

# Výhody a úskalí stabilizace suprakondylických zlomenin humeru u dětí pouze z laterálního přístupu

## Advantages and Pitfalls of Stabilisation of Supracondylar Humerus Fractures in Children by Lateral Approach Only

J. HENDRYCH, P. HAVRÁNEK, M. ČEPELÍK, T. PEŠL

Klinika dětské chirurgie a traumatologie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Thomayerovy nemocnice, Praha

### ABSTRACT

#### PURPOSE OF THE STUDY

Supracondylar humerus fracture (SCF) with dislocation is indicated for closed reduction and osteosynthesis. The method achieving the best stability is CRCPP (closed reduction and crossed percutaneous pinning), even though there is a risk of iatrogenic ulnar nerve injury. The CRLPP (closed reduction and lateral percutaneous pinning) method eliminates this risk at the cost of less stable osteosynthesis.

The purpose of this study is to compare the SCF stabilisation by CRLPP with the stabilisation by CRCPP in rotationally stable fractures and to identify the risk of iatrogenic ulnar nerve injury, or the failure of osteosynthesis with recurrent dislocation of fragments.

#### MATERIAL AND METHODS

The prospective group of the patients with SCF type 1/2 (classification according to Havránek) treated in the period 2016–2018, in whom the method of osteosynthesis (number of implants, method of their insertion), resulting condition and complications (nerve injury, failure of osteosynthesis) were evaluated. In the second half of the study, in CRLPP one of the implants was inserted “quadricortically”, i.e. through the olecranon fossa of the humerus (hereinafter referred to as fossa), while until then both the implants had been inserted through the radial column outside fossa.

#### RESULTS

In the period 2016–2018, 791 patients with SCF were treated at our department. In 225 cases (28.5%) the patients sustained the type 1/2 fracture and in all the cases closed reduction and percutaneous osteosynthesis were performed, namely CRCPP in 185 cases (82.2%) and CRLPP in the remaining 40 cases (17.8%). Signs of ulnar nerve injury after osteosynthesis were observed in 35 patients (15.6% of SCF 1/2), always after the use of at least one ulnar implant (18.9% of CRCPP). A failure of osteosynthesis occurred in 2 cases (0.9% of SCF 1/2), always when only lateral implants were used (5% of CRLPP).

#### DISCUSSION

In both the patients in our study in whom after CRLPP a failure of osteosynthesis with rotational dislocation occurred, the original CRLPP was performed by inserting both the implants through a single column outside fossa. Both the patients were indicated for revision reduction and osteosynthesis was subsequently performed through CRCPP. The patients healed with no further complications.

In the group of patients with an ulnar nerve injury, the original condition was fully restored, after 3.6 months (range of 1–10, median 3) on average.

The results of our study show the need to guide the implants inserted through the radial column divergently so that they are at the fracture line level as far apart as possible (with adequate fixation of fragments). One of the implants is inserted through fossa, i.e. quadricortically. Based on our experience, the compliance with these principles alone shall ensure adequate rotational stability of SCF of type 1/2. In CRLPP, after the insertion of implants the stability is tested under the X-ray image intensifier intraoperatively so that a medial implant can be added in case of unstable osteosynthesis.

#### CONCLUSIONS

Based on the results of our study we recommend to stabilise the rotationally stable SCF (type 1/2 according to Havránek) only from the radial column (and thus eliminate the risk of iatrogenic ulnar nerve injury), provided the fracture characteristics allows so. Nonetheless, the CRLPP has its own specific rules for implant entry which have to be adhered to.

**Key words:** supracondylar fracture of the humerus, paediatric fractures, closed reduction, percutaneous pinning, lateral percutaneous pinning, iatrogenic ulnar nerve injury, osteosynthesis failure.

### ÚVOD

Suprakondylická zlomenina humeru (supracondylar fracture of the humerus, dále jen SCF) je velmi časté poranění dětského skeletu (15, 17, 29), které v případě dislokace vyžaduje repozici a osteosyntézu, neboť při ponechání dislokace je velmi pravděpodobné omezení

hybnosti loketního kloubu. Remodelace je zde oproti jiným lokalitám dětského skeletu malá (15).

Osteosyntéza je v naprosté většině případů možná minimálně invazivně Kirschnerovými dráty (dále i K-drát). Možnost vedení implantátů je více. Již od roku 1948 je

Tab. 1. Klasifikace suprakondylických zlomenin humeru dle Havránek, 1992

Table 1. Classification of supracondylar humerus fractures according to Havránek, 1992

Klasifikace suprakondylických zlomenin humeru dle Havránek, 1992	
Dle morfologie	
Typ 0	nedislokovaná zlomenina
Typ 1	extenční zlomenina
Typ 2	flekční zlomenina
Typ 3	indiferentní zlomenina
Typ 4	vysoká zlomenina
Typ 5	atypická zlomenina, dělí se na subtypy
	Subtyp 5a šikmá zlomenina s vylomením jednoho pilíře
	Subtyp 5b zlomenina s účastí kondylu
	Subtyp 5c interkondylická zlomenina s disociovanou dislokací
Stupeň dislokace	
1. stupeň	bez dislokace (nepoužívá se, odpovídá zlomenině typu 0)
2. stupeň	dislokované úlomky jsou v kontaktu
3. stupeň	hrubá dislokace bez kontaktu úlomků
Výslednou klasifikací je kombinace typu zlomeniny/stupně dislokace	

známé a využívané vedení implantátů zkříženě cestou obou pilířů kondylu humeru dle Swensona (30) (a případných modifikací), označované v současné literatuře termínem closed reduction and crossed percutaneous pinning, CRCPP. Druhou alternativou je vedení implantátů pouze z laterálního přístupu (closed reduction and lateral percutaneous pinning – CRLPP), které eliminuje riziko iatrogenního poranění *nervus ulnaris*.

Klasifikaci suprakondylických zlomenin bylo publikováno velké množství, ve světě nejpočetnější je klasifikace Gartlandova (12, 16), nejčastěji s Wilkinsovým doplněním (15). Tuto klasifikaci ale na našem pracovišti považujeme za nedostatečnou (nepopisující velkou variabilitu SCF) a využíváme klasifikaci Havránkovu (14, 16), (tab. 1).

Cílem této studie je srovnání stabilizace SCF z laterálního přístupu (CRLPP) se stabilizací z oboustranného přístupu zkříženými dráty (CRCPP) u rotačně stabilních zlomenin a zjištění rizika iatrogenního poranění ulnárního nervu, nebo selhání osteosyntézy s redislokací fragmentů.

## MATERIÁL A METODIKA

Prospektivně jsme hodnotili pacienty, ošetřované na našem pracovišti pro SCF od 1. 1. 2016 do 31. 12. 2018. Vstupním kritériem do studie byla extenční SCF s dorzální axiální dislokací při zachovalém kontaktu úlomků (typ 1/2), u které nepředpokládáme poranění ulnárního nervu samotným úrazem a předpokládáme rotační stabilitu fragmentů. Hodnotili jsme věk, pohlaví, přesný způsob osteosyntézy (počet implantátů, způsob jejich

Tab. 2. Zlomeniny distálního humeru 2016–2018

Table 2. Distal humerus fractures 2016–2018

Zlomeniny distálního humeru 2016–2018	
Zlomeniny distálního humeru celkem	1098
Suprakondylické zlomeniny	791
Ostatní	307

Tab. 3. Rozdělení dle typu zlomeniny (n = 791)

Table 3. Classification by type of fracture (n = 791)

Rozdělení dle typu zlomeniny (n = 791)									
0	1/2	1/3	2/2	2/3	3/2	3/3	4/2	4/3	ostatní (typ 5)
295	225	128	6	2	16	30	7	2	80

zavedení), výsledný stav a případné komplikace (poranění nervu, selhání osteosyntézy). Ke statistickému hodnocení byl využit Fisherův přesný test.

Poranění nervu bylo hodnoceno klinickým vyšetřením. Elektromyografie (dále jen EMG) byla u některých pacientů provedena, ne však k hodnocení poranění nervu, ale pouze u několika indikovaných případů k posouzení průběhu úpravy jeho funkce.

Od poloviny studie jsme u CRLPP jeden z implantátů zaváděli „kvadrantálně“, tedy skrze *fossa olecrani* humeri (dále jen fossa), do té doby jsme oba implantáty zaváděli radiálním pilířem mimo fossu.

Na našem pracovišti provádíme operaci SCF při poloze pacienta na zádech, pod skiaskopickou kontrolou (C-rameno). U extenčních zlomenin je nejvhodnějším repozicí manévrem převedení do flexe lokte za tlaku na distální fragment z dorzálna. Po dosažení ideální pozice pak v této držené pozici zavádíme postupně K-dráty. Implantáty již nyní ve většině případů ponecháváme čnit nad kůží, kde je pouze ohýbáme a zkracujeme. Fixaci jednou sádrou či polymerovou dlahou nad loket ponecháváme zpravidla tři týdny. Po sejmutí fixace pak po kontrolním rtg při dostatečném zhojení čnicí implantáty rovnou ambulantně extrahujeme.

## VÝSLEDKY

Za sledované tříleté období bylo na našem pracovišti ošetřeno 1098 pacientů se zlomeninou distálního humeru, z toho se v 791 případech (72 %) jednalo o SCF (tab. 2). Ve 225 případech SCF (28,5 %) se jednalo o zlomeninu typu 1/2 (tab. 3). Z nich byla osteosyntéza provedena ve 176 případech (78,2 %) dvěma zkříženými implantáty (CRCPP), u 40 dětí (17,8 %) byla provedena za laterálního přístupu (CRLPP), a u 9 pacientů (4 %) byly zavedeny tři zkřížené implantáty (vždy alespoň jeden z ulnárního pilíře).

Ve skupině s SCF typu 1/2 bylo 115 dívek (51,1 %) a 110 chlapců (48,9 %). Průměrný věk byl 5,8 roku u dívek (rozpětí 1–12, medián 6) a 6,6 roku u chlapců (rozpětí 2–12, medián 6).

Tab. 4. Výsledky u SCF typu 1/2 (n = 225)

Table 4. Results in SCF type 1/2 (n = 225)

Výsledky u SCF typu 1/2 (n = 225)				
CRLPP	40 (17,8 %)			
CRCPP	185 (82,2 %)	dle Swensona	176 (78,2 %)	
		třemi implantáty	9 (4 %)	
Poranění ulnárního nervu	35 (15,6 %)	z toho u CRLPP	0	p = 0,001
		z toho u CRCPP	35 (18,9 % z CRCPP)	
Selhání osteosyntézy	2 (0,9 %)	z toho u CRLPP	2 (5 % z CRLPP)	p = 0,031
		z toho u CRCPP	0	

Před osteosyntézou nejevil žádný z pacientů sledované skupiny (typ 1/2) známky nervového poranění. Po osteosyntéze se známky poranění ulnárního nervu objevily u 35 pacientů (15,6 % z SCF 1/2), vždy po použití alespoň jednoho ulnárního implantátu (18,9 % z CRCPP, 0 % z CRLPP,  $p = 0,001$ ). Selhání osteosyntézy bylo zaznamenáno ve 2 případech (0,9 % z SCF 1/2), vždy v případě využití CRLPP (5 % z CRLPP, 0 % z CRCPP,  $p = 0,031$ ), v obou případech se jednalo o rotační redislokaci a v obou případech byly oba implantáty vedeny mimo fossu (tab. 4).

U poranění nervu i selhání osteosyntézy byl mezi skupinami CRLPP a CRCPP prokázán statisticky významný rozdíl.

V naší skupině pacientů s poraněním *nervus ulnaris* byly u 11 pacientů (31,4 %) vyjádřeny senzorycké příznaky v podobě parestézií a/nebo hypestézií či anestézií 4. a/nebo 5. prstu. U zbylých 24 dětí (68,6 %) byly vyjádřeny i příznaky motorické s omezenou hybností 4. a/nebo 5. prstu.

U pacientů, kteří byli dosledováni na naší klinice, se poranění nervus ulnaris upravilo ve všech případech ad integrum, a to průměrně za 3,6 měsíce (rozpětí 1–10, medián 3), elektrostimulaci jsme využili v pěti případech (14,3 %), neurochirurgická revize nebyla nutná ani u jednoho z pacientů. EMG bylo provedeno u 9 pacientů.

## DISKUSE

Zavřená repozice a perkutánní transfixace Kirschnerovými dráty (closed reduction and percutaneous pinning – CRPP) je v současné době považována za léčebnou metodu volby, je-li SCF dislokovaná (31). Využití jiných implantátů (např. kanylované šrouby, Prévotovy hřeby nebo zevní fixátor), jsou pak spíše využívány u atypických SCF, stejně jako otevřená repozice a nejsou využívány tolik, jako v jiných lokalitách dětského skeletu (6, 11, 15, 39).

Dle Pringové, Wengera a Ranga jsou divergentně vedené 2 laterální implantáty dostatečné pro většinu zlomenin, u velmi nestabilních zlomenin doporučují zavedení třetího laterálního implantátu. Mediálně vedené implantáty považují za rizikové pro možné poranění *nervus ulnaris* (25).

Poranění nervů při SCF bývá v literatuře popisováno průměrně v 12,9 %, (3, 10, 17, 29, 36).

Stále se opakující dilema ideálního zavedení Kirschnerových drátů u SCF – CRCPP versus CRLPP, se objevuje každoročně v mnoha publikacích. Zatím jsou obě metody velmi rozšířeny. Jsou zde jasní zastánci CRCPP (1, 8, 22, 31, 34, 35, 38) i zastánci CRLPP (5, 7, 9, 13, 20, 37) a dále mnozí autoři, kteří ve svých publikacích nepreferují jasně jednu z metod, využívají obě a zmiňují výhodu CRCPP v její větší stabilitě a CRLPP v eliminaci rizika iatrogenního poranění ulnárního nervu (23, 24, 27, 28).

Patriota et al. na základě metaanalýzy 521 pacientů s SCF Gartland IIb, III, nebo IV doporučují CRLPP u SCF Gartland IIb a CRCPP u SCF Gartland III a IV (23). Objevují se i zastánci metody Dorganovy, opět pro eliminaci rizika iatrogenního poranění *n. ulnaris* (10).

V našem souboru jsme se zaměřili na pacienty se SCF typu 1/2 (dle Havráňka), neboť u nich nepředpokládáme poranění ulnárního nervu samotným úrazem, zatímco u složitějších a vzácnějších typů, především při velké dislokaci bez kontaktu fragmentů, bude vždy nejasné, zda byl nerv poraněn již úrazovým mechanismem samotným, nebo došlo k poranění iatrogennímu. Periferii samozřejmě vždy při příjmu pacienta a následně při kontrole a indikaci k operaci opakovaně vyšetřujeme, ale vzhledem k věku, bolestivosti končetiny i strachu mnohdy nelze informaci o případné úrazové neuropatii, nebo naopak její negaci, brát za zcela odpovídající.

I pooperační otok může jistě přispět svým útlakem k vyjádřené paréze ulnárního nervu, ale i proto v naší studii volíme SCF typu 1/2, kde pro malou dislokaci bývá otok minimální a jeho vliv o se tím tedy částečně eliminuje.

Oba pacienti, u kterých došlo v naší studii při využití CRLPP k selhání osteosyntézy s rotační redislokací, byli indikováni k rerepozici a byla provedena osteosyntéza pomocí CRCPP. U obou z nich byla původní CRLPP provedena tak, že oba implantáty byly vedeny jedním pilířem mimo fossu. V obou případech byla redislokace zjištěna po zhruba 3 týdnech (21, respektive 23 dní), kdy byli zváni k sejmutí sádry a kontrolnímu rtg. Ani u jednoho z těchto dvou pacientů nebyla domluvena dřívější rtg kontrola po osteosyntéze. Reostesyntéza byla provedena u prvního pacienta dvěma radiálními a jedním ulnárním K-drátem (obr. 1), v druhém případě jedním radiálním a jedním ulnárním K-drátem. Oběma pacientům pak již byly bez komplikací extrahovány implantáty,



Obr. 1. Suprakondylická zlomenina humeru, typ 1/2 – selhání CRLPP;

a, b – úrazové snímky, SCF typu 1/2,  
c, d – osteosyntéza, CRLPP, oba implantáty vedeny mimo fossu,

e, f – 23 dní po operaci, rotační selhání osteosyntézy,

g, h – reosteosyntéza, CRCPP,

i, j – 22 dní po reosteosyntéze, zhojeno.

Fig. 1. Supracondylar humerus fracture, type 1/2 – CRLPP failure;

a, b – trauma X-rays, SCF type 1/2,

c, d – osteosynthesis, CRLPP, both the implants were inserted outside fossa,

e, f – 23 days after surgery, rotational failure of osteosynthesis,

g, h – revision osteosynthesis, CRCPP,

i, j – 22 days after revision osteosynthesis, healed.

došlo k plnému rozcvičení a zhojení ad integrum (10, respektive 17 týdnů od úrazu). Nervové poranění nebylo zaznamenáno ani u jednoho z těchto dvou pacientů.

V literatuře lze v posledních letech nalézt narůstající zájem o biomechanické studie hodnotící na modelu stabilitu jednotlivých osteosyntéz (7, 19, 21, 32, 33). Wallace et al. prokázali větší stabilitu při zavedeném mediálním implantátu (ať již 2 laterální a 1 mediální, nebo 3 radiální a 1 mediální) oproti pouze laterálně zavedeným implantátům (ať již 3, nebo 2). Zároveň byly stabilnější osteosyntézy při použití 2,0 nebo 2,4 mm implantátů

(mezi těmito statisticky významný rozdíl nebyl), oproti využití 1,6 mm implantátů (33). Jaeblovni et al. naopak vyšlo stabilnější použití pouze laterálních implantátů (jak 2, tak 3) oproti zkříženým drátům (19). Chen et al. pak v metaanalýze zkoumali celkem 11 biomechanických studií, kdy nebyl statisticky významným rozdíl ve stabilitě CRLPP a CRCPP (7).

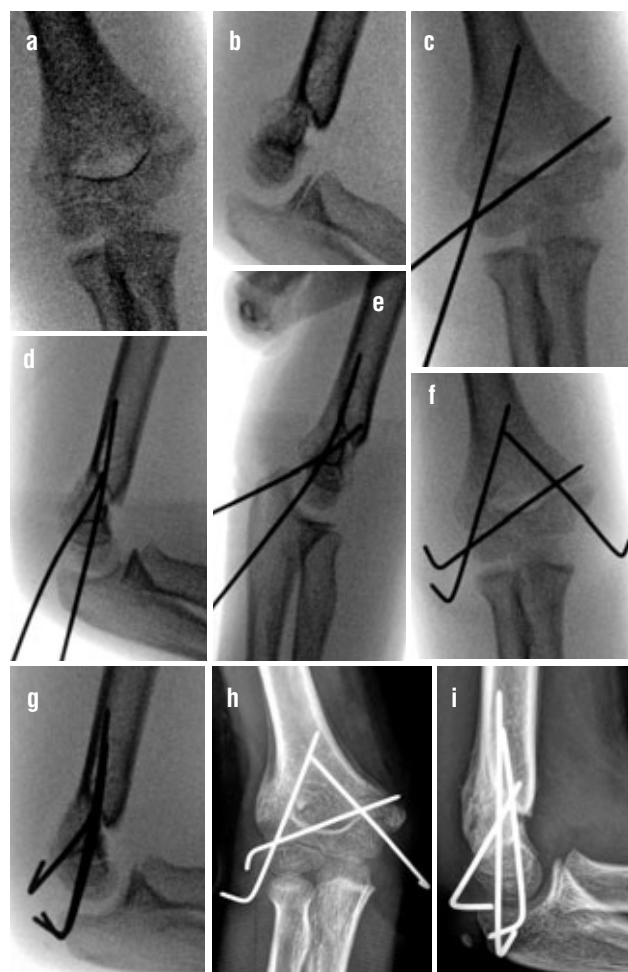
Tzv. kvadrikortikortikální vedení implantátu skrze fossu doporučují Kasirajan et al. (20) i další zastánci CRLPP (5, 37). Gopinathan et al. ale ve své studii neprokázali rozdíl mezi zavedením laterálních implantátů



Obr. 2. Suprakondylická zlomenina humeru, typ 1/2 – CRLPP;

a, b – úrazové snímky, SCF typu 1/2,  
c, d – osteosyntéza, CRLPP, jeden z implantátů skrze fossu,  
„kvadrkortikálně“,  
e, f – 3 týdny po osteosyntéze, zhojeno.

Fig. 2. Supracondylar humerus fracture, type 1/2 – CRLPP;  
a, b – trauma X-rays, SCF type 1/2,  
c, d – osteosynthesis, CRLPP, one of the implants via fossa,  
“quadricortically”,  
e, f – 3 weeks after osteosynthesis, healed.



Obr. 3. Suprakondylická zlomenina humeru, typ 1/2 – zkouška stability CRLPP;

a, b – úrazové snímky, SCF typu 1/2,  
c, d – osteosyntéza, CRLPP,  
e – peroperační zkouška stability, osteosyntéza nestabilní,  
f, g – pro stabilitu přidán třetí (mediální) implantát (CRCPP),  
h, i – 3 týdny po osteosyntéze, zhojeno.

Fig. 3. Supracondylar humerus fracture, type 1/2 – stability testing of CRLPP;

a, b – trauma X-rays, SCF type 1/2,  
c, d – osteosynthesis, CRLPP,  
e – intraoperative stability testing, unstable osteosynthesis,  
f, g – third (medial) implant added (CRCPP) to improve stability,  
h, i – 3 weeks after osteosynthesis, healed.

divergentně či paralelně a selhání osteosyntézy neznamenali ani u jedné z metod. Jejich soubor nicméně čítá pouze 30 pacientů – 11x byly dráty vedeny divergentně, 19x paralelně (13).

Zkouška stability je doporučována i v recentních literárních pramenech (4, 18). Bauer et al. doporučují vnitřní rotaci paže po zavedení laterálních implantátů k posouzení stability a případné nutnosti implantátu mediálního (4), Iobst et al. přidávají i zevní rotaci a valgózní stress test (18).

Reisoglu et al. se zaměřili na pacienty se SCF, u kterých došlo k selhání osteosyntézy. V jejich souboru bylo hodnoceno celkem 87 dětí, z nichž 48 pacientů podstoupilo CRLPP, 39 pak CRCPP. Neprokázali statisticky významný rozdíl v použité metodice, vzdálenosti implantátů od sebe v lomné linii, ani úhlu rozpětí zavedených drátů. Jediná statisticky významná hodnota, zvyšující riziko selhání osteosyntézy, byla tříštivá zóna v oblasti mediálního pilíře (26).

De Pellegrini et al. ve svém hodnocení literatury z let 2005–2017 potvrzují bezpečné zavedení mediálního implantátu při jeho vrtání v pronaci předloktí. V tomto přehledu je u 1529 dětí při zavedení mediálního implantátu v supinaci předloktí poraněn ulnární nerv v 69 případech (4,5 %), oproti 579 dětem se zavedením v pronaci, kdy nebyl *n. ulnaris* poraněn ani jednou. Toto je vysvětlováno hypermobilitou ulnárního nervu v *canalis cubitalis* a jeho tendencí posouvat se ventrálně před ulnární epikondyl, zejména při hyperflexi lokte. To je nevýhodou při zavádění implantátu v supinaci, a naopak výhodou při pronaci předloktí (8).

Autoři ze Singapuru popisují techniku zavedení mediálního implantátu v zevní rotaci paže, při flexi v lokti ne více než 45°, kdy opatrně opírají Kirschnerův drát o ulnární epikondyl a poté jej zavádějí pod úhlem 45°. Ve svém souboru 125 pacientů neměli ani jedno poranění ulnárního nervu či jinou komplikaci osteosyntézy (35).

Wong et al. také při zavádění mediálního implantátu neměli na souboru 35 pacientů ani jednu komplikaci včetně poranění ulnárního nervu (34). Rovněž Ahmed et al. nepozorovali v souboru 71 pacientů ani jedno poranění ulnárního nervu a nenalezli mezi CRCPP (48 %) a CRLPP (52 %) žádný rozdíl (2).

I dle naší zkušenosti je nutné radiální implantáty vést skutečně divergentně tak, aby byly v úrovni lomné linie co nejdále od sebe (při dostatečném fixování fragmentů). Ustoupili jsme v tomto případě rovněž od přísného vyhýbání se fosse a jeden z implantátů zavádíme skrze ni, tedy kvadrkortikálně (obr. 2). Dodržení těchto zásad dle našich zkušeností již zajistí dostatečnou rotační stabilitu SCF typu 1/2. V obou případech, kdy v našem souboru došlo k rotační redislokaci, byly K-dráty vedeny mimo fossu a velmi blízko u sebe v oblasti lomné linie (obr. 1). Ještě během operace nyní (i vzhledem k výše popsaným rotačním selháním osteosyntézy) provádíme u CRLPP po zavedení implantátů zkoušku stability pod rtg zesilovačem, abychom v případě nestability osteosyntézy mohli přidat mediální implantát (obr. 3).

## ZÁVĚR

Na základě výsledků naší studie doporučujeme stabilizaci rotačně stabilních SCF (typu 1/2 dle Havráneka) pouze z radiálního pilíře (a tím eliminaci rizika iatrogenního poranění ulnárního nervu), dovoluje-li to charakter zlomeniny. CRLPP má však svá přesná pravidla vedení implantátů, která je třeba dodržovat – jeden z implantátů by měl být zaveden kvadrkortikálně, oba implantáty pak vedeny divergentně tak, aby byly v oblasti lomné linie co nejdále od sebe.

## Literatura

1. Abdel Karim M, Hosny A, Nasef Abdelatif NM, Hegazy MM, Awadallah WR, Khaled SA, Azab MA, A ElNahal W, Mohammady H. Crossed wires versus 2 lateral wires in management of supracondylar fracture of the humerus in children in the hands of junior trainees. *J Orthop Trauma*. 2016;30:123–128.
2. Ahmed W, Rasheed H, Mohib Y, Rashid RH. K Wire fixation of supracondylar humerus fractures in children. Is ulnar nerve at risk? *J Pak Med Assoc*. 2015;65(11 Suppl 3):S202–204.
3. Babal JC, Mehlman CT, Klein G. Nerve injuries associated with pediatric supracondylar humeral fractures: a meta-analysis. *J Pediatr Orthop*. 2010;30:253–263.
4. Bauer JM, Stutz CM, Schoenecker JG, Lovejoy SA, Mencia GA, Martus JE. Internal rotation stress testing improves radiographic outcomes of type 3 supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2019;39:8–13.
5. Begovic N, Paunovic Z, Djuraskovic Z, Lazovic L, Mijovic T, Babic S. Lateral pinning versus others procedures in the treatment of supracondylar humerus fractures in children. *Acta Orthop Belg*. 2016;82:866–871.
6. Çabuk H, Dedeoğlu SS, Adaş M, Tekin AÇ, Seyran M, Ayanoğlu S. Medial spike and obesity associate with open reduction in type III supracondylar humeral fracture. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2016;83:102–105.
7. Chen TL, He CQ, Zheng TQ, Gan YQ, Huang MX, Zheng YD, Zhao JT. Stiffness of various pin configurations for pediatric supracondylar humeral fracture: a systematic review on biomechanical studies. *J Pediatr Orthop B*. 2015;24:389–399.
8. De Pellegrin M, Fracassetti D, Moharamzadeh D, Origo C, Catena N. Advantages and disadvantages of the prone position in the surgical treatment of supracondylar humerus fractures in children. A literature review. *Injury*. 2018;49(Suppl 3):37–42.
9. Dekker AE, Krijnen P, Schipper IB. Results of crossed versus lateral entry K-wire fixation of displaced pediatric supracondylar humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2016;47:2391–2398.
10. Dučić S, Radlović V, Bukva B, Radojičić Z, Vrgoč G, Brkić I, Jaramaz Dučić T, Jurdana H, Abramović D, Bojović N, Štefan L. A prospective randomised non-blinded comparison of conventional and Dorgan's crossed pins for paediatric supracondylar humeral fractures. *Injury*. 2016;47:2479–2483.
11. Feranec M, Hart R, Kozák T, Komzák M. Užití zevní fixace loketního kloubu při uvolnění ztuhlosti loketního kloubu. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2019;86:136–140.
12. Gartland JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obst*. 1959;109:145–154.
13. Gopinathan NR, Sajid M, Sudesh P, Behera P. Outcome analysis of lateral pinning for displaced supracondylar fractures in children using three Kirschner wires in parallel and divergent configuration. *Indian J Orthop*. 2018;52:554–560.
14. Havránek P. Klasifikace suprakondylických zlomenin humeru u dětí. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 1998;65:277–288.
15. Havránek P. Suprakondylická zlomenina humeru. In: Havránek P. Dětské zlomeniny. Galén, Karolinum, Praha, 2013, pp 115–134.
16. Havránek P, Pešl T, Čepelík M. Klasifikace dětských zlomenin. Galén, Praha, 2014, pp 40–42.
17. Havránek P, Pešl T, Hendrych J, Kučerová M. Suprakondylická zlomenina humeru u dětí. *Rozhl Chir*. 2018;97:122–127.
18. Iobst CA, Bunhor D, Skaggs DL, Frick SL. Intra-operative bone stability test. *Tech Orthop*. 2018;33:279–282.
19. Jaebon T, Anthony S, Ogden A, Andary JJ. Pediatric supracondylar fractures: variation in fracture patterns and the biomechanical effects of pin configuration. *J Pediatr Orthop*. 2016;36:787–792.
20. Kasirajan S, Govindasamy R, Sathish BRJ, Meleppuram JJ. Trans-olecranon fossa four-cortex purchase lateral pinning in displaced supracondylar fracture of the humerus - a prospective analysis in 48 children. *Rev Bras Ortop*. 2017;53:342–349.
21. Li WC, Meng QX, Xu RJ, Cai G, Chen H, Li HJ. Biomechanical analysis between Orthofix® external fixator and different K-wire configurations for pediatric supracondylar humerus fractures. *J Orthop Surg Res*. 2018;13:188.

22. Moreira RFG, Nishimi AY, Zanon EM, Rama TS, Ciofi RPL, Do-bashi ET. Cross-sectional study of Gartland II and III humerus supracondylar fracture treatment in childhood: Brazilian orthopedists' opinion. *Rev Bras Ortop.* 2018;53:129–135.
23. Patriota GSQA, Assunção Filho CA, Assunção CA. What is the best fixation technique for the treatment of supracondylar humerus fractures in children? *Rev Bras Ortop.* 2017;52:428–434.
24. Prashant K, Lakhotia D, Bhattacharyya TD, Mahanta AK, Ravooof A. A comparative study of two percutaneous pinning techniques (lateral vs medial-lateral) for Gartland type III pediatric supracondylar fracture of the humerus. *J Orthop Traumatol.* 2016;17:223–229.
25. Pring ME, Rang M, Wenger DR. Supracondylar fractures. In: Wenger DR, Pring ME (eds). *Rang's children's fractures.* Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2005, pp 102–112.
26. Reisoglu A, Kazimoglu C, Hanay E, Agus H. Is pin configuration the only factor causing loss of reduction in the management of pediatric type III supracondylar fractures? *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2017;51:34–38.
27. Roy MK, Alam MT, Rahman MW, Islam MS, Sayeed KA, Kamal MZ, Alamgir MK, Nandi B, Mohiuddin AM. Comparative study of stabilization of humerus supracondylar fracture in children by percutaneous pinning from lateral side and both sides. *Mymensingh Med J.* 2019;28:15–22.
28. Rupp M, Schäfer C, Heiss C, Alt V. Pinning of supracondylar fractures in children - Strategies to avoid complications. *Injury.* 2019;50(Suppl 1):2–9.
29. Skaggs DL, Flynn JM. Supracondylar fractures of the distal humerus. In: Beaty JH, Kasser JR, (eds). *Rockwood and Wilkins' fractures in children.* Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2010, pp 487–532.
30. Swenson AL. The treatment of supracondylar fractures of the humerus by Kirschner-wire transfixation. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30:993–997.
31. Tuomilehto N, Kivisaari R, Sommarhem A, Nietosvaara AY. Outcome after pin fixation of supracondylar humerus fractures in children: postoperative radiographic examinations are unnecessary. *Acta Orthop.* 2017;88:109–115.
32. Vlahović T, Bumci I. Biomechanical evaluation of the value of osteosynthesis in supracondylar fracture of the humerus using Kirschner pins in children. *Eur J Pediatr Surg.* 2002;12:410–415.
33. Wallace M, Johnson DB, Pierce W, Iobst C, Riccio A, Wimberly RL. Biomechanical assessment of torsional stiffness in a supracondylar humerus fracture model. *J Pediatr Orthop.* 2019;39:210–215.
34. Wong KPL, Chew EM, Mahadev A. Sliding the medial pin: a safer approach to cross-pinning humerus supracondylar fractures? *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2019;23:111–114.
35. Woo CY, Ho HL, Ashik MBZ, Lim KB. Paediatric supracondylar humeral fractures: a technique for safe medial pin passage with zero incidence of iatrogenic ulnar nerve injury. *Singapore Med J.* 2018;59:94–97.
36. Young S, Fevang JM, Gullaksen G, Nilsen PT, Engesaeter LB. Deformity and functional outcome after treatment for supracondylar humerus fractures in children: a 5- to 10-year follow-up of 139 supracondylar humerus fractures treated by plaster cast, skeletal traction or crossed wire fixation. *J Child Orthop.* 2010;4:445–453.
37. Zhao JG, Wang J, Zhang P. Is lateral pin fixation for displaced supracondylar fractures of the humerus better than crossed pins in children? *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471:2942–2953.
38. Zhou Q, Kong Q, Gao B. Treatment of Gartland type II and III supracondylar fracture of humerus in children. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2018;32:698–702.
39. Zwingmann J, Neumann MV, Hammer TO, Reising K, Südkamp NP. Comminuted fracture of elbow – osteosynthesis vs. total joint replacement. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2016;83:231–237.

**Korespondující autor:**

MUDr. Jan Hendrych

Klinika dětské chirurgie a traumatologie

3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Thomayerovy nemocnice

Thomayerova 809

140 00 Praha 4

E-mail: jan.hendrych@ftn.cz