

Statusartikel

Ugeskr Læger 2023;185:V03210206

Suprakondylære humerusfrakturer hos børn

Morten Jon Andersen

Afdeling for Led- og Knoglekirurgi, Herlev og Gentofte Hospital

Ugeskr Læger 2023;185:V03210206

HOVEDBUDSKABER

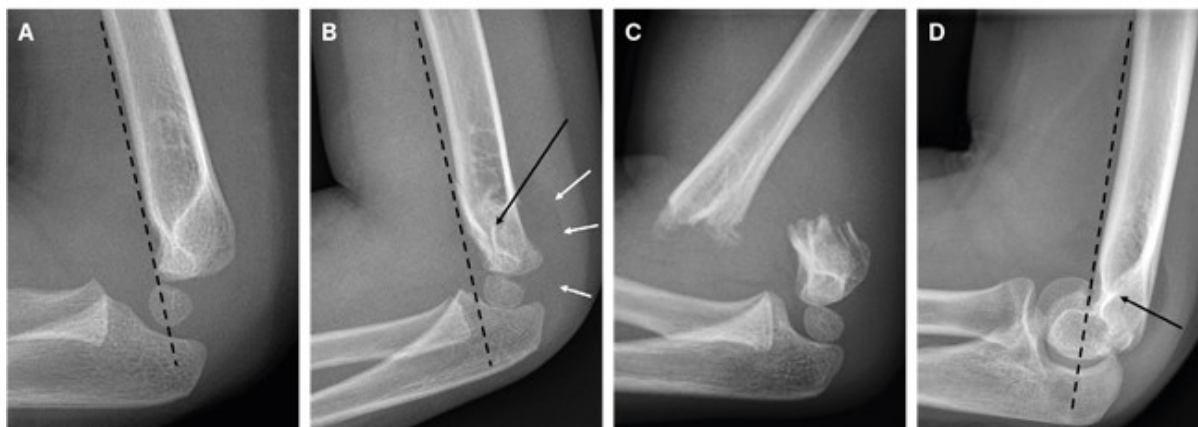
- Den suprakondylære humerusfraktur er den hyppigste albuenære fraktur hos børn.
- Der er ingen frakturstilling, der i sig selv tilsiger åben kirurgi, og mere end 90% af frakturerne kan behandles lukket.
- Behandlingen af displacerede frakturer kræver stor erfaring med kirurgi omkring børnealbuen.

Den suprakondylære humerusfraktur (SCHF) er det hyppigste albuenære brud hos børn. Frakturerne opstår oftest hos børn 5-7 år [1]. Op mod 10% af alle SCHF ledsages af kar- og/eller nervepåvirkning [2]. SCHF kan forekomme som alt fra ukomplicerede fissurer til svært displacerede frakturer med førlighedstruende bløddelsskader. Behandlingen spænder fra simpel gipsbehandling til akut åben operation med behov for kar-nerve-kirurgi.

Komplikationer er hyppige, men oftest forbigående, og alvorlige og blivende skader ses sjældent med moderne behandling [1, 3].

En svært displaceret SCHF (Figur 1C) med påvirkning af kar og nerver er en af de hyperakutte tilstande, som den vagthavende ortopædkirurg skal være forberedt på.

FIGUR 1 Sideoptagelser af humerus. Den anteriore humerale linje (AHL) (stiplet strek) beskrives i forhold til capitulum, og det beskrives, om der er kortikal kontakt. **A.** AHL skærer capitulum, der er kortikal kontakt (type I). **B.** AHL ligger foran capitulum, der er kortikal kontakt (type II). Bemærk frakturen (sort pil) og den intrakapsulære ansamling (hvide pile). **C.** Der er ingen meningsfuld kortikal kontakt mellem fragmenterne (type III). **D.** Suprakondylær fraktur (sort pil), AHL skærer gennem bagerste del af capitulum (fleksionstype).



ANATOMI

Den distale humerus består af den mediale og laterale kondyl, som helt distalt udgør hhv. trochlea og capitulum. Området mellem kondylerne, hvor fossa olecrani giver plads til olecranon, er papirtyndt. Overgangen mellem humerusskafet og de solide kondyler giver ophav til de suprakondylære frakturer. Bruddene er ekstraartikulære og næsten altid topartsfrakturer.

UDREDNING

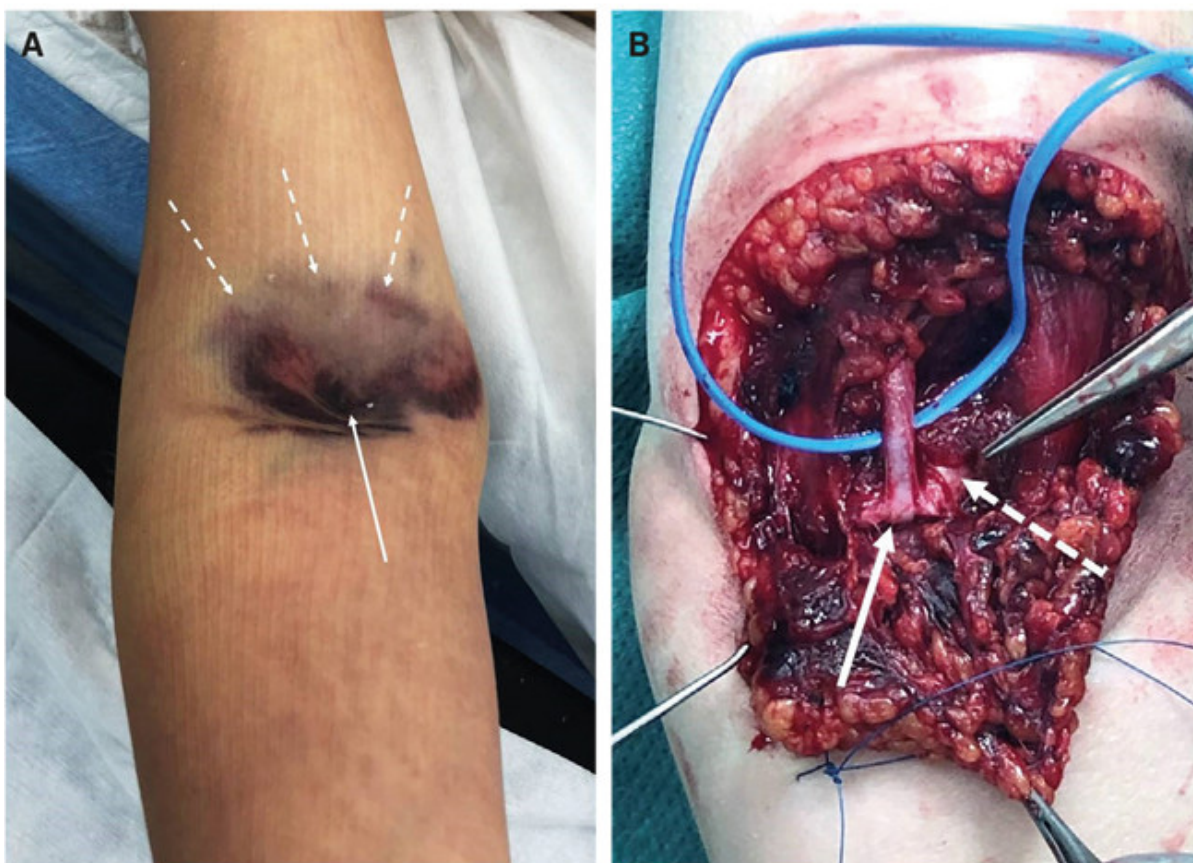
Skadsmekanisme

Ekstensionsfrakturer (> 95%) opstår som følge af fald på udstrakt arm og fleksionsfrakturer (< 5%) ved fald direkte på albuen. Den ikkedominante side, oftest venstre, er overrepræsenteret for begge frakturtyper [1, 4, 5]. Ved større kraftpåvirkning skal opmærksomheden på øvrige skader skærpes, f.eks. samsidig fraktur af underarm.

Objektive fund

Albuen er oftest meget øm, og klinisk kan man finde hævelse, hæmatom, hudindtrækning, fejlstilling og nedsat bevægelighed (Figur 2A). En grundig undersøgelse af kar- og nerveforhold skal altid foreligge.

FIGUR 2 Præ- og peroperativt billede af patienten fra Figur 1C. **A.** I albuebøjningen ses stort hæmatom (stiplede pile) og central indtrækning af huden som tegn på, at frakturen har brudt gennem muskelfascien (solid pil). Huden på underarmen ses med nedsat gennemblødning. **B.** Åben operation pga. mislykket lukket reposition, manglende puls og nedsat perfusion af hånden. Der er foretaget anterior adgang i fossa cubiti. A. brachialis (blå elastik) er bugtet (solid pil) hen over kanten af det distale knoglefragment (stiplet pil) og interponeret i frakturen.



Billeddiagnostik

Ved mistanke om fraktur omkring albuen hos børn anbefales røntgenoptagelse i tre projektioner: anteroposterior (AP), medial-lateral (ML) og skråoptagelse – internal oblique (IO) [6]. Er skaden intrakapsulær, bløder det ud i leddet, og på røntgen ses en ansamling kaldet »fatpad sign« (Figur 1B). Ved SCHF beskrives den anteriore humerale linje i forhold til capitulum og placering af det distale fragment (Figur 1).

KLASSIFIKATION

Gartlands klassifikation fra 1959 er den mest udbredte og opdeler ekstensionsfrakturerne i type I-III [7], mens fleksionsfrakturerne beskrives separat [4] (Figur 1A-D). Klassifikationen er senere væsentligt udvidet [8-10].

Tabel 1 giver et samlet overblik.

TABEL 1 Klassifikation af suprakondylære humerusfrakturer hos børn med angivelse af frakturtype, stilling i det distale fragment, særlige forhold og behandlingsforslag.

Frakturtype	Frakturstilling i distale fragment	Særlige forhold	Behandlingsforslag
I	Udisplaceret eller minimal posterior vinkling	AHL krydser capitulum	Ingen reponering og høj vinkelgipsskinne i 3-4 uger
II	Displaceret med posterior vinkling	AHL er anteriort for capitulum Bevaret kortikal kontakt posterior	
IIA	Ingen rotation eller translation	Stabil fraktur	Kan i nogle tilfælde behandles ikkekirurgisk Lukket reponering og fiksering med 2 laterale K-tråde
IIB	En grad af rotation eller translation	Væsentlig mere ustabil end type IIA	Lukket reponering og fiksering med 2-3 laterale K-tråde
III	Komplet displaceret og ingen meningsfuld kortikal kontakt	I højere grad associeret med neurovaskulær skade og kompartmentsyndrom	Lukket reponering (hvis muligt) og fiksering med 2-3 laterale K-tråde (evt. krydsede K-tråde)
IIIA	Posteromedial displacering	Anterolateral echymose Intakt periost posteromedialt Pronation kan reponere frakturen Lateralt instabil	Do.
IIIB	Posterolateral displacering	Anteromedial echymose Intakt periost posterolateralt Supination kan reponere frakturen Medialt instabil og oftere behov for krydsede K-tråde	Do.
IV	Kan ikke præoperativt skelnes fra type III Peroperativt findes fragmentet ustabil i alle retninger	Instabiliteten skyldes en cirkumferent overrivning af periosten	Do.
Fleksion	Anterior vinkling Varierende grader af displacering	Ofte ikke displacerede, men på grund af overrivning af den posteriore periost er frakturen ustabil i modsat retning af ekstensionsfrakturerne Reponeres ved hyperekstension	Do.
Medialt komminut	Mediale søjle er komminut, og frakturen kan være i varus	Hvis ikke frakturen stabiliseres operativt, kan der udvikles svær varusfejlstilling	Lukket reponering og fiksering med krydsede K-tråde

AHL = den anteriore humerale linje

IKKEOPERATIV BEHANDLING

Type I og minimalt vinklede type IIA kan behandles ikkeoperativt. Der anlægges en høj vinkelgipsskinne på armen. Albuen flekteres maksimalt 90 grader for at tillade bløddelshævelse og minimere risiko for kompartmentsyndrom (CS) [11].

OPERATIV BEHANDLING

Målet med operativ behandling af SCHF er at genskabe og stabilisere anatomien i den distale humerus. Displacerede og ustabile frakturer bør reponeres og fikseres med Kirschner-tråde (K-tråde). Næsten alle type II-frakturer og mere end 90% af type III-frakturerne bør kunne reponeres uden kirurgisk adgang til frakturen og fikseres perkutant [12, 13].

De fleste SCHF kræver ikke akut operation. Der anlægges en høj vinkelgipsskinne med albuen flekteret 30-50 grader indtil operation. Det smertelindrer og tillader bløddelshævelse uden forhøjet tryk i albuen og underarmen [14].

Opsætning af operationsstuen og lejrning af barnet

Mere end 95% af SCHF er ekstensionsfrakturer, som reponeres ved maksimal fleksion i albuen, en bevægelse, som besværliggøres med barnet i side- eller bugleje. Barnet lejres derfor bedst på ryggen med den skadede arm på det gennemlyselige operationsleje eller et armbord [8]. Små børn kan lejres i fodenden af operationslejet, eventuelt med benene på et armbord [15]. C-buen på gennemlyseren skal kunne svinges rundt og tage sidebilleder ved ustabile frakturer.

Reposition af frakturen

Inden frakturen reponeres, skal armen være afsprittet og afdækket, og udstyret til fiksering skal være klart. Overvej de periostale tilhæftninger, da den tykke periost kan udnyttes som hængsel under reponering (Tabel 1).

Type IIA kan umiddelbart reponeres med maksimal fleksion i albuen, ved type IIB tages der højde for placering af det distale fragment.

Type III og type IV har ingen meningsfuld kortikal kontakt, og der er behov for at trække længde mellem fragmenterne. Barnets krop støttes, og armen påføres et konstant længdetræk, ofte gennem flere minutter. Når de to fragmenter er trukket ud til længde, kan albuen flekteres samtidig med et skub på olecranon. Hvis albuen ikke kan flekteres fuldt, er frakturen ikke reponeret korrekt, eller bløddele er interponerede. Frakturen kan være brudt gennem m. brachialis, og det kan være nødvendigt at skubbe musklen fri af fragmentet. Når frakturen er reponeret, og albuen kan flektere fuldt, fikseres den med K-tråde.

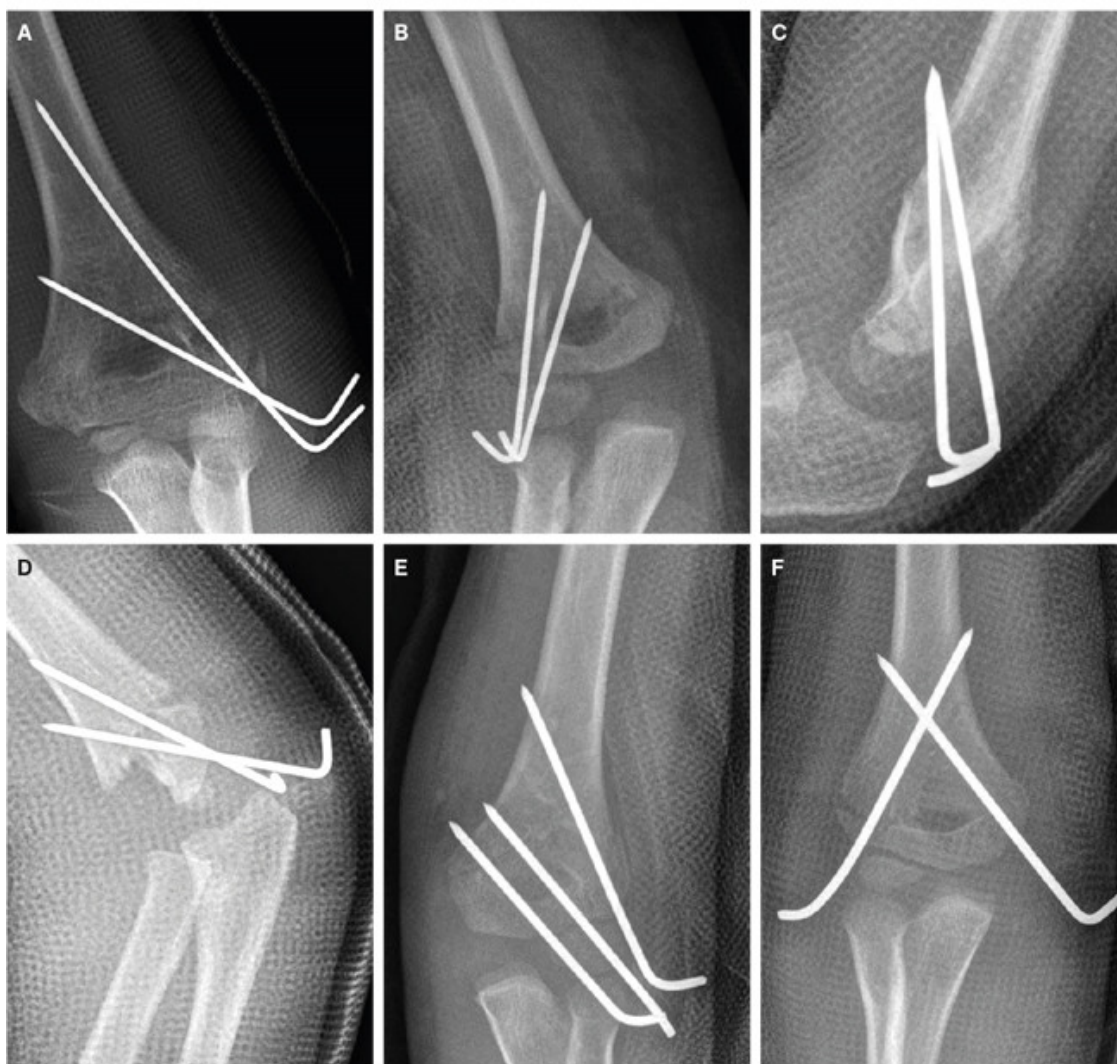
Konfiguration af K-tråde

Målet med K-trådsfiksering er at stabilisere frakturen og forhindre sekundært skred uden at påføre barnet skade.

Risikoen for iatrogen nerveskade er større ved brug af mediale K-tråde. Omvendt kan risikoen for frakturskred være større ved kun laterale K-tråde, f.eks. ved en fraktur, der løber fra højt medialt til lavt lateralt [16]. Mediale K-tråde bør sættes via en mini-åben teknik for at beskytte n. ulnaris [3, 5, 8, 17].

Placering og antal K-tråde tilpasses den enkelte fraktur. Hvis frakturen tilsiger det, anbefales udelukkende laterale K-tråde [18]. **Figur 3** viser de hyppigste tekniske fejl samt eksempler på optimal placering af K-tråde [19].

FIGUR 3 Hyppige tekniske fejl ved behandling af suprakondylære humerusfrakturer og eksempler på god placering af K-tråde. **A.** Den ene K-tråd ligger intramedullært. **B.** K-trådene er ikke spredte nok, og den mediale søjle er uden fiksering. **C.** K-trådene krydser ikke frakturen, men går ud anteriort gennem frakturen. **D.** K-trådene stabiliserer ikke frakturen, som er fejlroteret (ses på breddeforskellen i det proximale og distale fragment). Øvrige tekniske fejl omfatter K-tråde, som krydser i frakturen, for tynde K-tråde og frakturer, der ikke er tilfredsstillende reponeret. **E.** Tre laterale K-tråde. Der er god spredning og både den mediale og laterale søjle stabiliseres. **F.** To krydsede K-tråde, som stabiliserer begge søjler og krydser oven for frakturen.



Uanset konfiguration af K-tråde skal både den mediale og laterale søjle af den distale humerus stabiliseres. Det gøres ved at sikre tilstrækkelig spredning af K-trådene på tværs af frakturen. Der skal være mere end en tredjedel af frakturens bredde mellem K-trådene. Hvis der udelukkende bruges laterale K-tråde, er det essentielt, at den mest kaudale K-tråd placeres meget distalt, enten gennem eller medialt for capitulumkernen.

Efter fiksering testes især rotationsstabiliteten under gennemlysning med skulderen i fuld indad- og udadrotation [19, 20]. Hvis frakturen ikke er stabil, kan K-tråde omplaceres eller suppleres. En ustabil fraktur bør ikke accepteres, og det er ikke gipsen, der skal stabilisere frakturen.

Åben kirurgi

Der er ingen frakturtype eller -stilling, der i sig selv tilsiger planlagt åben kirurgi. Således viste en opgørelse, at der ved ingen type II- og ved kun 2,9% type III-frakturer var behov for åben kirurgi [13]. Den hyppigste indikation (70%) for åben kirurgi er mislykket lukket reponering [12, 21]. Den hyppigste årsag til, at lukket reponering ikke kan opnås, er interponering af m. brachialis, men også kar-nerve-bundtet, periost og ledkapsel kan være i klemme. Andre indikationer omfatter eksploration af neurovaskulære udfald, débridement af åbne frakturer og CS [12, 22].

Ved konvertering til åben kirurgi anbefales en adgang, som tager højde for årsagen til at åbne [23]. Gennem en anterior adgang kan interponat frigøres, og der opnås overblik over de neurovaskulære strukturer. En medial eller lateral adgang kan være effektiv til at hjælpe ved reponeringen i tilfælde, hvor anteriort interponat ikke er årsagen. Den bagre adgang giver ikke kirurgen adgang til kar, nerver eller anteriort interponerede bløddele, og i et systematisk review påpeges det, at den bagre adgang oftere giver et ringere funktionelt og kosmetisk resultat end andre adgange [21].

OPFØLGNING

Efter ikkeoperativ behandling anbefales radiologisk kontrol efter en uge for at identificere frakturskred [11]. Afbandagering kan ske efter tre uger for mindre børn, ellers efter fire uger.

For stabilt fikserede frakturer kan radiologisk kontrol eventuelt udelades, alternativt bør radiologisk opfølgning planlægges inden for den første uge [24, 25]. Perkutane K-tråde fjernes som regel uproblematisk ambulant efter 3-4 uger under brug af analgetika og/eller lattergas. Der kan forventes nedsat bevægelighed i ugerne efter afbandagering.

KOMPLIKATIONER

Komplikationer ved SCHF er hyppige, men oftest forbigående, og kan opstå enten som følge af selve skaden eller den valgte behandling.

Nervepåvirkning

Påvirkning af en eller flere nerver er beskrevet hos 6-16% af børn med SCHF inklusive iatrogene skader. Påvirkningen er oftest forbigående, og funktionen genvindes som regel i løbet af 3-6 måneder. Alle nerverne omkring albuen er i risiko, men hyppigst påvirkes den motoriske n. interosseus anterior (AIN) fra n. medianus med manglende evne til at flektare distalt i første og anden finger [3, 17].

Karpåvirkning

Behandlingskrævende karskader er sjældne, men i op mod 20% af type III-frakturerne vil der være manglende pulsation i a. radialis [17]. A. brachialis kan være strakt eller bugtet hen over det proximale fragment (Figur 2B) eller i spasmie som årsag til den manglende puls. Sjældnere kan der være tale om reel karskade [26]. Den pulsløse SCHF kræver akut vurdering af en erfaren ortopædkirurg, og man bør tidligt i forløbet overveje, om den nødvendige ekspertise er til stede. Konferer eventuelt med en karkirurg.

Der skelnes mellem den pulsløse velperfunderede og den pulsløse dårligt perfunderede ekstremitet. Løbende, tæt undersøgelse af pulsforhold (eventuelt med Doppler), hudfarve, temperatur, kapillærrespons og ødem er påkrævet. En kølig ekstremitet med svag eller manglende puls, bleg hud og forlænget kapillærrespons (Figur 2A) er tegn på en forlignhedstruende tilstand, som kræver umiddelbar operation. **Figur 4** giver et forslag til håndtering af den pulsløse SCHF. Lokal anvendelse af lidocain eller papaverin kan bruges til at bryde en eventuel karspasmie [22, 26, 27].

FIGUR 4 Flow chart med forslag til håndtering af suprakondylære humerusfrakturer uden følbart puls i a. radialis.



Kompartmentsyndrom

Forekomsten af CS i relation til SCHF angives til ca. 0,5% [3, 14, 17]. Risikofaktorer for udvikling af CS er neurovaskulær påvirkning og til en vis grad samsidig antebrachiumfraktur. I et studie [28] fandt man imidlertid 11 patienter, der udviklede CS på trods af manglende risikofaktorer, og det er altid vigtigt at have fokus på risikoen for udvikling af CS.

Migration af K-tråde

En velkendt komplikation er migration af K-tråde pga. deres sparsomme fæste i knoglen. Migration af K-tråde var i en opgørelse [3] den hyppigste komplikation og resulterede i, at 1,8% (11/622) af patienterne måtte have fjernet K-trådene ved en ikkeplanlagt operation.

Infektion

I en retrospektiv opgørelse af 622 frakturer [3] fandt man overfladisk infektion i fem tilfælde (1%), hvilket er i overensstemmelse med øvrig litteratur [8]. Infektion i et pinhul bør behandles med antibiotika, og K-tråden fjernes, hvis det er muligt. Ubehandlet pinhulsinfektion kan føre til dyb infektion, osteomyelitis og septisk arthritis.

Frakturskred

Skred i frakturen kan opstå ved både ikkeoperativ og operativ behandling. Frakturskred på trods af fiksering skyldes oftest en suboptimal placering af K-trådene (Figur 3) [19]. Frakturskred bør diagnosticeres i forbindelse med ambulans opfølgning og kan give anledning til reoperation eller skift fra ikkeoperativ til operativ behandling.

Heling i fejlstilling

SCHF kan hele i fejlstilling pga. manglende behandling, suboptimal reponering eller frakturskred. 80% af væksten i humerus sker proksimalt, og evnen til remodellering distalt er sparsom. Mindre børn har potentiale til at bedre stillingen [29], men fejlstilling i form af rotation, varus eller valgus rettes dårligt og kan ændre overekstremitetens bærevinkel [30]. Cubitus varus er en kosmetisk skæmmende fejlstilling som regel med hyperekstension og nedsat fleksion til følge. Operativ behandling kan mindske forekomsten af cubitus varus og andre fejlstillinger væsentligt. Nogle fejlstillinger kræver korrektion i form af osteotomi [8], som i dag kan laves meget præcist med tredimensionelt printede skabeloner.

KONKLUSION

SCHF er hyppige, og alle, der behandler tilskadekomne børn, vil stifte bekendtskab med denne skade. Frakturerne kan ledsages af alvorlige bløddelsskader. Kraftig hævelse, hæmatom, hudindtrækninger eller påvirkning af kar og nerver kræver akut vurdering af en erfaren ortopædkirurg. Komplikationer er hyppige, men oftest forbigående. Når moderne retningslinjer for udredning og behandling følges, er alvorlige og blivende bivirkninger sjældne.

Korrespondance Morten Jon Andersen. E-mail: morten.jon.andersen@regionh.dk

Antaget 20. januar 2022

Publiceret på ugeskriftet.dk 23. januar 2023

Interessekonflikter ingen. Forfatterens ICMJE-formular er tilgængelig sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Taksigelse Peter Max Halschou-Jensen, David Gøttsche og Peter Søndergaard for gennemlæsning og korrektur

Referencer findes i artiklen publiceret på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2023;185:V03210206

SUMMARY

Supracondylar humerus fractures in children

Morten Jon Andersen

Ugeskr Læger 2023;185:V03210206

The supracondylar humerus fracture is the most common elbow fracture in children. All orthopedic surgeons involved in pediatric trauma will at some point have to treat this injury. Severity ranges from simple fractures to

limb threatening injuries. An in-depth knowledge of this injury is key to a successful treatment outcome. This review describes the diagnostic approach and current concepts for treatment of pediatric supracondylar humerus fractures.

REFERENCER

1. Kumar V, Singh A. Fracture supracondylar humerus: a review. *J Clin Diagnostic*. 2016;10(12):RE01-06.
2. Garg S, Weller A, Larson AN et al. Clinical characteristics of severe supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2014;34(1):34-9.
3. Bashyal RK, Chu JY, Schoenecker PL et al. Complications after pinning of supracondylar distal humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(7):704-8.
4. Sharma A. The flexion-type supracondylar humeral fracture in children: a review. *JBJS Rev*. 2019;7(4):e6.
5. Abzug JM, Herman MJ. Management of supracondylar humerus fractures in children: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20(2):69-77.
6. Song KS, Kang CH, Min BW et al. Internal oblique radiographs for diagnosis of nondisplaced or minimally displaced lateral condylar fractures of the humerus in children. *J Bone Jt Surg Am*. 2007;89(1):58-63.
7. Gartland JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet*. 1959;109(2):145-54.
8. Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM et al. Rockwood and Wilkins' fractures in children. 9. udg. Wolters Kluwer, 2019.
9. Leitch KK, Kay RM, Femino JD et al. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children: a modified Gartland type-IV fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(5):980-5.
10. De Boeck H, De Smet P, Penders W et al. Supracondylar elbow fractures with impaction of the medial condyle in children. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(4):444-8.
11. Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Jt Surg Am*. 2008;90(5):1121-32.
12. Reitman RD, Waters P, Millis M. Open reduction and internal fixation for supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(2):157-61.
13. DeFrancesco CJ, Shah AS, Brusalis CM et al. Rate of open reduction for supracondylar humerus fractures varies across pediatric orthopaedic surgeons: a single-institution analysis. *J Orthop Trauma*. 2018;32(10):e400-7.
14. Battaglia TC, Armstrong DG, Schwend RM. Factors affecting forearm compartment pressures in children with supracondylar fractures of the humerus. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(4):431-9.
15. Kamath GK, Kamath JB, Vardhan H et al. New technique of imaging and treatment of pediatric supracondylar humeral fracture without moving the injured limb. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2011;15(3):185-7.
16. Brauer CA, Lee BM, Bae DS et al. A systematic review of medial and lateral entry pinning versus lateral entry pinning for supracondylar fractures of the humerus. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(2):181-6.
17. Meyer CL, Kozin SH, Herman MJ et al. Complications of pediatric supracondylar humeral fractures. *Instr Course Lect*. 2015;64:483-91.
18. 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(11):2391-8.
19. Sankar WN, Hebela NM, Skaggs DL et al. Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: Causes and prevention. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):713-7.
20. Zenios M, Ramachandran M, Milne B et al. Intraoperative stability testing of lateral-entry pin fixation of pediatric supracondylar humeral fractures. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(6):695-702.
21. Mazzini JP, Martin JR, Esteban EMA. Surgical approaches for open reduction and pinning in severely displaced supracondylar humerus fractures in children: a systematic review. *J Child Orthop*. 2010;4(2):143-52.
22. Edwardson SA, Murray O, Joseph J et al. Paediatric supracondylar fractures: an overview of current management and guide to open approaches. *Orthop Trauma*. 2013;27(5):303-11.
23. Wingfield JJ, Ho CA, Abzug JM et al. Open reduction techniques for supracondylar humerus fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(12):e72-80.
24. Tuomilehto N, Kivisaari R, Sommarhem A et al. Outcome after pin fixation of supracondylar humerus fractures in children:

- postoperative radiographic examinations are unnecessary. *Acta Orthop.* 2017;88(1):109-15.
25. Ponce BA, Hedequist DJ, Zurakowski D et al. Complications and timing of follow-up after closed reduction and percutaneous pinning of supracondylar humerus fractures: follow-up after percutaneous pinning of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(6):610-4.
 26. Badkoobei H, Choi PD, Skaggs DL et al. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture. *J Bone Jt Surg Am.* 2015;97(11):937-43.
 27. Choi PD, Melikian R, Skaggs DL. Risk factors for vascular repair and compartment syndrome in the pulseless supracondylar humerus fracture in children. *J Pediatr Orthop.* 2010;30(1):50-6.
 28. Ramachandran M, Skaggs DL, Crawford HA et al. Delaying treatment of supracondylar fractures in children: has the pendulum swung too far? *J Bone Jt Surg Br.* 2008;90(9):1228-33.
 29. Gamble JG, Vorhies JS. Remodeling of sagittal plane malunion after pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(10):e903-9.
 30. Sinikumpu JJ, Victorzon S, Pokka T et al. The long-term outcome of childhood supracondylar humeral fractures: a population-based follow up study with a minimum follow up of ten years and normal matched comparisons. *Bone Joint J.* 2016;98-B:1410-7.