

Selhání primární léčby dislokované suprakondylické zlomeniny humeru u dětí

Failure of the Primary Treatment of Displaced Supracondylar Humerus Fractures in Children

K. URBÁŠEK, L. PLÁNKA

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie, FN Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to retrospectively evaluate the treatment outcomes of displaced supracondylar humerus fractures, including potential complications, in children treated at the Department of Paediatric General Surgery, Orthopaedics and Trauma Surgery of the Faculty of Medicine in Brno between 2000 and 2011.

MATERIAL AND METHODS

The study comprised 564 children, 321 (57%) boys and 243 (43%) girls, who were allocated to two groups according to the method of primary treatment. The average age at the time of injury was 6.8 years (range, 1 to 16). In group 1, all 499 patients were indicated for primary closed reduction and percutaneous osteosynthesis with crossed K-wires under general anaesthesia. In group 2, all 65 patients underwent closed reduction under general anaesthesia and immobilisation in a high plaster cast. The per cent failure of primary treatment requiring either repeat surgery or a change in treatment strategy was evaluated. The duration of follow-up ranged from 14 to 150 months.

RESULTS

Open fractures were recorded in eight (1.4%) patients. Twenty-five (4.4%) children had further injury to the ipsilateral limb. Three (0.5%) patients underwent open reduction because it was not possible to achieve adequate reduction by the closed method. In group 1, percutaneous osteosynthesis was performed using two crossed K-wires in 484, three K-wires in 13 and four K-wires in two patients. Re-displacement of fracture fragments requiring repeat reduction and percutaneous osteosynthesis occurred in 10 (2%) patients. One patient had two re-operations. In group 2, the primary treatment failed in 13 (20%) children who needed repeat reduction and conversion to percutaneous osteosynthesis. The difference in the occurrence of failure between the two groups was significant ($p < 0.001$). Nerve injury was recorded in 92 patients (16.3% of all children and 18% of those treated with percutaneous osteosynthesis). Neurosurgical intervention was necessary for injury to the ulnar nerve in five patients and to the radial nerve in one patient. Three children had vascular injury requiring vascular surgery. Two patients underwent corrective osteotomy of the distal humerus for cubitus varus deformity. Volkmann's contracture as a complication was not recorded.

DISCUSSION

Minimally displaced fractures can be treated by closed reduction and plaster cast immobilisation but this method fails in up to 20% of cases. A poor result is related to the extent of dorsal displacement before reduction; on the other hand, degrees of flexion in a plaster cast have no effect. The most frequent technical errors resulting in re-displacement after primary osteosynthesis include incomplete reduction and primary fixation in displacement, or failure of both K-wires to pass through the opposite cortex or to fix both fragments firmly. A K-wire diameter smaller than 1.6 mm may also be a reason for failure. The main problem of the method of two crossed K-wires is a frequent injury to the ulnar nerve.

CONCLUSIONS

Supracondylar humerus fracture is, regardless of advancements in therapy, an injury with an uncertain treatment outcome and a high percentage of complications. Since primary osteosynthesis failed in 20% of the patients treated by simple reduction under general anaesthesia and plaster cast immobilisation, for the patients requiring fracture reduction under general anaesthesia, the authors recommend one-stage primary treatment including K-wire transfixation. Re-displacement after primary osteosynthesis was always due to a technical error during the surgical procedure and can, therefore, be avoided by a precise operative technique.

Key words: children, displacement, failure, supracondylar humerus fracture, percutaneous pinning.

ÚVOD

Suprakondylická zlomenina humeru je jednou z nejčastějších zlomenin skeletu s otevřenou růstovou ploténkou. Podílí se až 6,5 % na celkovém počtu dětských zlomenin (25). Nespočet prací, každoročně publikovaných, zabývajících se touto problematikou odráží neustálý zájem o toto téma. Dostupné práce hodnotí celou řadu aspektů léčby tohoto poranění. Nejčastěji zkoumají procento selhání primární léčby (4, 8, 10, 18, 21, 22, 27), neurovaskulární komplikace (2, 3, 6, 9, 10, 13, 15, 16, 20, 23, 25, 27), potraumatické deformity (6, 9, 26, 27), omezení hybnosti poraněného lokte, vliv časového odstupu primárního ošetření od úrazu (14), přidružená poranění (5, 21) a v neposlední řadě srovnávají jednotlivé typy operačního řešení od různých technik fixace K-dráty (3, 7, 10, 13, 23), přes nitrodřeňovou elastickou osteosyntézu (ESIN – elastic stable intramedullary nailing) (6, 11), až po zevní fixátor (24). Toto poranění je předmětem neustálé diskuse o optimální léčebné strategii a není zde ustálený konsenzus o nejvhodnější z používaných metod.

Cílem studie bylo retrospektivně zhodnotit výsledky léčby dislokované suprakondylické zlomeniny humeru u dětí léčených na Klinice dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie (KDCHOT) FN Brno v letech 2000–2011 s minimální dobou sledování 14 měsíců a porovnat je s dostupnými prameny s touto tematikou a na základě výsledků upravit a zlepšit postup při léčbě tohoto poranění. Práce byla zaměřena zejména na nutnost reoperace nebo konverze konzervativního postupu na operační, dále pak procento neurovaskulárních komplikací a potraumatické osově deformity.

MATERIÁL A METODIKA

V období od ledna 2000 do prosince 2011 bylo léčeno na KDCHOT FN Brno 619 pacientů s dislokovanou suprakondylickou zlomeninou humeru. 55 pacientů bylo ztraceno ze sledování, nebo byli léčeni na naší klinice až sekundárně po primární léčbě na jiném pracovišti. Celkem 564 pacientů bylo zařazeno do studie a byli rozděleni dle metody primárního ošetření do dvou skupin. Skupina 1 (499 pacientů, 88,5 %), všichni pacienti byli

indikováni k primární zavřené repozici v celkové anestezii (CA) a perkutánní osteosyntéze zkříženými K-dráty. Skupina 2 (65 pacientů, 11,5 %), všichni pacienti byli léčeni zavřenou repozicí v (CA) a vysokou sádrovou fixací. U primárně dislokovaných fraktur typu 3 a 4 a u fraktur typu 2 dle Weinberga a von Laera (25, 27), kde nelze primárně udržet retenci fragmentů je volena od roku 1994 na KDCHOT metoda zavřené repozice a perkutánní osteosyntézy dvěma zkříženými K-dráty (9).

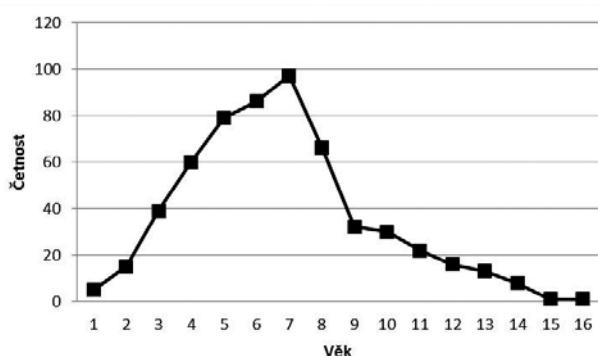
Klasifikace dle Weinberga a von Laera vychází ze směru dislokace distálního fragmentu. Přičemž do skupiny 1 jsou řazeny nedislokované zlomeniny, do skupiny 2 zlomeniny dislokované v 1 rovině (2a – extenční, 2b – flekční), do skupiny 3 zlomeniny s dislokací ve 2 rovinách (3a – extenční s rotací, 3b – flekční s rotací, 3c – extenční s posunem ve frontální rovině, 3d – flekční s posunem ve frontální rovině), do skupiny 4 zlomeniny s dislokací ve všech 3 rovinách (4a – s kontaktem lomných ploch, 4b – bez kontaktu lomných ploch) (25, 27).

Data byla získávána retrospektivně z dostupných ambulantních záznamů, traumatologických, rehabilitačních, a v případě nervových poranění záznamů neurologických a neurochirurgických. Za nervové poranění byla považována každá subjektivní porucha citlivosti nebo pocit parestezií v inervační oblasti příslušného nervového kmene, až po denervační poranění verifikované elektromyografií (EMG). Jako potraumatické deformity byly hodnoceny stavy, kdy osa poraněné končetiny působila funkční nebo kosmetickou poruchu, která si vyžadovala operační řešení. Doba sledování byla 14–150 měsíců.

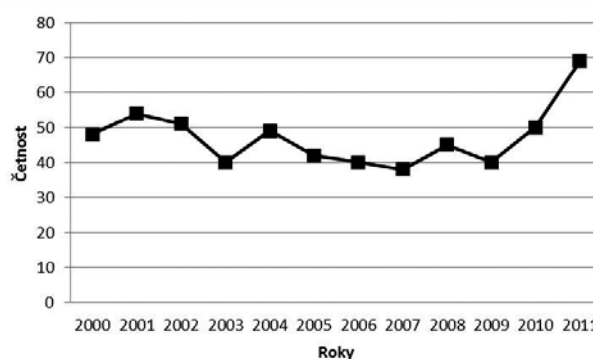
Za pomoci Fisherova přesného testu byla zhodnocena statistická významnost rozdílu procenta selhání primární léčby u jednotlivých metod ošetření. Data byla konfrontována s dostupnými pracemi v domácí i zahraniční literatuře.

VÝSLEDKY

Do studie bylo zahrnuto 564 dětí, 321 chlapců (56,9 %), 243 dívek (43,1 %), s průměrným věkem v době úrazu 6,8 roku (1–16). Ve věkové kategorii 4–10 roků bylo v době úrazu 79 % pacientů (graf 1). 75 %



Graf 1. Četnost úrazů dle věku.



Graf 2. Četnost úrazů v jednotlivých letech studie.

Tab. 1. Výčet pacientů, kde primární ošetření selhalo, Ki – Kirschnerův drát, CA – celková anestezie, * rtg klasifikace dle Weinberga a von Laera

Pacient	Věk (roky)	Pohlaví	Lateralita	Datum úrazu	RTG klasifikace*	Primární léčba	Definitivní léčba	Odstup definit. ošetření (dny)	Doba léčby (týdny)	Příčina selhání	Další komplikace
1	3	F	sin	2001	3B	repozice v CA + 2xKi	2xKi	5	7	1 drát nefixuje oba fragmenty, 1 drát neprochází protilehlou kortikou	
2	6	F	dx	2004	4B	repozice v CA + 2xKi	2xKi	6	10	fixováno v lehké rotaci	
3	10	M	sin	2007	4A	repozice v CA + 2xKi	2xKi + 3xKi	5+5	64	1 drát nefixuje spolehlivě oba fragmenty + ani jeden drát nefixuje dist. fragment	n. ulnaris, NCH revize 4 M od úrazu, 2x reoperace
4	7	F	sin	2007	4B – aperta	repozice v CA + 2xKi	2xKi	4	106	1 drát nefixuje oba fragmenty, fixace v lehké rotaci	n. ulnaris – trvá drobný deficit, epiphyseolysis SH II dist. radia
5	8	M	dx	2007	4B	repozice v CA + 2xKi	2xKi	6	36	1 drát nefixuje oba fragmenty	n. ulnaris – spontánní úprava
6	6	F	dx	2007	4B	repozice v CA + 2xKi	2xKi	10	28	1 drát nefixuje oba fragmenty, 1 drát neprochází protilehlou kortikou	n. ulnaris, n. medianus, ulcerace kůže, sekrece kolem drátů
7	5	M	sin	2008	3A	repozice v CA + 2xKi	2xKi	5	16	ani jeden drát nefixuje spolehlivě distální fragment	varozita lokte 20°, čeká na korekční osteotomii
8	6	M	sin	2009	2A	repozice v CA + 2xKi	2xKi	10	10	1 drát neprochází protilehlou kortikou	
9	6	F	dx	2009	3C	repozice v CA + 2xKi	3xKi	2	16	fixováno v drobné ulnární dislokaci	omezená hybnost S 0–20–135
10	7	M	sin	2011	3B	repozice v CA + 3xKi	3xKi	6	10	fixováno v rotaci, 1 drát nefixuje oba fragmenty	
11	4	M	sin	2002	2A	repozice v CA + SD	2xKi	7	24	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
12	1	M	dx	2003	2A	repozice v CA + SD	2xKi	11	6	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
13	5	F	sin	2003	2A	repozice v CA + SD	2xKi	6	7	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
14	4	M	sin	2004	2A	repozice v CA + SD	2xKi	2	6	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
15	10	F	dx	2005	3C	repozice v CA + SD	2xKi	7	98	špatně zvolená metoda	n. ulnaris, NCH revize 4,5 M od úrazu
16	5	F	dx	2005	2A	repozice v CA + SD	2xKi	10	7	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
17	12	M	sin	2005	2A	repozice v CA + SD	2xKi	13	6	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
18	7	M	dx	2008	2A	repozice v CA + SD	2xKi	9	16	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
19	5	F	sin	2008	2A	repozice v CA + SD	2xKi	2	20	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	n. ulnaris – spontánní úprava
20	6	M	sin	2009	2A	repozice v CA + SD	2xKi	11	8	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
21	4	M	sin	2010	2A	repozice v CA + SD	2xKi	2	12	na sále v pořádku, postupná redislokace	
22	3	F	sin	2010	2A	repozice v CA + SD	2xKi	8	6	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	
23	2	M	sin	2011	2A	repozice v CA + SD	2xKi	5	12	nedokonalá repozice, SD v reziduální dorsální dislokaci	

úrazů se přihodilo v období od dubna do září. Počet úrazů v jednotlivých letech ukazuje graf 2. U 8 pacientů (1,4 %) byla zaznamenána otevřená zlomenina. V 25 případech (4,4 %) došlo k dalšímu poranění ipsilaterální končetiny, a to 12x fraktura obou kostí předloktí, 8x fraktura distálního radia, 2x fraktura ulny, 1x kontuze AC skloubení, 1x luxace ramenního kloubu a 1x fraktura femuru. U 3 pacientů (0,5 %) nebylo možno dosáhnout adekvátní repozice zavřeně a bylo přistoupeno k otevřené repozici.

U pacientů skupiny 1 byla primární osteosyntéza provedena pomocí 2 K-drátů v 484 případech, pomocí 3 K-drátů ve 13 případech a pomocí 4 K-drátů ve 2 případech. U 10 pacientů (2 %) ze skupiny 1 došlo k redislokaci fragmentů a byli reoperováni. Všechny případy byly řešeny opětovnou zavřenou repozicí a transfixací 2 K-drátů v 9 případech, 3 K-drátů v 1 případě. 1 pacient byl reoperován 2x. U pacientů skupiny 2 došlo k redislokaci celkem ve 13 případech (20 %), všechny případy byly řešeny opětovnou zavřenou rerepozicí a transfixací 2 K-drátů v CA. Rozdíl v četnosti selhání primární léčby byl mezi skupinami statisticky významný ($p < 0,001$). Příčiny selhání primární léčby byly zpětně odvozovány z pooperačních rtg snímků, bezprostředně po primárním ošetření (tab. 1).

Poranění periferního nervu se vyskytlo u 92 pacientů (16,3 %), tj. 18 % pacientů léčených osteosyntézou. U 23 pacientů (25 %) byla nervová léze diagnostikována pouze na základě klinického vyšetření neurologem a subjektivního pocitu parestezií v inervační oblasti příslušného nervu, u 69 pacientů (75 %) byla nervová léze verifikována elektromyografií (EMG). Poranění jednoho nervového kmene bylo zaznamenáno u 79 pacientů (72x n. ulnaris, 3x n. medianus, 4x n. radialis), současné poranění dvou kmenů u 10 pacientů (6x n. ulnaris + n. medianus, 3x n. ulnaris + n. radialis, 1x n. medianus + n. radialis), současné poranění všech 3 kmenů u 3 pacientů (n. ulnaris + n. medianus + n. radialis). Léze n. ulnaris vyžadující neurochirurgickou revizi pro nepřítomnost známek reinervace při EMG vyšetření byla zaznamenána v 5 případech. U všech pacientů byla provedena zevní neurolyza nervu a jeho transpozice do tukového lože před ulnární epikondyl. U jednoho pacienta s poraněním n. radialis byla provedena zevní neurolyza a mikrosutura nervu. Průměrná doba od úrazu k neurochirurgickému zákroku byla 19 týdnů (14–28). Všichni pacienti měli výborný funkční výsledek do 12 měsíců od neurochirurgické intervence.

Ve 3 případech bylo zaznamenáno poranění cévní (a. cubitalis) vyžadující akutní angiologickou revizi. Ve

všech 3 případech byl stav řešen brachio-kubitálním bypassem s výborným pooperačním výsledkem.

Potraumatický cubitus varus vyžadující chirurgickou intervenci se vyskytl ve 2 případech (varozita lokte měřená za pomoci "carrying angle" byla 21 resp. 18 stupňů). Oba případy byly řešeny korekční valgizačně derotační osteotomií distálního humeru. V 1. případě transfixace 2 K-dráty, v 2. případě fixace pomocí 2 šroubů a drátěné kličky. Další 3 pacienti jsou pro varozitu do 5 stupňů sledováni.

Volkmanova kontraktura jako komplikace zaznamenána nebyla.

DISKUSE

Suprakondylická zlomenina humeru je velmi častým poraněním u dětí zejména ve věku od 4 do 10 let. Názo-ry na způsob léčení tohoto poranění se na jednotlivých pracovištích liší. U nedislokovaných zlomenin typu 1 nebo minimálně dislokovaných typu 2 dle Weinberga a von Laera (25, 27) lze použít metodu zavřeného repozice a fixace vysokou sádrovou dlahou (4, 8, 9). Selhání této metody je popisováno až ve 20 % případů.

V práci Fitzgibbonse měla největší vliv na špatný výsledek velikost dorzální dislokace před repozicí, měřené za pomoci přední humerální linie, naproti tomu velikost flexe v sádrové fixaci nijak výsledek neovlivnila (8). Je uváděno, že až u 80 % pacientů léčených touto metodou přetrvává po zhojení rezidu-

ální dorzální dislokace (4). Toto zjištění je ve shodě s prezentovaným souborem, kde u 11 z 13 pacientů skupiny 2 primární léčba selhala, byla na rtg snímcích po primární repozici patrna určitá reziduální dorzální dislokace. V prezentovaném souboru bylo selhání u skupiny 2 ve 20 % případů, proto autoři doporučují provést transfixaci vždy v první době při nutnosti repozice v CA. Podobného názoru jsou další autoři, kteří doporučují transfixaci i u minimálně dislokovaných fraktur (9, 18).

Studie Sankara a O'Hary popisují technické chyby jako příčiny redislokace po provedené primární osteosyntéze jako nedokonalou repozici a primární fixaci v dislokaci, nebo když oba K-dráty neprocházejí protilehlou kortikalis, popřípadě nefixují spolehlivě oba fragmenty. Dále pak nedostatečný průměr K-drátu menší než 1,6 mm. (17, 22). Podobně bylo možno rozpoznat příčiny selhání v prezentovaném souboru na rtg snímcích bezprostředně po operaci (tab. 1).

Hlavní nevýhoda autory používané metody 2 zkrřížených K-drátů, popisovaná v literatuře, je poměrně časté až 20% poškození ulnárního nervu (3, 6, 9, 10, 13, 16, 23, 25). Toto je v souladu s výsledky prezentované studie, kde byl nervový deficit zaznamenán v 18 % u pacientů léčených osteosyntézou. U 86 % pacientů ovšem došlo k plné úpravě do 1 roku od úrazu bez nutnosti chirurgické intervence.

Pouze u 3 pacientů (0,5 %) nebylo dosaženo adekvátní repozice zavřenou cestou a bylo přistoupeno k otevře-



Obr. 1. Pacient 5 – úrazové rtg snímky (A), 6 dní od primární operace – redislokace (B), finální ošetření (C), 3 měsíce od úrazu (D).

né repozici, což je výrazně méně, než je uváděno v dostupné literatuře, kde se procento repozice otevřenou metodou pohybuje mezi 3 – 34 % (1, 12, 16, 19, 21, 27).

Jako alternativa prezentovaného postupu je využívána metoda fixace K-dráty z laterální strany, u které prakticky odpadá iatrogenní poškození n. ulnaris, ale je zde některými autory uváděna menší biomechanická pevnost a větší riziko redislokace (3, 10, 13, 23). Další možnou alternativou pro stabilizaci je ESIN (6, 11). Hlavní výhodou této metody je možnost časně funkční rehabilitace, a minimální riziko poškození ulnárního nervu.

Eberl na souboru 440 pacientů zaznamenal poškození n. ulnaris u metody ESIN u 0,4 % pacientů, zatímco u pacientů léčených zkříženými K-dráty v 15 %. Klinické výsledky s tříletým sledováním byly ovšem srovnatelné u obou skupin (6).

U složitých kominutivních a otevřených zlomenin je zejména švýcarskými autory v posledních letech podporována metoda zevní fixace. Zde je tato metoda užívána od konce 90 let (25).

Chirurgická revaskularizace prostřednictvím brachio-kubitálního bypassu u všech 3 pacientů rezultovala ve výborné výsledky. Podobné výsledky zaznamenali Reigstad a Marck na souboru 5 a 2 pacientů (15, 20)

Překvapivě pouze ve 2 případech byla zaznamenána komplikace ve smyslu vývoje cubitus varus, vyžadující operační korekci, což může být způsobeno prozatím krátkou dobou sledování některých pacientů.

ZÁVĚR

Dislokovaná suprakondylická zlomenina humeru je i přes pokrok v léčebné strategii diagnóza s nejistým výsledkem léčby a je zatížena relativně vysokým procentem komplikací. Selhání léčby u skupiny pacientů léčených zavřenou repozicí v CA a vysokou sádrovou fixací se vyskytlo ve 20 % s nutností opětovné operace a CA, proto je nyní autory jednoznačně doporučováno provést transfixaci vždy v jedné době při primárním ošetření v případě nutnosti repozice v CA. Redislokace po primární osteosyntéze byla ve všech případech způsobená technickou chybou při operaci, a tudíž ji lze předejít precizní operační technikou. Metoda zavřené repozice a transfixace 2 zkříženými K-dráty je nyní považována za zlatý standard v léčbě dislokovaných suprakondylických zlomenin a při precizním provedení je i metodou bezpečnou.

Literatura

1. ANTABAK, A., LUETIĆ, T., CAVAR, S., DAVILA, S., BOGOVIĆ, M., BATINICA, S.: Results of treatment of displaced supracondylar fractures in children. *Lijec. Vjesn.*, 132: 272–276, 2010.
2. BASHYAL, R. K., CHU, J. Y., SCHOENECKER, P. L., DOBBS, M. B., LUHMANN, S. J., GORDON, J. E.: Complications after pinning of supracondylar distal humerus fractures. *J. Pediatr. Orthop.*, 29: 704–708, 2009.
3. BRAUER, C. A., LEE, B. M., BAE, D. S., WATERS, P. M., KOCHER, M. S.: A systematic review of medial and lateral entry



Obr. 2. Pacient 6 – úrazové rtg snímky (A), 9 dní od primární operace – redislokace (B), finální ošetření (C), 5 let od úrazu (D).

- pinning versus lateral entry pinning for supracondylar fractures of the humerus. *J. Pediatr. Orthop.*, 27: 181–186, 2007.
4. CAMUS, T., MACLELLAN, B., COOK, P. C., LEAHEY, J. L., HYNDMAN, J. C., EL-HAWARY, R.: Extension type II pediatric supracondylar humerus fractures: a radiographic outcomes study of closed reduction and cast immobilization. *J. Pediatr. Orthop.*, 31: 366–371, 2011.
 5. DAUNOIS, O., BLAMOUTIER, A., DUCLOYER, P., CARLIOZ, H.: Supracondylar fractures of the humerus associated with ipsilateral fractures of the forearm]. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.*, 78: 333–339, 1992.
 6. EBERL, R., EDER, C., SMOLLE, E., WEINBERG, A. M., HOELLWARTH, M. E., SINGER, G.: Iatrogenic ulnar nerve injury after pin fixation and after antegrade nailing of supracondylar humeral fractures in children. *Acta Orthop.*, 82: 606–609, 2011.
 7. FAHMY, M. A., HATATA, M. Z., AL-SEESI, H.: Posterior intrafocal pinning for extension-type supracondylar fractures of the humerus in children. *J. Bone Jt Surg.*, 91-B: 1232–1236, 2009.
 8. FITZGIBBONS, P. G., BRUCE, B., GOT, C., REINERT, S., SOLGA, P., KATARINCIC, J., EBERSON, C.: Predictors of failure of nonoperative treatment for type-2 supracondylar humerus fractures. *J. Pediatr. Orthop.*, 31: 372–376, 2011.
 9. GÁL, P.: Miniinvasivní osteosyntéza zlomenin horní končetiny u dětí. Brno, Masarykova univerzita 2001.
 10. GASTON, R. G., CATES, T. B., DEVITO, D., SCHMITZ, M., SCHRADER, T., BUSCH, M., FABREGAS, J., ROSENBERG, E., BLANCO, J.: Medial and lateral pin versus lateral-entry pin fixation for Type 3 supracondylar fractures in children: a prospective, surgeon-randomized study. *J. Pediatr. Orthop.*, 30: 799–806, 2010.
 11. HAVRÁNEK, P., PESL, T.: Use of the elastic stable intramedullary nailing technique in non typical pediatric fractures. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 69: 73–78, 2002.
 12. HOHL, H. P., WESSEL, L., WAAG, K. L.: Does the degree of dislocation correlate with therapy procedure in supracondylar humerus fractures in childhood? *Unfallchirurgie*, 22: 202–208, 1996.
 13. LACHER, M., SCHAEFFER, K., BOEHM, R., DIETZ, H. G.: The treatment of supracondylar humeral fractures with elastic stable intramedullary nailing (ESIN) in children. *J. Pediatr. Orthop.*, 31: 33–38, 2011.
 14. LOIZOU, C. L., SIMILLIS, C., HUTCHINSON, J. R.: A systematic review of early versus delayed treatment for type III supracondylar humeral fractures in children. *Injury*, 40: 245–248, 2009.
 15. MARCK, K. W., KOOIMAN, A. M., BINNENDIJK, B.: Brachial artery rupture following supracondylar fracture of the humerus. *Neth. J. Surg.*, 38: 81–84, 1986.
 16. MEHLMAN, C. T., CRAWFORD, A. H., MCMILLION, T. L., ROY, D. R.: Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children: the Cincinnati experience. *Acta Orthop. Belg.*, 62 (Suppl 1): 41–50, 1996.
 17. O'HARA, L. J., BARLOW, J. W., CLARKE, N. M.: Displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Audit changes practice. *J. Bone Jt Surg.*, 82-B: 204–210, 2000.
 18. PREIS, J., KOUDELKA, J., KRÁLOVÁ, M.: Comparison of the results of conservative and surgical therapy of dislocated supracondylar fractures of the humerus in children. *Rozhl. Chir.*, 73: 378–383, 1994.
 19. PRETELL-MAZZINI, J., RODRIGUEZ-MARTIN, J., ANDRES-ESTEBAN, E. M.: Does open reduction and pinning affect outcome in severely displaced supracondylar humeral fractures in children? A systematic review. *Strategies Trauma Limb Reconstr.*, 5: 57–64, 2010.
 20. REIGSTAD, O., THORKILDSEN, R., GRIMSGAARD, C., REIGSTAD, A., RØKKUM, M.: Supracondylar fractures with circulatory failure after reduction, pinning, and entrapment of the brachial artery: excellent results more than 1 year after open exploration and revascularization. *J. Orthop. Trauma*, 25: 26–30, 2011.
 21. REISING, J., SCHMAL, H., KOHR, M., KUMINACK, K., SUDKAMP, NP., STROHM, PC.: Surgical treatment of supracondylar humerus fractures in children. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 519–523, 2011.
 22. SANKAR, W. N., HEBELA, N. M., SKAGGS, D. L., FLYNN, J. M.: Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: causes and prevention. *J. Bone Jt Surg.*, 89-A: 713–717, 2007.
 23. SLOBOGEAN, B. L., JACKMAN, H., TENNANT, S., SLOBOGEAN, G. P., Mulpuri, K.: Iatrogenic ulnar nerve injury after the surgical treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus: number needed to harm, a systematic review. *J. Pediatr. Orthop.*, 30: 430–436, 2010.
 24. SLONGO, T., SCHMID, T., WILKINS, K., JOERIS, A.: Lateral external fixation--a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J. Bone Jt Surg.*, 90-A: 1690–1697, 2008.
 25. VON LAER, L.: Pediatric fractures and dislocations. New York, Thieme 2004.
 26. VON LAER, L., BRUNNER, R., LAMPERT, C.: Malunited supracondylar and condylar humeral fractures. *Orthopade*, 20: 331–340, 1991.
 27. WEINBERG, A. M., MARZI, I., GÜNTHER, S. M., WESSEL, L., RIEDEL, J., VON LAER, L.: Supracondylar humerus fracture in childhood – an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery--I: Epidemiology, effectiveness evaluation and classification. *Unfallchirurg*, 105: 208–216, 2002.

Korespondující autor:

MUDr. Karel Urbášek

Oblá 1

63400 Brno

E-mail: karel.urbasek@fnbrno.cz