

Srovnání modifikací prolongace femuru a bérce u dětí

Comparison of Modifications of Femoral and Tibial Lengthening in Children

M. OŠTÁDAL, R. STACHOŇ, M. FRYDRYCHOVÁ, A. FRAŇO, P. DUNGL, J. CHOMIAK

Ortopedická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Nemocnice Na Bulovce, Praha

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Limb lengthening has always belonged to the most complex surgical techniques in paediatric orthopaedics. In our study, we compared the results of femoral and tibial lengthening using three different surgical techniques. The presented study aimed to shorten the duration of external fixation to a minimum and to reduce the complication rate.

MATERIAL AND METHODS

The retrospective study compared 74 patients (38 boys, 36 girls) who had undergone stepwise progressive lengthening of the femur or tibia between the years 2007 and 2019. The most frequent indication was the proximal focal femoral deficiency (PFFD, 33 patients). The total number of lengthening procedures was 130 (femur 72, tibia 58), the follow-up period was 2–14 years. The following modifications of surgical techniques were used: (i) standard approach, i.e. corticotomy with a two-stage removal of the fixator, (ii) preventive fixation with elastic stable intramedullary nails (ESIN) and also with a two-stage removal of the fixator, and (iii) standard approach with an early removal of the external fixator and plate osteosynthesis.

RESULTS

The mean lengthening achieved was 56 ± 18 (27–114) mm in femur and 54 ± 16 (25–110) mm in tibia. There was no statistical difference in the lengthening achieved by different modifications. The mean duration of external fixation in femur and tibia lengthening was comparable (166 and 164 days). The complications were observed in 60% of lengthening procedures, the most frequent being the pin release or axial malalignment of the lengthening (33 cases, 25%). The patients with ESIN displayed statistically the lowest complication rate (26%), the highest complication rate was seen in children with osteosynthesis using a plate (80%).

CONCLUSIONS

It follows from our results that fixation with intramedullary nails in comparison with the standard approach and plate osteosynthesis helped decrease the number of complications by more than 50%. The plate osteosynthesis is indicated in patients with repeated lengthening (achondroplasia, hypochondroplasia or PFFD with pronounced shortening) since it significantly reduces the duration of external fixation.

Key words: limb lengthening, femur, tibia, surgical techniques, complications.

ÚVOD

Prodlužování končetin patří historicky mezi techniky nejobtížnější výkony v dětské ortopedii, provázené navíc vysokým procentem komplikací (9). První zmínky o chirurgických technikách pro prodlužování femuru a bérce u dětí najdeme v pracích Codivilla (7) a Abbota a Saunderse (1). Jejich operační postup spočíval v osteotomii, prováděné ve středu diafýzy, v zavedení hřebu do patní kosti a v sádrové fixaci. V roce 1933 Phemister (30) zavedl techniku epifyzeodézy, v r. 1942 Gill a Abbot (12) naznačili, že růst je úměrný kostnímu věku a teprve v r. 1948 Anderson a Green (4) publikovali základní údaje o délce dolních končetin u chlapců a dívek. Zásadní pokrok v chirurgickém prodlužování končetin znamenala až práce Ilizarova (19), který položil teoretické základy tvorby autoregenerátu při postupné distrakci. Stanovil rovněž základní principy, důležité pro tvorbu prolongátu; ty zahrnují především maximální ochranu extraoseálního a nitrodřeňového krevního zásobení, sta-

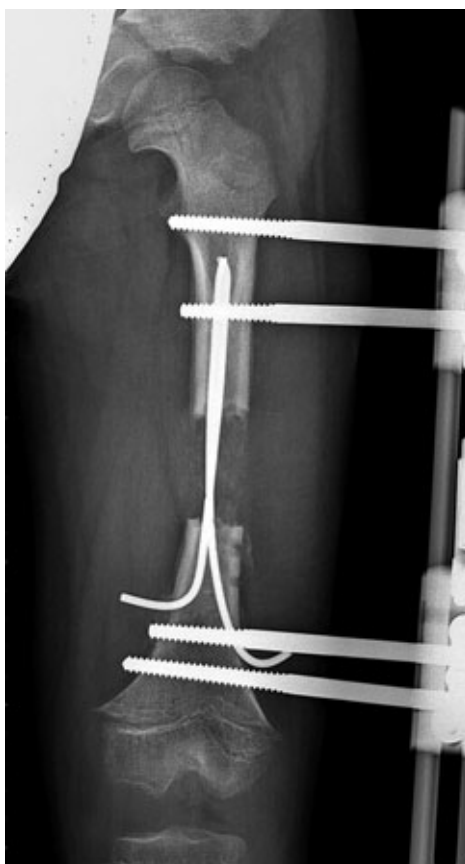
bilní zevní fixátor, časový odstup mezi osteotomií a začátkem prolongace, distrakci 1 mm/den a fyziologické zatěžování prolongované končetiny. U nás se o zavedení Ilizarovova postupu zasloužil Dungal (9): v osmdesátých letech minulého století zařadil prolongace femuru a bérce u dětí do repertoáru standardních výkonů (14). Zatímco základní Ilizarovy principy jsou stále platné, prolongační techniky se díky sofistikovanějším zevním fixátorům a nitrodřeňovým prolongačním hřebům rychle vyvíjejí.

V současnosti se prolongace femuru i bérce provádí tzv. kalotází, tj. postupnou distrakcí svalku, který vzniká po přerušení kosti osteotomií; tu je nutno provádět nízkou energií, aby nedošlo k termickému poškození kostí a měkkých tkání (18). Během distrakce vzniká třidimenzionální síť kolagenních vláken, orientovaných paralelně se směrem prolongace (33). Fibroblasty se postupně přeměňují v osteoblasty, které vytvářejí kostní tkáň (23). Nově vytvořené kostní trabekuly se díky dynamické zátěži postupně kompaktizují. Fixátor se odstraňuje tepr-



Obr. 1. Příklad prolongace femuru standardním postupem na zevním fixátoru typu Orthofix.

Fig. 1. Example of a standard femoral lengthening procedure with an Orthofix external fixator.



Obr. 2. Příklad prolongace femuru s preventivní fixací ESIN na zevním fixátoru typu Orthofix.

Fig. 2. Example of femoral lengthening with preventive ESIN fixation combined with an Orthofix external fixator.



Obr. 3. Příklad prolongace bérce s preventivní fixací ESIN na zevním fixátoru typu Orthofix.

Fig. 3. Example of tibial lengthening with preventive ESIN fixation combined with an Orthofix external fixator.

ve tehdy, když jsou na rtg snímku v obou projekcích patrné alespoň tři vrstvy novotvořené kortikalis (25). Nevýhodou tohoto standardního postupu je především dlouhá doba, po kterou musí být fixátor zaveden; to významně ovlivňuje kvalitu života pacienta. Další nevýhodou je shora zmíněné vysoké procento komplikací, které prolongaci provázejí; patří dokonce k nejvyšším mezi všemi ortopedickými výkony.

V naší práci jsme si proto položili otázku, zda je možno významně zkrátit dobu zavedení fixátoru, zvýšit komfort pacienta a současně minimalizovat procento komplikací. Srovnávali jsme výsledky prolongace femuru a tibie, dosažené (i) standardním postupem, tj. kortikotomií s dvoudobou extrakcí fixátoru, (ii) preventivní fixací nitrodřeňovými elastickými pruty (elastic stable intramedullary nailing – ESIN) a též dvoudobou extrakcí a konečně (iii) standardním postupem jako ad (i) s předčasnou extrakcí zevního fixátoru a osteosyntézou s podvlékanou dlahou.

Obr. 4. Příklad prolongace bérce s preventivní fixací ESIN na zevním fixátoru typu TSF.

Fig. 4. Example of tibial lengthening with preventive ESIN fixation combined with a TSF external fixator.



MATERIÁL A METODIKA**Pacienti**

Retrospektivně byl sledován soubor 74 pacientů (38 chlapců a 36 dívek), kteří v letech 2007–2019 podstoupili na naší klinice postupnou prolongaci femuru nebo bérce. Průměrný věk pacientů v době zahájení prolongace byl u femuru i bérce stejný (10 let, s rozpětím od 3 do 18 let).

Nejčastější indikace k prolongaci byla proximální fokální deficeience (PFFD, celkem 33 pacientů), a to i díky tomu, že jsme do této skupiny zařadili též kongenitální hemihypo- a hypertrofie dolních končetin. Druhou nejčastější skupinu tvořila aplazie fibuly (n=14), dále pak kongenitální pakloub bérce (n=4), stav po poranění distální růstové ploténky femuru (n=4), achondroplazie nebo hypochondroplazie (n=4), kongenitální kyfokolióza bérce (n=4), morbus Ollier (n=4), stav po novorozenecké koxitidě (n=3), avaskulární nekróza hlavy femuru u kyčelní dysplazie (n=2) a konečně pes equinovarus congenitus (n=2). U pacientů, u kterých byla prolongace indikována z důvodu rozdílné délky končetin (tj. u všech kromě achondroplazie a hypochondroplazie), činil průměrný zkrat femuru před operací 69 mm (17–180 mm), u bérce 54 mm (30–150 mm). Celkem se jednalo o 130 prolongací, a to 72 u femuru a 58 u bérce; u některých pacientů byly po dobu růstu prováděny prolongace opakovaně, celková doba sledování byla 2–14 let.

Předoperační vyšetření a chirurgické techniky

Všichni pacienti byli před operací důkladně interně vyšetřeni. Byl stanoven jejich přesný kostní věk (13) a dle celkové výšky byli zařazeni do percentilového růstového grafu. Dále byla zhotovena rentgenová orthodiografie dolních končetin, změřena absolutní délka femuru a bérce, byl stanoven rozdíl v délce končetin a vypočítána růstová prognóza kostí, u kterých bylo prodlužování plánováno.

Obecnou indikací k operačnímu řešení byla délková diskrepance dolních končetin větší než 3 cm. Ve všech případech bylo nutno především zvážit, zda daný stav nelze řešit dočasnou epifyzeodézou delší končetiny, či u femuru jednorázovou abreviační osteotomií; jedná se totiž o mnohem jednodušší výkony s nižším rizikem komplikací. V našem souboru byly použity 2 typy zevních fixátorů, a to jednorovinné a vícerořadné. Nejčastěji byl použit jednorovinný aparát typu Orthofix (Lewisville, Texas – 86x), z vícerořadných pak Taylorův rám (Taylor Spatial Frame, TSF; Smith and Nephew, Memphis – 29x) a konečně 15x konvenční Ilizarovův cirkulární fixátor. Kortikotomie byla prováděna standardně na rozhraní proximální a střední třetiny femuru i tibie. V případech, kdy bylo nutné korigovat úhlovou deformitu, byla i v místě největšího zakřivení provedena kortikotomie. Vlastní přerušování kosti bylo provedeno po navrtání kortikotomickým dlátkem nízkonoenergeticky; oscilační pila se nedoporučuje pro riziko vzniku nekrózy okrajových částí termickou reakcí, doprovázenou horší tvorbou prolongátu.

Obr. 5. Příklad prolongace bérce s časnou extrakcí zevního fixátoru a osteosyntézou podvlékanou dlahou.

Fig. 5. Example of tibial lengthening with early removal of the external fixator and osteosynthesis using a plate.

Použité modifikace operačních postupů

V souladu se stanovenými cíli práce jsme použili 3 modifikace operačních postupů: (i) standardní postup, tj. kortikotomii s dvoudobou extrakcí fixátoru (48x) (obr. 1), (ii) preventivní fixaci nitrodřevními elastickými pruty a též s dvoudobou extrakcí (31x) (obr. 2, 3, 4) a konečně (iii) u některých pacientů, zvláště u těch s opakovanými prolongacemi (achondroplazie, hypochondroplazie, PFFD), jsme extrahovali zevní fixátor dříve, než došlo ke konsolidaci svalku, a provedli jsme osteosyntézu podvlékanou dlahou (51x) (obr. 5).

Pooperační péče

Postupná prolongace byla zahájena dle aktuálního stavu pacienta 5.–8. pooperační den. U aparátu typu Orthofix a Ilizarov jsme prodlužovali rychlostí 4x 1/4 otáčky na prolongačním členu, což činí 1 mm/den. Prodlužování bylo prováděno vždy v 7, 11, 15 a 19 h tak, aby pacient nemusel být probouzen v noci. U TSF jsme postupovali dle daného schématu, vytvořeným firemním softwarem, v závislosti na tom, zda byla součástí prolongace i korekce úhlové deformity. Rehabilitace začala již první pooperační den po naložení fixátoru: pacient se vertikalizoval a začal s cvičením velkých kloubů v okolí fixátoru. Přitom je nutno si uvědomit, že sval je při prodlužování vždy alespoň přechodně poškozen, což se projeví snížením mono- a polysynaptických reflexů po zisku asi 15% délky; krevní průtok je v prodlužované končetině snížen. Sval se prodlužuje v myotendinózním spojení myofibrilogenezí, svalová síla se během prolongace snižuje. Intenzita rehabilitace se zvyšovala s délkou prolongace, zařazena byla i horizontální trakce během nočního a poledního spánku. U některých prolongací bérce byly zhotovovány na míru sádrové či plastové dla-



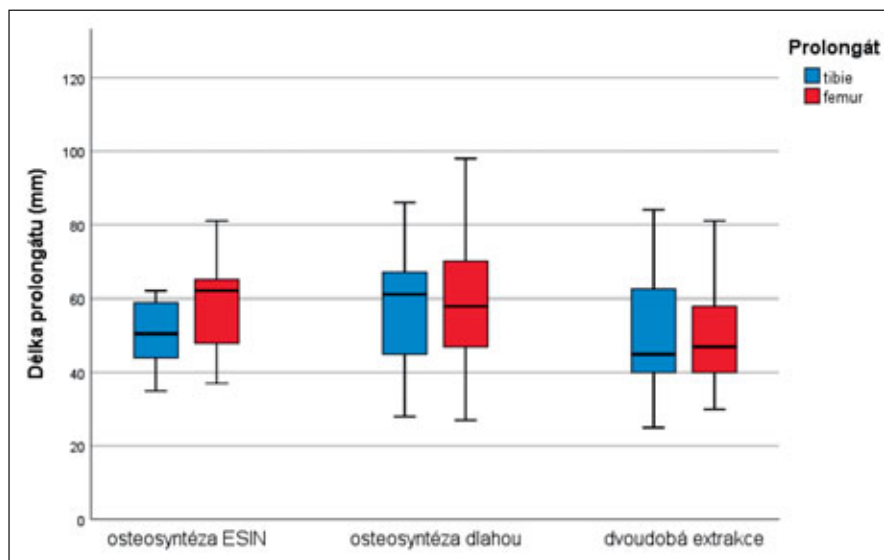
hy, aplikované současně s trakcemi; udržení základního postavení v hlezenním kloubu brání vzniku zkratu Achillovy šlachy. První kontrolní rentgenový snímek byl zhotovován standardně 7. den prolongace.

Dimise pacientů z nemocnice se lišila v závislosti na vzdálenosti bydliště a míře spolupráce s rodiči. Lepších výsledků léčby bylo dosaženo v situaci, kdy byl pacient po celou dobu prolongace hospitalizován, případně propuštěn domů jen na víkendy; rehabilitace je pak intenzivní a je možno lépe kontrolovat čištění hřebů zevního fixátoru. Na klinice je možno zajistit i standardní školní výuku. Při dobré kompliance rodičů a nekomplikovaném průběhu bylo možno k dimisi přistoupit již 7. den po prolongaci. Po propuštění byli pacienti pravidelně sledováni klinicky i rentgenologicky po dobu prolongace, maximálně ve 14denních intervalech. Po skončení prolongace se intervaly prodloužily na 4 týdny (dokud mají pacienti zevní fixátor).

Prolongace byla standardně ukončena dvoudobou extrakcí zevního fixátoru. Pacienti byli přijati k hospitalizaci, tělo fixátoru bylo sejmuto a hřeby ponechány *in situ*. Po plné zátěži – nedojde-li ke zlomení v prolongátu – byly po dvou dnech extrahovány i hřeby zevního fixátoru, kanály po hřebech byly důkladně propláchnuty jodem a peroxidem vodíku a pacient byl propuštěn. Došlo-li ke zlomenině v prolongátu, bylo tělo fixátoru opět nasazeno. Objektívni metoda, která by přesně určila optimální čas k sejmutí zevního fixátoru, dosud neexistuje. Tento interval je vždy ovlivněn subjektivním názorem a zkušenostmi ošetřujícího lékaře. U 13 % prolongací byl zevní fixátor sejmuto pro déle trvající infekci v okolí hřebů či jejich uvolnění. V takovém případě byla k dohojení naložena sádrová fixace, a to vysoká sádra po prolongaci bérce a sádrová spika po prolongacích femuru.

Statistické hodnocení

V rámci statistického zpracování dat byla nejprve porovnána výsledná délka prolongátu a doba se zevním fixátorem u femuru a tibie u tří typů použitých modifikací. Následně byl pomocí modelu vícenásobné lineární regrese analyzován vliv pozorovaných proměnných (typ operace, délka zkratu, věk v době zahájení prolongace, délka prolongátu) na délku fixace. Závěrečná analýza statisticky porovnávala množství komplikací u jednotlivých modifikací. Statistická významnost byla posouzena na hladině $p < 0,05$. Statistické testování bylo provedeno v programu IBM SPSS Statistics 25. Ve výsledkové



Graf 1. Porovnání délek prolongátu.

Chart 1. Comparison of lengthening achieved.

Délka prolongátu (mm) u jednotlivých typů modifikací (osteosyntéza ESIN, osteosyntéza dlahou a standardní dvoudobá extrakce) u femuru i tibie.

The lengthening (mm) by type of modification (ESIN osteosynthesis, plate osteosynthesis and standard two-stage removal) in femur and tibia.

části jsou zásadní kvantitativní proměnné uvedeny ve formě průměr \pm směrodatná odchylka (minimum–maximum).

VÝSLEDKY

Délka prolongátu

Průměrná výsledná délka prolongátu činila u femuru $56 \text{ mm} \pm 18 \text{ mm}$ (27–114 mm), u bérce $54 \text{ mm} \pm 16 \text{ mm}$ (25–110 mm). U pacientů se standardním postupem s dvoudobou extrakcí fixátoru byl průměrný prolongát u bérce $53 \text{ mm} \pm 19 \text{ mm}$ (25–110 mm) a femuru $50 \text{ mm} \pm 14 \text{ mm}$ (30–90 mm), u prolongací zakončených osteosyntézou dlahou byla průměrná délka prolongátu u femuru $61 \text{ mm} \pm 21 \text{ mm}$ (27–114 mm), u bérce $57 \text{ mm} \pm 14 \text{ mm}$ (28–86 mm). A konečně u pacientů s preventivní fixací ESIN byla průměrná délka prolongátu u femuru $57 \text{ mm} \pm 12 \text{ mm}$ (37–81 mm) a bérce $50 \text{ mm} \pm 8 \text{ mm}$ (35–62 mm). Porovnání dosažených délek prolongátu u jednotlivých operačních postupů je znázorněno na grafu 1; rozdíly v délce prolongátů u jednotlivých operačních postupů nebyly statisticky významné.

Doba se zevním fixátorem

Průměrná doba se zevním fixátorem (161 dní) se u prolongací femuru i bérce statisticky významně nelišila – femur 166 ± 86 (54–692) dní, bérce 164 ± 60 (52–333) dní ($p > 0,05$). U prolongací se standardním postupem a dvoudobou extrakcí fixátoru byla průměrná doba se zevním fixátorem u femuru 172 ± 56 (120–330) dní a bérce 182 ± 67 (15–330) dní ($p > 0,05$). U prolongací, které byly ukončeny dlahovou osteosyntézou, činila délka se zevním fixátorem 165 ± 117 (60–690) dní

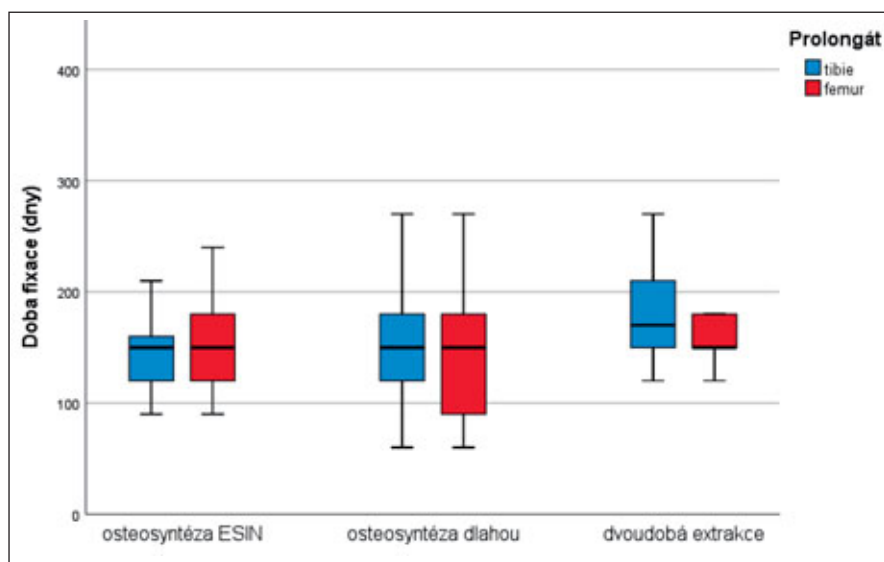
u femuru a 153 ± 56 (60–270) dní u bérce ($p > 0,05$). U prolongací s preventivní fixací ESIN byla průměrná doba se zevním fixátorem femuru 158 ± 51 (90–300) dní a bérce 150 ± 43 (90–240) dní (graf 2).

Srovnání faktorů, které mohou ovlivnit dobu se zevním fixátorem (použitá modifikace standardního postupu, předoperační rozdíl v délce končetiny, věk v době zahájení prolongace a výsledná délka prolongátu), bylo provedeno lineární regresní analýzou (tab. 1). Výsledky ukázaly, že jediným faktorem, který statisticky významně ovlivnil dobu se zevním fixátorem, byla výsledná délka prolongátu. S každým narůstajícím milimetrem prolongátu se prodlužuje doba fixace přibližně o dva dny.

Komplikace

Komplikace jsme zaznamenali u 60 % prolongací; nejčastější komplikací v našem souboru bylo uvolnění hřebu či úhlová desaxace v prolongátu (33 případů, 25 %). Vzniklou situaci jsme řešili úpravou postavení pod skiaskopickou kontrolou, převrtáním hřebů či výměnou celého fixátoru. U 12 výkonů (9 %) došlo ke zlomenině v prolongátu, po sejmutí fixátoru, která byla řešena naložením sádrové fixace nebo osteosyntézou. U 12 prolongací (9 %) došlo ke vzniku paklobu, který musel být řešen revizí a osteosyntézou se spongioplastikou. V 11 případech (8 %) došlo po prolongaci bérce ke zkratu Achillovy šlachy, který se nezlepšil ani po intenzivní rehabilitaci; musela být proto provedena její „Z“ prolongace dle Whitea (34). U 11 prolongací (8 %) došlo ke ztuhlosti kolena, kterou jsme řešili redresem v krátkodobé celkové anestezii. V 7 případech (5 %) došlo k subluxaci kolenního kloubu, která si vyžádala repozici a fixaci. U 6 pacientů (5 %) vznikla osteomyelitida, léčená revizí a drenáží. U prolongací bérce došlo v 5 případech (4 %) k předčasnému srůstu fibuly a musela být provedena opětovná kortikotomie. U 5 pacientů (4 %) se vyvinula přechodná paréza *n. peroneus*, v rámci fyzioterapie byla prováděna elektrostimulace nervu. Ve 3 případech (2 %) byla pro kontrakturu kolena provedena deliberace extenzorového aparátu; u 3 pacientů (2 %) byla provedena naopak prolongace hamstringů pro flekční kontrakturu. Dvakrát musela být provedena synovektomie pro artritidu kolenního kloubu.

Procento komplikací u prolongací femuru a bérce u jednotlivých operačních modifikací je znázorněno v grafu 3. Z výsledků je zřejmé, že nejvyšší množství komplikací jsme pozorovali ve skupině pacientů s ESIN (26 %); u dětí, operovaných standardním postupem, bylo



Graf 2. Porovnání doby se zevním fixátorem.

Chart 2. Comparison of the duration of external fixation.

Celková doba fixace na zevním fixátoru (dny) jednotlivých typů modifikací (osteosyntéza ESIN, osteosyntéza dlahou a standardní dvoudobá extrakce) u femuru i tibie. V grafu z důvodu přehlednosti není zahrnut jeden outlier v případě osteosyntézy dlahou (délka fixace 690 dní).

Total duration of external fixation (days) for each type of modification (ESIN osteosynthesis, plate osteosynthesis and standard two-stage removal) in femur and tibia. For the sake of clarity, the chart does not include an outlier for plate osteosynthesis (duration of fixation of 690 days).

Tab. 1. Lineární regresní model (závislá proměnná: délka fixace ve dnech)

Table 1. Linear regression model (dependant variable: duration of fixation in days)

	nestandardizované koeficienty		std. koeficient	t	sig.
Proměnné	B	std. chyba	B		
Konstanta	63,602	25,99		2,447	0,016
ESIN	-12,145	18,889	-0,067	-0,643	0,522
OS dlahou	-27,641	18,601	-0,167	-1,486	0,141
Zkrat (mm)	0,259	0,234	0,13	1,107	0,271
Věk	0,122	1,869	0,007	0,065	0,948
Prolongát	1,781	0,484	0,412	3,678	<0,001

Pozn.: =0,22, adjusted =0,18, std. chyba odhadu = 70,38

Závislost doby se zevním fixátorem na pozorovaných proměnných. Na základě vytvořeného modelu je zřejmé, že jedinou podstatnou vysvětlující proměnnou modelu je prolongát, který statisticky významně ovlivňuje následnou délku fixace ($p < 0,001$). S každým narůstajícím milimetrem prolongátu se prodlužuje doba fixace přibližně o 2 dny. Typ operace, zkrácení ani věk nejsou statisticky významnými vysvětlujícími proměnnými závislé proměnné, kterou je délka fixace.

Note: $R^2=0,22$, adjusted $R^2=0,18$, standard error of estimate = 70.38 Dependence of the duration of external fixation on the investigated variables. The developed model clearly indicates that the only significant explanatory variable in the model is the lengthening, which has a statistically significant effect on subsequent duration of fixation ($p < 0,001$). With each additional millimetre of lengthening, the duration of fixation increases by approximately 2 days. Neither the type of surgery, nor the reduction of duration or age are statistically significant explanatory variables for the dependent variable, which is the duration of fixation.

komplikací více (60 %), nejvyšší počet komplikací byl u dětí s osteosyntézou podvlékanou dlahou (80 %). Všechny rozdíly jsou statisticky významné ($p < 0,05$, tab. 2).

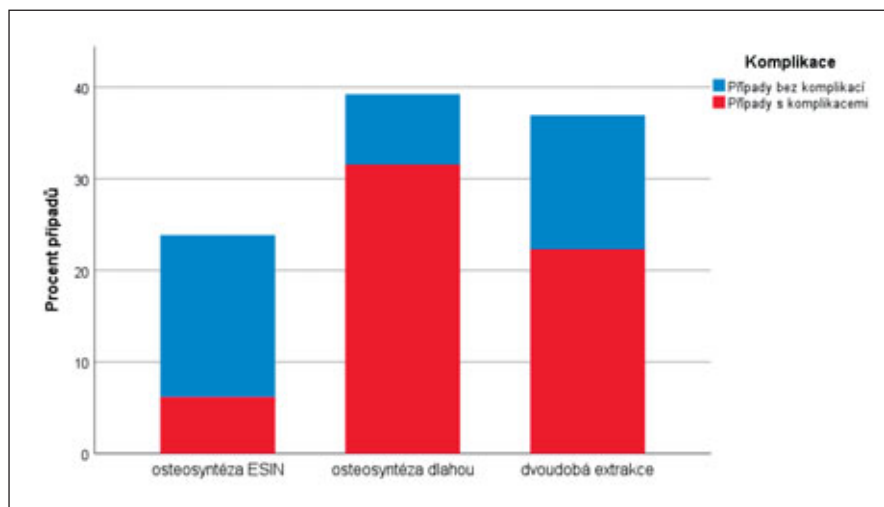
Pacienti byli sledováni i po sejmutí fixátoru, protože ve 14 případech došlo do jednoho roku ke vzniku úhlové deformity, která musela být řešena korekční osteotomií a osteosyntézou. Tyto komplikace vznikaly nejčastěji po prolongaci bérce u aplazie fibuly. Přechodný zánět v okolí hřebů fixátoru (pin tract infection) se vyskytl u většiny pacientů s prolongací; došlo-li k vyhojení zánětu po intravenózním či perorálním podání antibiotik, nebyl tento stav považován za zásadní komplikaci. Při kultivaci stěrů z hřebů fixátoru byla bakteriální infekce pozitivní ve 100 % případů.

DISKUSE

Předložená retrospektivní studie prolongace femuru a bérce u dětí se řadí celkovým počtem 74 sledovaných pacientů (130 prolongací) k největším ve světové literatuře. Nejrozsáhlejší je dosud již klasická studie Maffuliho et al. (25), kteří popsali prolongaci u 240 dětských a dospělých pacientů. Retrospektivní studie Novikova et al. (26) sice zhodnotila výsledky u 138 pacientů, operovaných v letech 1983–2006 Ilizarovovou technikou, jednalo se však vesměs o dospělé pacienty (průměrný věk 25 let), Eidelman et al. (10) popsali prolongaci u vrozených vad femuru celkem u 69 dětských pacientů, Abdelgawad et al. (2) u 45 případů, Oostenbroek et al. (27) zhodnotili komplikace u 37 dětských pacientů, Ganger et al. (11) u 30 a Kaiser-Šrámková et al. (21) u 26 dětí. Prodloužením femuru u achondroplazie se zabývali Venkatesh et al. (34), 20 dětí a Kim et al. (22), 22 dětí. Výsledky prolongace tibie u dětí shrnuli Zenios et al. (36), 17 dětí, u dospělých pak Rozbruch et al. (32), 95 pacientů.

Nejzávažnějším výsledkem naší studie je zjištění, že počet komplikací prolongace femuru a bérce do velké míry závisí na zvoleném operačním postupu. Nejmenší počet komplikací jsme pozorovali při použití ESIN, největší pak u pacientů s osteosyntézou podvlékanou dlahou. Domníváme se, že tento rozdíl je způsoben především vyšším počtem zánětlivých komplikací.

Prolongace končetiny je komplexní zásah s velkým množstvím možných komplikací. Vytvoření svalku je ovlivněno periostálními a endostálními podmínkami, stejně jako vnitřními faktory, jako je věk, systémové onemocnění, kortiko-medulární poměr, předchozí poranění, operační zásah, nádory a krevní zásobení okolních



Graf 3. Komplikace u jednotlivých modifikací.

Chart 3. Complication rate by modification.

Procenta komplikací z celkového počtu operací u jednotlivých modifikací. Nejnížší množství komplikací jsme pozorovali ve skupině pacientů s ESIN (26 %), u prolongací se standardním postupem bylo komplikací více (60 %), nejvyšší počet komplikací byl u dětí s osteosyntézou dlahou (80 %). Všechny rozdíly v podílu komplikací vůči celkovému počtu operací u provedených jednotlivých modifikací jsou statisticky významné ($p < 0,05$).

Percentage of complications in the total number of surgeries by modification. The lowest complication rate was observed in the group of patients with ESIN (26%), the number of complications was higher in lengthening using the standard procedure (60%), and the highest number of complications was reported in children with plate osteosynthesis (80%). All differences in the percentage of complications in relation to the total number of surgical procedures performed for each modification are statistically significant ($p < 0.05$).

Tab. 2. Chí-kvadrát test, prověřujícího statistickou významnost rozdílů v počtu komplikací u jednotlivých prováděných typů modifikací

Table 2. Chi-square test determining the statistical significance of differences in complication rates for each type of modification performed

N=130	Hodnota	Stupně volnosti	Asymptomatická významnost
Pearsonův chí-kvadrát	23,942	2	<0,001
Míra pravděpodobnosti	24,655	2	<0,001
Linear-by-Linear asociace	6,281	1	0,012

Výsledky chí-kvadrát testu ukazují statistickou významnost rozdílů v četnosti komplikací mezi uvedenými typy modifikací, párové testy potvrzují rozdílnost v četnosti komplikací ve prospěch modifikace využívající ESIN v porovnání jak s využitím metody osteosyntézy dlahou, tak se standardním postupem.

The results of the chi-square test show the statistical significance of differences in complication rates between the given types of modifications; the paired tests confirm the difference in complication rates in favour of the modification using ESIN as against plate osteosynthesis and the standard procedure.

tkání. Nesprávná tvorba svalku může být spojena s operačními a postoperačními problémy, jako je traumatická kortikotomie, počáteční diastáza a příliš rychlá distrakce (34). V naší studii jsme se snažili vliv těchto faktorů omezit standardním postupem a atraumatickým typem osteotomie.

Počet komplikací, které prolongaci dolní končetiny Ilizarovovou technikou provázejí, kolísá dle Oostenbroeka et al. (27) v rozmezí 46–85 %, sami autoři pak ve své studii dosáhli k četnosti 69 %, což odpovídá údajům Paleyho (28) i naší studii (60 %). Jednotný systém klasifikace komplikací dosud k dispozici není. Podle Cherkashina et al. (16) lze komplikace třídit na základě rozsahu nezbytného zákroku a jeho vlivu na konečný výsledek; je tedy zřejmé, že klasifikovat komplikace lze pouze retrospektivně. Autoři uvádějí celkem 4 kategorie komplikací: I – jsou komplikace, které nezměnily léčebný plán, jako např. pin-track infekce vyléčené antibiotiky. Do kategorie II byly zařazeny komplikace, které podstatně změnily léčebný postup, ale nakonec bylo dosaženo konečného úspěchu (např. opožděné hojení, vyžadující nový zákrok). Komplikace kategorie III zabránily dosažení příznivého výsledku léčby, přičemž do kategorie IIIA patří ty, které nevedly k novým patologickým změnám (přerušení prolongace z různých důvodů), kategorii IIIB tvoří komplikace, které vedly k vzniku nové patologické situace (trvalé deformity, hluboká infekce atp.). Dahl et al. (8) použili systém, který komplikace dělil na malé, vážné a těžké. Paley (28) užíval označení „problém“ (stupeň 1), „překážka“ (stupeň 2) a „komplikace“ (stupeň 3) a konečně klasifikace podle Pappase (29) zahrnuje 9 typů, od mírné hypoplazie femuru po kompletní chybění kosti. Neexistence jednotného klasifikačního systému však brání objektivnímu srovnání výsledků chirurgických zákroků; autoři se proto většinou spokojují s popisem jednotlivých komplikujících příhod. Tento přístup jsme zvolili i v naší studii.

Vzhledem k vysokému procentu komplikací je vždy nutno zvážit, zda délkovou diskrepanci dolních končetin nelze vyřešit trvalou nebo dočasnou epifyzeodézou distálního femuru či proximálního bérce, protože tyto výkony jsou doprovázené pouze minimem komplikací (20). Případně jednorázovou abreviační osteotomií proximálního femuru; u bérce jednorázovou abreviační osteotomii nedoporučujeme. Procento komplikací je závislé na základní diagnóze, která vede k prolongaci. Např. u pacientů s kongenitální hemihypotrofií bez přidatných deformit bude procento komplikací menší než u pacientů s těžší formou PFFD nebo u kongenitálního pakloubu tibie, kdy vzniklé komplikace jsou často důsledkem přidružených malformací. Vícerovinné fixátory jsou indikovány tam, kde plánujeme vyrovnat kromě délkové diskrepance i úhlovou deformitu, případně když při větší prolongaci hrozí subluxace kolenního kloubu. Analogicky postupujeme i při aplazii zkřížených vazů, jak tomu bývá často u pacientů PFFD či s aplazií fibuly (17).

Na základě našich zkušeností můžeme, stejně jako Popkov et al. (31), plně doporučit současnou fixaci jedním nebo dvěma nitrodřeňovými elastickými pruty. Zavádění ESIN mírně prodlouží operační výkon a vyžádá si další krátkou operaci nutnou k následné extrakci těchto hřebů po kompletním zahojení. Tento postup však snížil v našem souboru počet komplikací na polovinu.

Výhodou této metody je rovněž skutečnost, že udrží správné osové postavení; v našem souboru jsme proto dosáhli u prolongací s ESIN nejdelší prolongát femuru. Ukončení prolongace osteosyntézou podvlékanou dlahou sníží celkovou dobu se zevním fixátorem za cenu dvou operací v celkové anestezii a s vyšším rizikem zánětlivých komplikací. Tento postup proto doporučujeme u pacientů s opakovanými prolongacemi, tedy zvláště u pacientů s PFFD a achondroplazií. Zkrácení doby se zevním fixátorem ve skupině s osteosyntézou dlahou nebylo však v naší studii statisticky významné. Důvodem je především skutečnost, že do této skupiny byly zařazeny prolongace, kde osteosyntéza byla provedena bezprostředně po ukončení prolongace stejně ovšem jako případy, kdy byla osteosyntéza naopak provedena až po dlouhé době pro opožděnou tvorbu svalku či uvolnění hřebů fixátoru.

Podobně jako Kaiser-Šrámková et al. (21) jsme v naší studii neprokázali vliv věku na rychlost hojení a osifikaci prolongátu. Zjistili jsme však, že kromě věku v době zahájení prolongace neovlivňuje dobu se zevním fixátorem ani primární zkrat, ani typ použité modifikace. Jediným faktorem, který dle našich výsledků významně ovlivnil dobu se zevním faktorem, byla výsledná délka prolongátu. Dolním limitem zahájení prolongace byl sice v našem souboru věk 3 roky, doporučujeme však prolongaci provádět spíše u dětí starších, především vzhledem k mnohem lepší spolupráci pacientů při rehabilitaci.

Jsme si plně vědomi toho, že trendem posledních let je provádět prolongace femuru i bérce pomocí motorizovaného nitrodřeňového hřebu (3, 5). Nespornou výhodou této metody je bezesporu zvýšený komfort pro pacienta a skutečnost, že odpadá péče o hygienu zevního fixátoru. Prodlužování pomocí nitrodřeňových hřebů je navíc spojeno s nižším procentem komplikací (6, 15). Závažným rizikem tohoto postupu je však možné poranění růstové ploténky femuru i bérce a u femuru též postižení cév, které zásobují jeho hlavici. Tato skutečnost významně zmenšuje indikační okruh; tento postup lze proto doporučit spíše u adolescentních pacientů či u pacientů po ukončení růstu. Velkou nevýhodou je též vysoká cena implantátu, která se pohybuje kolem 5000 EUR. V této souvislosti je nutno připomenout, že standardní použití této metody bylo v naší republice oficiálně schváleno teprve v loňském roce.

ZÁVĚR

Z výsledků naší práce vyplývá, že fixace nitrodřeňovými elastickými pruty ve srovnání se standardním postupem a osteosyntézou podvlékanou dlahou snížila téměř o polovinu procento komplikací prolongace femuru i bérce. Zakončení osteosyntézou podvlékanou dlahou je indikováno zvláště u pacientů s opakovanými prolongacemi, jako je achondroplazie, hypochondroplazie či PFFD, protože zkracuje dobu se zevním fixátorem.

Literatura

1. Abbott LC, Saunders JB. The operative lengthening of the tibia and fibula. A preliminary report on the further development and principles and technic. *Ann Surg.* 1939;110:961–991.
2. Abdelgawad AA, Jauregui JJ, Standard SC, Paley D, Herzenberg JE. Prophylactic intramedullary rodding following femoral lengthening in congenital deficiency of the femur. *Pediatr Orthop.* 2017;37:416–423.
3. Al-Sayyad MJ. Lower limb lengthening and deformity correction using the Fitbone motorized nail system in the adolescent patient. *J Ped Orthop.* 2012;21:131–136.
4. Anderson M, Green WT. Length of the femur and the tibia. Norms derived from orthoroentgenograms of children from five years until epiphyseal closure. *AM J Dis Child.* 1948;75:279–290.
5. Bright AS, Herzenberg JE, Paley D, Weiner I, Burghardt RD. Preliminary experience with motorized distraction for tibial lengthening. *Strat Traum Limb Recon.* 2014;9:97–100.
6. Burghardt RD, Manzotti A, Bhavé A, Paley D, Herzenberg JE. Tibial lengthening over intramedullary nails. *Bone Joint Res.* 2016;5:1–10.
7. Codivilla A. On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *Am J Orthop Surg.* 1905;2:353–369.
8. Dahl MT, Gulli B, Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;301:10–18.
9. Dungl P. *Orthopedie.* Grada Publishing Praha, 2014.
10. Eidelman M, Jauregui JJ, Standard SC, Paley D, Herzenberg JE. Hip stability during lengthening in children with congenital femoral deficiency. *Int Orthop (SICOT).* 2016;40:2619–2625.
11. Ganger R, Radler A, Chomiak J, Handlbauer A, Grill F, Dungl P. Komplikace po prodloužení femuru kruhovým fixátorem při vrozeném defektu femuru. *Acta Chir Orthop Traumatol Česosl.* 2011;78:61–65.
12. Gill GG, Abbott LC. Practical method of predicting the growth of the femur and tibia in the child. *Arch Surg.* 1942;45:286–315.
13. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of the hand and wrist.* Stanford University Press, Palo Alto, 1959.
14. Grill F, Dungl P. Lengthening for congenital short femur. Results of different methods. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73:439–447.
15. Horn J, Hvid I, Huhstock S, Breen AB, Steen H. Limb lengthening and deformity correction with externally controlled motorized intramedullary nails: evaluation of 50 consecutive lengthening. *Acta Orthop.* 2019;90:81–87.
16. Cherkashin AM, Samchukov ML, Birch JG, Da Cunha AL. Evaluation of complications of treatment of severe Blount's disease by circular external fixation using a novel classification scheme. *J Pediatr Orthop.* 2015;24:123–130.
17. Chomiak J, Horák M, Mašek M, Dungl P, Ošťádal M, Frydrychová M, Podškubka A. Proximální femorální fokální deficiencie: přínos CT, CT angiografie a artroskopie kolenního kloubu. *Ortopedie.* 2010;4:120–130.
18. Ilizarov GA, Ledyayev VI, Shitin VP. The course of reparative regeneration of the compact bone in distraction osteosynthesis under different conditions of fixation of bone fragments (experimental study). *Eksp Khir Anest.* 1969;14:3–21.
19. Ilizarov GA. Clinical application of the tendon-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;250:8–26.
20. Jochymek J., Peterková T. Osmičkové dlahy – nové možnosti v managementu řešení osových a délkových diskrepancí dolních končetin u dětí. Naše první zkušenosti. *Acta Chir. Orthop. Traum. Česosl.* 2015;82:424–429.
21. Kaiser-Šrámková L, Poul J, Straka J, Urbášek K, Pavlík T, Cvanová M. Kritické zpracování prodloužení femuru za posledních deset let. *Acta Chir Orthop Traumatol Česosl.* 2011;78:244–248.
22. Kim SJ, Balce GC, Agashe MV, Song SH, Song HR. Is bilateral lower limb lengthening appropriate for achondroplasia? Midterm analysis of the complications and quality of life. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;470:616–621.
23. Lascombes P, Membre H, Prevot J, Barrat E. The histomorphometry of regenerate bone in limb lengthening by the Ilizarov method. *Fr J Orthop Surg.* 1991;5:115–123.
24. Maffulli N, Pattison RC, Fixsen JA. Lengthening of congenital limb length discrepancy using callotaxis: the early experience of the Hospital for Sick Children. *Ann R Col Surg Engl.* 1993;75:105–110.
25. Maffulli N, Lombri C, Matarazzo L, Nele U, Pagnotta G, Fixsen JA. A review of 240 patients undergoing distraction osteogenesis for congenital post-traumatic or post-infective lower limb length discrepancy. *J Am Coll Surg.* 1996;182:394–402.
26. Novikov KI, Subramanyan KN, Muradisinov SO, Novikova OS, Kolesnikova ES. Cosmetic lower limb lengthening by Ilizarov apparatus: what are the risks? *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472:3549–3556.
27. Oostenbroek HJ, Brand R, van Roermund PM, Castelein RM. Paediatric lower limb deformity correction using the Ilizarov technique: a statistical analysis of factors affecting the complication rate. *J Ped Orthop.* 2014;23:26–31.
28. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;250:81–104.
29. Pappas AM. Congenital abnormalities of the femur and related lower extremity malformations: classification and treatment. *J Pediatr Orthop.* 1983;3:45–60.
30. Phemister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg.* 1933;15:1–15.
31. Popkov D, Journeau P, Popkov A, Haumont T, Lascombes P. Ollier's disease limb lengthening: should intramedullary nailing be combined with circular external fixation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96:348–353.
32. Rozbruch SR, Zonshayn S, Muthusamy S., Borst EW, Fragomen AT, Nguyen JT. What risk factors predict usage of gastrosoleus recession during tibial lengthening? *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472:3842–3851.
33. Tajana GF, Morandi M, Zembo MM. The structure and development of osteogenic repair tissue according to Ilizarov technique in man. Characterization of extracellular matrix. *Orthop.* 1989;12:515–523.
34. Venkatesh KP, Modi HN, Devmurari K, Yoon JY, Anupama BR, Song HR. Femoral lengthening in achondroplasia. 2009;91:1612–1617.
35. White JW. Torsion of the Achilles tendon. *Arch Surg.* 1943;46:784–790.
36. Zenios M, Oyadiji SO. Effect of asymmetrical configuration of pins in the TSF external fixator used for tibial lengthening in a pediatric population. *J Pediatr Orthop* 2014;618–624.

Korespondující autor:

Doc. MUDr. Martin Ošťádal, Ph.D.
Ortopedická klinika 1. lékařské fakulty
Univerzity Karlovy a Nemocnice Na Bulovce
Budínova 2
180 00 Praha 8
E-mail: martinostadal@yahoo.com