,0 %)	10,8 (1,9)	10,6 (8,2; 15,2)	$p = 0,019$
Jedna	9 (32,1 %)	8,9 (2,2)	9,2 (5,8; 13,4)	
Dvě	5 (17,9 %)	14,7 (6,9)	11,5 (10,0; 26,8)	
Celkem	28 (100,0 %)	10,9 (3,8)	10,3 (5,8; 26,8)	

DISKUSE

Cílem této studie bylo zhodnocení průběhu prodloužení a s ním spojených komplikací. Nejvíce používanou operační technikou v dnešní době je postupná distrakce nově se formujícího regenerátu (5, 7, 11, 16, 20, 23, 24). Dle Dungla et al. (7) se při kortikotomii nemá používat oscilační pila pro vznik velkého množství tepla a následného poškození endostální regenerace. My jsme prováděli kortikotomii buď oscilační pilou za současného chlazení irigačním roztokem nebo Gigliho pilou a neprokázal se rozdíl výskytu komplikací mezi oběma nástroji. Většina operací byla provedena jedním chirurgem včetně celé doby léčby a sledování. Jednotlivé charakteristiky prodloužení (celkové prodloužení, OI, LI, LP, HI CI) jsou srovnatelné s jinými autory (4, 6, 15). Jiná předchozí práce z našeho pracoviště detailně zpracování výše uvedených parametrů postrádá (13). Průměr indexu konsolidace (CI) v naší studii je 93,3 ($SD \pm 40$) dnů/cm. Lampasiho konsolidační index (CI) (14) 42,9 dnů/cm je podstatně nižší a nezaregistroval žádnou frakturu regenerátu, což bylo pravděpodobně ovlivněno přídatným elastickým intramedulárním hřebem. Na rozdíl



Obr. 3. Zobrazení závažnosti komplikací v závislosti na celkovém prodloužení. Závažnost třídy komplikace nezávisela statisticky významně na celkové délce prodloužení ($p = 0,428$).

od Astona et. al (3) udávajícího 56,7 % fraktur regenerátu nastala angulace nebo fraktura regenerátu v této studii jen 4krát (14,3 %). Nízký výskyt fraktur regenerátu mohl být pozitivně ovlivněn důsledným doléčením regenerátu včetně jeho dynamizace v období konsolidace, respektováním podmínky tří průkazně vytvořených kortik (1, 23) a prevencí úrazu v době po sejmutí aparátu používáním berlí resp. pelvifemorálních ortéz. Antoci et. al (1) na velkém souboru 116 prodloužení udává, že počet komplikací stoupá se zvyšujícím se procentem prodloužení a že procento prodloužení velmi dobře koreluje s výskytem komplikací a může být použito jako předpovědní faktor. My jsme také vypořizovali zvýšený výskyt komplikací se zvyšujícím se procentem prodloužení (LP), ale je nutno brát v potaz, že statistická významnost může být ovlivněna relativně malým počtem pacientů s více komplikacemi v naší studii. Dále Antoci (1) ve své práci zmiňuje efekt prodloužení na měkké tkáni. Prokázal, že prodloužení kosti o více než 25 % původní délky vede k neurologickým komplikacím až u 1/3 pacientů. V naší studii odpovídalo průměrné procento prodloužení (LP) jen 10,9 % z celkové délky femuru a pravděpodobně proto jsme žádné neurologické komplikace nezaznamenali. Gallien (8) udává komplikace vyžadující si další zákrok v celkové anestezii na hladině 45,5 %. V naší studii bylo 9 takových výkonů (32 %). Nutno ovšem podotknout, že Gallien (8) používal Wagnerovu metodu, věkový rozptyl pacientů byl vyšší než v naší studii a zahrnoval prodloužení femuru a tibie. Někteří autoři udávají vyšší procento komplikací u prodloužení tibie z hlediska malého zastoupení měkkotkáňových složek v okolí kosti (7). V práci Sangkaewa (22) byl průměrný věk pacientů 21,9 roku oproti 10,5 roku v naší studii. V obou studiích je téměř stejná hodnota indexu hojení (HI) 50,5 respektive 52,5 dnů/cm. Velký rozptyl věku v době operace v jeho studii 5-48 let umožnil najít vysoce statisticky významný vztah mezi věkem a hodnotou indexu hojení (HI). Věkový rozptyl pacientů této studie byl 4-16 let a nepodařilo se prokázat vliv věku na index hojení (HI). Stejně jako v naší studii nezjistil Sangkaew (22) vliv výšky

osteotomie na index hojení (HI) a počet komplikací. Gallien (8) udává, že prodlužování je z hlediska komplikací lépe tolerováno až u dětí nad deset let věku. Průměrný věk souboru pacientů této studie je v rozpětí 4–16 let a nenašli jsme zvýšený výskyt komplikací i oproti dalším autorům (14). Počet komplikací udávaných v literatuře pro prodlužování femuru se udává v rozmezí 20–250 % (10). Komplikace v naší studii se vyskytly u 50 % pacientů. Jiní autoři udávají výskyt komplikací této metody jen u 40 % pacientů (5, 11). Venkatesh et al. (25) studoval 40 prolongací femuru u achondroplasie. Výskyt fraktury regenerátu závisel statisticky na velikosti prodloužení. V této studii byly 4 angulace nebo fraktury regenerátu z celkových 28 prolongací a tuto závislost se nám nepodařilo prokázat. Naopak jsme prokázali středně silnou lineární závislost indexu prodloužení (LI) na indexu hojení (HI), což pro nás bylo největším překvapením. Pomalejší prolongace byla spojena s delší dobou hojení. Pokud byly stratifikovány jednotlivé subjekty v podskupiny, kde byla prolongace hlavně na začátku méně než 1 mm/den a druhou podskupinu s prolongací 1 a více než 1 mm/den, jsou hodnoty jak indexu hojení (HI) tak i indexu konsolidace (CI) větší právě u pomalejší prolongace, i když bez statistické významnosti. Úzkostlivé sledování tvorby svalku a zpomalování prolongace se neukázalo jako právě efektivní. Stejně tak se zdá, že bude asi rozumné, vrátit se k dříve u nás rutinně prováděné kortikotomii se zachováním medulární dutiny.

ZÁVĚR

V souboru limitovaném co do počtu, ale s úplnou rentgenologickou dokumentací, jsme si chtěli zhodnotit úspěšnost našich dosavadních postupů, porovnat je s údaji jiných autorů a vyvodit léčebné konsekvence. Předpoklad jednoho z autorů (J. P.), že pomalejší start a průběh prolongace ovlivní pozitivně index hojení se nenaplnil.

Literatura

1. ANTOCI, V., ONO, M. C., ANTOCI, V., Jr., RANEY, M.E.: Bone lengthening in children: how to predict the complications rate and complexity? *J. Pediatr. Orthop.*, 26: 634–640, 2006.
2. ARONSON, J.: Current concepts review. Limb-lengthening, skeletal reconstruction, and bone transport with the Ilizarov method. *J. Bone Jt Surg.*, 79-A: 1243–1258, 1997.
3. ASTON, W. J., CALDER, P. R., BAKER, D., HARTLEY, J., HILL, R. A.: Lengthening of the congenital short femur using the Ilizarov technique: a single-surgeon series. *J. Bone Jt Surg.*, 91-B: 962–967, 2009.
4. DAHL, M. T., GULLI, B., BERG, T.: Complications of limb lengthening. *Clin. Orthop.*, 301: 10–18, 1994.
5. DE BASTIANI, G., ALDEGHERI, R., RENZI-BREV, L.: Limb lengthenings by callus distraction. *J. Pediatr. Orthop.*, 7: 129–134, 1987.
6. DE BASTIANI, G., ALDEGHERI, R., BRIVIO, L., R., TRIVELLA, G.: Chondrodiastasis – controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate. *J. Bone Jt Surg.*, 68-B: 550–556, 1986.
7. DUNGL, P. et al.: Ortopedie. Praha, Grada Publishing a.s. 2005.
8. GALLIEN, R.: Femoral and tibial lengthening by the Wagner method. *J. Pediatr. Orthop.*, 15: 202–209, 2006.
9. GANGER, R., RADLER, C., CHOMIAK, J., HANDLBAUER, A., GRILL, F., DUNGL, P.: Komplikace po prolongaci femuru kruhovým fixátorem při vrozeném defektu femuru. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 61–66, 2011.
10. GLORION, C., POULIQUEN, J. C., LANGLAIS, J., CEOLIN J. L., KASSIS, B.: Femoral lengthening using the callotaxis method: study of the complications in a series of 70 cases in children and adolescents. *J. Pediatr. Orthop.*, 16: 161–167, 1996.
11. HERZENBERG, J. E., WAANDERS, N. A.: Calculating rate nad duration of distraction with the Ilizarov technique. *Orthop. Clin. N. Amer.*, 33: 601, 2002.
12. ILIZAROV, G. A.: Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin. Orthop.*, 250: 8–26, 1990.
13. JOCHYMEK, J., ŠKVAŘIL, J., ONDRUŠ, Š.: Analýza výsledků kostního hojení prodlužovaných femurů metodou postupné distrakce u dětí a dospívajících. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 399–403, 2009.
14. LAMPASI, M., LAUNAY, F., JOUVE, J. L., BOLLINI, G.: Femoral lengthening over elastic stable intramedullary nailing in children using the monolateral external fixator. *Musculoskelet Surg.*, 93: 57–64, 2009.
15. LIE, W. H. CH., CHOW, W.: Limb lengthening in short-stature patients using monolateral and circular external fixators. *Hong Kong Med. J.*, 15: 280–284, 2009.
16. MONTICELLI, G., SPINELLI, R.: Leg lengthening by closed metaphyseal corticotomy. *Ital. J. Orthop. Traum.*, 4: 139, 1983.
17. MOSELEY, C. F.: A straight-line graph for leg-length discrepancies. *J. Bone Jt Surg.*, 59-A: 174–179, 1977.
18. OMANIK, P., SYKORA, L., KOZLÍKOVÁ, K., BÉDER, I., MURÁR, E., HORN, F.: Dlhodobé výsledky liečby zlomenín diafýzy femuru u detí. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 394–398, 2009.
19. PALEY, D., HERZENBERG, J. E., PAREMAIN, G., BHAVE, A.: Femoral lengthening over an intramedullary nail. *J. Bone Jt Surg.*, 79-A: 1464–1480, 1997.
20. PALEY, J., TALOR, J., LEVIN, A., BHAVE, A., PALEY, D., HERZENBERG, E. J.: The multiplier method for prediction of adult height. *J. Pediatr. Orthop.*, 24: 732–737, 2004.
21. PLÁNKA, L., CHALUPOVÁ, P., CHARVÁTOVÁ, M., POUL, J., GÁL, P.: Rotační deformity při použití metody ESIN u zlomenin diafýzy stehenní kosti u dětí sledované magnetickou rezonancí. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 39–42, 2010.
22. SANGKAEW, CH.: Distraction osteogenesis of the femur using conventional monolateral external fixator. *Arch Orthop Trauma Surg.*, 128: 889–899, 2008.
23. TRČ, T.: Prolongace bérce kalotaxí. 1. část. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 60: 67–75, 1993.
24. TRČ, T., DOKOUPIL, J.: Prolongace bérce kalotaxí. 2. část. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 60: 131–147, 1993.
25. VENKATESH, K. P., MODI, H. N., DEVMURARI, K., YOON, J. Y., ANUPAMA, B. R., SONG, H. R.: Femoral lengthening in achondroplasia. Magnitude of lengthening in relation to patterns of callus, stiffness of adjacent joints and fracture. *J. Bone Jt Surg.*, 91-B: 1612–1617, 2009.

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