

# Le fratture sovracondiloidee dell'omero in età pediatrica

Silvio Boero<sup>1</sup>, Lorenza Marengo<sup>1,a</sup> (✉), Stefania Torchia<sup>2</sup>, Nunzio Catena<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SC Ortopedia e Traumatologia, IRCCS Istituto Giannina Gaslini, Genova, Italia

<sup>2</sup>Scuola di Specializzazione in Ortopedia e Traumatologia, Università degli Studi di Cagliari, Cagliari, Italia

<sup>3</sup>SC Ortopedia e Traumatologia Pediatrica, AON SS Antonio e Biagio e Cesare Arrigo, Alessandria, Italia

<sup>a</sup>[lorenzamarengo@libero.it](mailto:lorenzamarengo@libero.it)

## ABSTRACT – PEDIATRIC SUPRACONDYLAR HUMERUS FRACTURES

*Supracondylar humeral fracture is the most common elbow injury in pediatric population. According to the mechanism of injury, these fractures can be divided in two subgroups: extension type and flexion type. Undisplaced and slightly displaced fractures can be treated conservatively. Displaced fractures require reduction followed by percutaneous pinning. Several complications could occur in association with a supracondylar humeral fracture. Early complications include neuro-vascular injury and compartment syndrome, delayed complications include cubitus varus, joint stiffness and malunion.*

Publicato online: 7 settembre 2018

© Società Italiana Ortopedici Traumatologi Ospedalieri d'Italia 2018

## Introduzione

Le fratture sovracondiloidee dell'omero rappresentano la più comune lesione scheletrica della regione del gomito in traumatologia pediatrica, con un picco massimo di incidenza tra i 5 e i 7 anni e una distribuzione sostanzialmente sovrapponibile tra i due sessi. Il lato sinistro risulta essere il più colpito [1].

Nella maggior parte di casi la frattura consegue a un trauma accidentale per caduta dall'alto (98% dei casi). Nei bambini al di sotto dei 3 anni si tratta spesso di cadute dal letto, da una sedia o dalle scale, mentre nei bambini più grandi da attrezzature da parco giochi (castelli di tubi, tappeti elastici, gonfiabili).

Nei bambini al di sotto dei 15 mesi tali fratture non sono consuete per cui, in caso di loro riscontro, va tenuta in considerazione l'ipotesi di maltrattamento.

Il meccanismo traumatico più comune è quello di una caduta con polso esteso, avambraccio pronato e gomito esteso.

In tale situazione il gomito è in una condizione di blocco per cui lo scarico delle forze si esplica sulla palette omerale, mentre più raramente (2% dei casi) il trauma avviene per caduta sul gomito posto in flessione [2].

## Classificazione

Nella maggior parte dei casi si tratta di fratture in estensione, mentre le fratture in flessione costituiscono solo circa il 2% di tutte le fratture sovracondiloidee in età pediatrica [3]. Le fratture in estensione vengono comunemente inquadrare seguendo la classificazione di Gartland [4] che in relazione al tipo di scomposizione dei frammenti di frattura le fratture in tre tipi:

1. frattura composta
2. frattura scomposta, con corticale posteriore integra (Fig. 1)
3. frattura scomposta senza contatto tra i monconi (Fig. 2).

Nei casi di scomposizione Gartland 3 l'orientamento della palette omerale consente di distinguere due sottotipi:

- postero mediale (aumentato rischio di lesioni del nervo radiale)
- postero laterale (aumentato rischio di lesione del nervo mediano e dell'arteria brachiale).

In queste forme è importante escludere una frattura trasversale dell'epifisi che configuri un quadro di sovra-diacondiloidea, quindi di una lesione intrarticolare che, special-



**Fig. 1 - Frattura sovracondiloidea tipo Gartland 2: la corticale posteriore è continua e si osserva una scomposizione in estensione e minima rotazione del frammento distale. Sulla radiografia in proiezione laterale è stata tracciata la linea omerale anteriore che, a causa della scomposizione, cade anteriormente rispetto al capitulum humeri**



**Fig. 2 - Frattura sovracondiloidea tipo Gartland 3: i due monconi di frattura sono completamente sconnessi**

mente nei soggetti più grandi, è caratterizzata da un outcome meno favorevole. Inoltre, si possono associare lesioni della cartilagine di accrescimento del gomito, non diagnosticabili sulle radiografie al momento del trauma, tali da provocare gravi deformità secondarie del gomito.

Un altro sistema di classificazione completo, ma un po' meno adottato, è quello dell'AO [5].



**Fig. 3 - Presentazione clinica tipica di una frattura sovracondiloidea tipo Gartland 3, con presenza dell'ecchimosi della fossa antecubitale (segno di Kirmisson)**

### Trattamento

Il gomito si presenta tumefatto, con importante alterazione del profilo anatomico nei casi di tipo 3.

In queste ultime forme è frequente il riscontro di ecchimosi della fossa antecubitale (segno di Kirmisson) e di grinzature della cute, espressione di lacerazione del muscolo brachiale da parte del frammento prossimale (Fig. 3).

L'esposizione del focolo di frattura è invece rara.

Al momento della prima valutazione clinica è essenziale eseguire un preciso esame vascolare (presenza o assenza di polso radiale, mano calda o fredda, tempo di refill capillare, turgore del polpastrello) e neurologico (funzionalità dei nervi mediano, radiale e ulnare).

Dal momento che l'esame della sensibilità non è di semplice esecuzione nel bambino piccolo, come talvolta non lo è nemmeno quello motorio, è utile informare i genitori del fatto che le lesioni neurologiche sono spesso la conseguenza del trauma iniziale e che una più precisa valutazione sarà possibile solamente dopo la stabilizzazione della frattura in assenza di dolore e ansia post-trauma.

La valutazione radiologica è basata sulle due proiezioni standard AP e LL, sebbene spesso sia difficile ottenere in sede di pronto soccorso delle proiezioni precise per la difficoltà nel posizionamento del bambino.

Il trattamento delle fratture di tipo 1 è essenzialmente l'immobilizzazione in apparecchio gessato brachiometacarpale per 3-5 settimane in relazione all'età del bambino.

Le fratture di tipo 2 possono presentare una scomposizione in iperestensione della paletta omerale e/o un vizio rotatorio (Fig. 3).

Per quel che riguarda l'iperestensione della paletta omerale, particolare attenzione va posta nel controllo della radiografia in proiezione laterale perfetta. Su tale proiezione, la linea che decorre sulla corticale anteriore dell'omero (linea omerale anteriore) distalmente dovrebbe intersecare circa a metà il capitulum humeri. Se, invece, tale linea cade anteriormente al nucleo la frattura è estesa, se posteriormente flessa (Fig. 1) [6]. In tali casi, pertanto, è richiesta una manovra riduttiva, prima dell'applicazione dell'apparecchio gessato, al fine di correggere la deviazione del frammento di-

stale che, se mantenuta, potrebbe determinare una perdita rispettivamente di flessione o estensione del gomito.

Una volta eseguita la manovra riduttiva, sarà necessario realizzare un controllo radiografico, che va ripetuto a distanza di 7–10 giorni, mirato a verificare che la riduzione si sia mantenuta nel tempo.

Come precedentemente accennato, oltre alla scomposizione in iperestensione, può associarsi un vizio rotatorio. La presenza di tale deformità si caratterizza sulla proiezione laterale perfetta per la scomparsa del disegno a 8 della paletta omerale, così come per una differenza della larghezza del frammento distale e prossimale (Fig. 1). I vizi rotatori, una volta diagnosticati, vanno corretti in quanto possono rendersi responsabili di deformità residue quali cubito varo e valgo.

In caso di vizio rotatorio vi è una tendenza sempre maggiore al ricorso al trattamento chirurgico di riduzione in narcosi e pinning percutaneo [7].

Le fratture di tipo 3 vengono trattate chirurgicamente mediante riduzione incruenta e pinning con fili di Kirschner. Qualora la riduzione incruenta fallisca, sarà ovviamente necessario procedere alla riduzione a cielo aperto.

Il trattamento dovrebbe essere eseguito in urgenza in caso di importante esposizione del focolaio di frattura o presenza di ischemia distale.

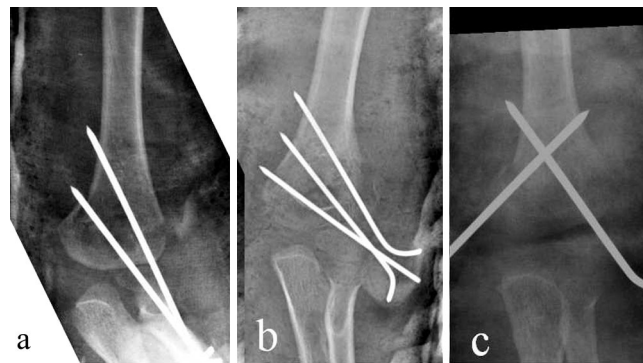
Nei casi di fratture chiuse e senza evidenti compromissioni neurovascolari, la letteratura attuale non mostra significative differenze in termini di risultati finali e di complicanze tra i pazienti trattati entro o oltre le 6–8 ore dal trauma [8]. Alcuni autori sconsigliano anche, quando possibile, l'esecuzione di interventi notturni.

L'immobilizzazione in doccia in semiflessione o la trazione trans-scheletrica sono due opzioni da attuare nel caso in cui il trattamento in urgenza non possa essere eseguito.

L'intervento di riduzione e osteosintesi può avvenire con paziente in posizione supina o prona a seconda delle abitudini del chirurgo, senza che questo abbia significative ricadute prognostiche [9].

Per quanto concerne il posizionamento dei fili di Kirschner, essi possono essere introdotti solo dalla via laterale (2 o 3 fili dall'epicondilo omerale) o incrociati (2 fili, da epicondilo ed epitroclea) (Fig. 4).

Recenti studi biomeccanici hanno dimostrato che sebbene il pinning a fili incrociati fornisca la massima stabilità, il pinning con 2 fili laterali divergenti fornisce una stabilità sufficiente, sebbene leggermente inferiore [10]. Tali dati sono stati confermati da studi clinici che hanno dimostrato come le due tecniche consentano di ottenere risultati sostanzialmente sovrapponibili [11]. L'utilizzo di fili incrociati è gravato da un maggior rischio di possibile lesione del nervo ulnare, sia per trasfissione da parte del filo che per secondaria compressione [11]. Un accesso mini open è stato proposto per



**Fig. 4 -** Differenti configurazioni dei fili di Kirschner: 2 fili laterali divergenti (a); 3 fili laterali divergenti (b); fili incrociati (c)

ridurre il rischio di lesioni nervose, soprattutto nei casi di gomito marcatamente tumefatto.

Nonostante il potenziale rischio di lesione nervosa, il filo ulnare viene preferito da alcuni autori in caso di lesioni particolarmente instabili. Altri autori consigliano in questi casi, se trattati con pinning solo laterale, l'utilizzo di un terzo filo di Kirschner per incrementare la stabilità. Sostanzialmente, dunque, sebbene l'utilizzo di 2 fili laterali divergenti consenta di ottenere una buona stabilità della sintesi, evitando il rischio di lesione del nervo ulnare, sarà il chirurgo, secondo le sue abitudini e le caratteristiche della frattura, a scegliere la configurazione dei fili più adatta [11].

Nei rari casi in cui sia necessaria la riduzione a cielo aperto, la via d'accesso verrà scelta sia sulla base delle strutture da esplorare che delle abitudini del chirurgo poiché la letteratura non mostra particolari differenze tra i vari approcci chirurgici.

Tuttavia, la via di accesso posteriore sembrerebbe, rispetto alle altre, maggiormente associata al rischio di alterazioni dell'angolo cubitale e di osteonecrosi della troclea.

## Complicanze

Le complicanze delle fratture sovracondiloidee possono essere distinte in due grandi gruppi: immediate e tardive.

### Complicanze immediate

#### Lesioni vascolari

Il rischio di danno vascolare è elevato nelle fratture di tipo 3 con scomposizione postero-laterale, dove l'assenza del polso radiale è stata riportata nel 10–20% dei casi.

L'arteria brachiale è poco mobile lungo il decorso in prossimità dell'omero distale, per cui può essere trazionata a livello del sito di frattura (da parte del muscolo brachiale o di bande di periostio), oppure si può assistere a un ingocciamento a livello del focolaio di frattura.

In presenza di trauma ad alta energia e segni clinici di ecchimosi della fossa antecubitale e pinzatura della cute anteriore del gomito, il rischio di lesione vascolare è aumentato [12]. L'approccio a una frattura con compromissione vascolare dipende dalle modalità cliniche di presentazione dell'ischemia.

#### *Mano ischemica*

Costituisce una condizione di emergenza in cui è necessario un tempestivo ingresso in sala operatoria per eseguire la riduzione e la stabilizzazione della frattura, che nel 70–90% dei pazienti porta alla ripresa del polso radiale. L'esecuzione dell'arteriografia preoperatoria non pare essere indicata, in quanto allunga i tempi di ingresso del bambino in sala operatoria [13, 14].

Nei casi in cui la mano rimane fredda e priva di polso anche dopo la riduzione e stabilizzazione della frattura, è indicata l'esplorazione dell'arteria brachiale, solitamente mediante un accesso antero-mediale.

L'arteria è quasi sempre circondata dall'ematoma di frattura e solo dopo la sua evacuazione sarà possibile individuare la causa della compressione (bande muscolare o periostee) o la presenza di un incarceramento tra i capi scheletrici.

Nel primo caso la decompressione del tratto interessato, eventualmente associata all'avventiziectomia, è di solito sufficiente a garantire la ripresa del circolo.

Nell'evenienza di un intrappolamento nel focolaio di frattura è invece più probabile avere un danno alla parete con formazione di trombi endoluminali, la cui rimozione non è indicata. In questi casi è pertanto necessaria la rimozione del tratto interessato e la sua ricostruzione mediante sutura diretta (se possibile senza tensione) o graft venoso. È inoltre spesso utile far seguire alla ricostruzione dell'asse vasale un'ampia fasciotomia dell'avambraccio al fine di ridurre il rischio di sindrome compartimentale.

#### *Mano perfusa ma senza polso radiale (pink pulseless hand)*

La letteratura non è ancora concorde sull'approccio alla *pink pulseless hand* e non sono presenti linee guida condivise [14]. La maggior parte degli autori concordano sull'astensione dall'esplorazione in presenza di una riduzione anatomica e stabile, un refill capillare <2 secondi e una mano rosa, calda e con normale turgore dei polpastrelli.

Anche il ruolo di eventuali esami diagnostici rimane controverso e non esistono al momento evidenze valide né sul ruolo dell'angiografia (da molti sconsigliata) o di esami meno invasivi come l'eco-color Doppler né sull'utilizzo di sistemi di monitoraggio come la pulsiossimetria. Iniziano tuttavia ad aumentare i report di esperienze cliniche che riportano l'affidabilità di quest'ultima, sia nella diagnosi che nel monitoraggio [15–17].

Al momento, la maggioranza degli autori concorda quindi sul monitoraggio clinico della *pink pulseless hand* con controlli periodici e ravvicinati delle condizioni circolatorie,

della motilità e della sensibilità: ogni peggioramento delle condizioni cliniche postoperatorie va interpretato come un segnale d'allarme che deve indurre a una ancora maggiore attenzione e a una tempestiva esplorazione del fascio vascolo nervoso [18].

#### *Lesioni neurologiche*

Una percentuale tra il 6 e il 30% delle fratture sovracondiloidee è associata a lesioni dei nervi mediano, ulnare e radiale per via dei loro stretti rapporti anatomici con la zona di frattura.

Il nervo mediano e, soprattutto, il suo ramo interosseo anteriore sono quelli principalmente coinvolti, soprattutto nelle fratture con dislocazione postero laterale, mentre il nervo radiale può essere lesionato nelle forme con scomposizione postero mediale [19].

Il nervo ulnare può essere, invece, coinvolto anche nelle rare forme in flessione e possono inoltre presentarsi sue lesioni dopo pinning mediale per transfissione del nervo o sua compressione da parte del filo di Kirschner.

La paralisi del nervo ulnare può comparire immediatamente dopo l'osteosintesi in cui sia stato usato un filo mediale oppure a distanza: nel primo caso si dovrà sospettare una transfissione o compressione, mentre nel secondo la paralisi sarà verosimilmente secondaria a una fibrosi perineurale nel canale cubitale.

Nella prima evenienza è importante l'immediata rimozione del filo e un suo riposizionamento insieme all'esplorazione del nervo stesso; nel secondo caso, invece, la rimozione del filo è seguita da un periodo di osservazione.

In linea generale, le lesioni nervose associate a fratture sovracondiloidee sono neuroaprassie transitorie, che recuperano spontaneamente in un tempo variabile tra 3 e 6 mesi dal trauma [20].

Il monitoraggio neurofisiologico (elettromiografia, velocità di conduzione nervosa) non è indicato in acuto e va richiesto solo in assenza di segni di recupero dopo 4–6 settimane dal trauma; in caso di non recupero a 6 mesi dall'insorgenza della paralisi è indicato l'intervento di esplorazione e riparazione [21].

Le lesioni isolate di uno o più nervi in assenza di compromissioni vascolari non devono essere considerate come segni di sindrome ischemica acuta.

#### *Sindrome compartimentale*

Si verifica nell'1% delle fratture sovracondiloidee anche in assenza di associate lesioni neurovascolari; nel caso di associazione con fratture di avambraccio o polso esiste un maggiore rischio di sviluppare la sindrome (7% dei casi).

La diagnosi è essenzialmente clinica e basata sulla presenza di un dolore drammaticamente ingravescente e non responsivo alle terapie e che aumenta con lo stretching passivo delle dita.

L'uso di sistemi di misurazione della pressione compartimentale possono essere di aiuto nel confermare la diagnosi (una pressione >30 mmHg è da considerarsi patologica). Quando viene posta la diagnosi, è mandatorio procedere velocemente alla fasciotomia al fine di evitare il rischio di una contrattura ischemica di Volkmann.

### **Complicanze tardive**

Sono prevalentemente a carico dello scheletro e sono rappresentate da deviazioni assiali, rigidità articolari e necrosi scheletriche.

### **Cubito varo**

È una deformità triplanare (varismo, intratorazione e iperestensione) della paletta omerale secondaria a viziosa consolidazione o a un disturbo di crescita residuo; l'incidenza si è molto ridotta rispetto al passato, da quando il pinning percutaneo ha sostituito il trattamento in gesso.

Si tratta di una deformità prevalentemente estetica in cui l'articolazione rimane sostanzialmente conservata.

Tuttavia, in caso di deviazione maggiori di 20–30° è possibile la comparsa di disturbi funzionali quali: riduzioni del ROM del gomito, dolore cronico, instabilità postero laterale tardiva ma, soprattutto, paralisi cronica del nervo ulnare, secondaria alla riduzione di volume del canale cubitale dovuta alla medializzazione della paletta omerale e del capo mediale del tricipite.

Il trattamento del cubito varo rimane ancora oggetto di dibattito; le possibilità di trattamento sono rappresentate da:

- osservazione clinica
- emiepifisiodesi (che difficilmente corregge la deformità ma, talvolta, ne limita la progressione)
- osteotomia correttiva.

In letteratura sono presenti diverse tecniche di osteotomia (cuneo laterale di chiusura, osteotomia cupoliforme, multiplantari, osteogenesi distrazionale) la cui stabilità può essere mantenuta con differenti mezzi di sintesi (fili di Kirschner, viti, placche, cambre, fissatori esterni).

I risultati riportati dai diversi autori sono sostanzialmente sovrapponibili tra le diverse metodiche anche se le osteotomie multiplanari, seppur tecnicamente più complesse da eseguire, avrebbero un tasso inferiore di complicanze come lesioni nervose transitorie, perdita di correzione, incompleta correzione e infezioni [22].

### **Rigidità articolare e viziose consolidazioni**

La rigidità del gomito è frequente dopo la rimozione del gesso e dei mezzi di sintesi ma in caso di una frattura ben ridotta è solo un fatto transitorio che, con il rimodellamento del callo osseo, tende a risolversi.

L'immediata prescrizione di fisioterapia dopo la rimozione dell'immobilizzazione sarebbe da evitare in quanto nel bambino non apporta alcun reale vantaggio, anzi: i tentativi di

precoce mobilitazione potrebbero portare a un incremento della rigidità con formazione di ossificazioni eterotopiche [23].

Una situazione differente si ha invece nei casi di malconsolidazione secondaria a iperestensione della paletta omerale o a vizi di rotazione residui.

Il rimodellamento di viziose consolidazioni è possibile soprattutto nel bambino più piccolo e specialmente per quelle lungo l'asse di movimento del gomito, mentre un vizio di rotazione difficilmente tenderà a rimodellarsi.

### **Necrosi della troclea (Fishtail deformity)**

Rara complicanza che può manifestarsi anche a distanza di tempo dalla frattura sia in forma isolata (riscontro radiografico spesso occasionale) che in associazione a cubito varo.

Nelle forme solitarie è priva di ripercussioni funzionali.

**CONFLITTO DI INTERESSE** Gli autori Silvio Boero, Lorenza Marenco, Stefania Torchia e Nunzio Catena dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse.

**CONSENSO INFORMATO E CONFORMITÀ AGLI STANDARD ETICI** Tutte le procedure descritte nello studio e che hanno coinvolto esseri umani sono state attuate in conformità alle norme etiche stabilite dalla dichiarazione di Helsinki del 1975 e successive modifiche. Il consenso informato è stato ottenuto da tutti i pazienti inclusi nello studio.

**HUMAN AND ANIMAL RIGHTS** L'articolo non contiene alcuno studio eseguito su esseri umani e su animali da parte degli autori.

### **Bibliografia**

1. Holt JB, Glass NA, Shah AS (2018) Understanding the epidemiology of pediatric supracondylar humeral fractures in United States: identifying opportunities for intervention. *J Pediatr Orthop* 38:e245–e251
2. Kasser JR, Beaty JH (2006) Supracondylar fractures of the distal humerus. In: Rockwood, Wilkins (eds) *Fractures in children*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, pp 549–596
3. Mahan ST, May CD, Kocher MS (2007) Operative management of displaced flexion supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop* 27:551–556
4. Gartland JJ (1959) Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet* 109:145–154
5. AO Foundation Pediatric classification [www.aotrauma/aofoundation.org](http://www.aotrauma/aofoundation.org). Accessed 2018 Apr 1
6. Grayson DE (2005) The elbow: radiographic imaging pearls and pitfalls. *Semin Roentgenol* 40:223–247
7. Sinikumpu JJ, Pokka T, Sirviö M, Serlo W (2017) Gartland type II supracondylar humerus fractures, their operative treatment and lateral pinning are increasing: a population-based epidemiologic study of extension-type supracondylar humerus fractures in children. *Eur J Pediatr Surg* 27:455–461
8. Schmid T, Joeris A, Slongo T et al (2015) Displaced supracondylar humeral fractures: influence of delay of surgery on the incidence of open reduction, complications and outcome. *Arch Orthop Trauma Surg* 135:963–969

9. De Pellegrin M, Brivio A, Pescatori E, Tessari L (2008) Frattura sovracondiloidea di omero in età infantile. Osteosintesi percutanea in posizione prona. *GIOT* 34:199–204
10. Chen TL, He CQ, Zheng TQ et al (2015) Stiffness of various pin configurations for pediatric supracondylar humeral fracture: a systematic review on biomechanical studies. *J Pediatr Orthop B* 24:389–399
11. Dekker AE, Krijnen P, Schipper IB (2016) Results of crossed versus lateral entry K-wire fixation of displaced pediatric supracondylar humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Injury* 47:2391–2398
12. Badkoobehi H, Choi PD, Bae DS, Skaggs DL (2015) Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture. *J Bone Jt Surg, Am* 2015:937–943
13. Shaw BA (1998) The role of angiography in assessing vascular injuries associated with supracondylar humerus fractures remains controversial. *J Pediatr Orthop* 18:273
14. American Academy of Orthopaedic Surgeons (2011) The treatment of pediatric supracondylar humerus fractures: evidence based guidelines and evidence report. <http://www.aaos.org/research/guidelines/supracondylarfractures/supconfullguidelines.pdf>. Accessed 2015 Jan 15
15. Louahem D, Cottalorda J (2016) Acute ischemia and pink pulseless hand in 68 of 404 Gartland type III supracondylar humeral fractures in children. Urgent Management and therapeutic consensus. *Injury* 47:848–852
16. Benedetti Valentini M, Farsetti P, Martinelli O et al (2013) The value of ultrasonic diagnosis in the management of vascular complications of supracondylar fractures of the humerus in children. *Bone Jt J* 95-B:694–698
17. Cheong Soh RC, Khawn Tawng D, Mahadev A (2013) Pulse oximetry for diagnosis and prediction for surgical exploration in the pulseless perfused hand as a result of supracondylar fractures of the distal humerus. *Clin Orthop Surg* 5:74–81
18. British Orthopaedic Association Standards for Trauma 11: supracondylar fractures of the humerus in children. <https://www.boa.ac.uk/wp-content/uploads/2015/01/BOAST-11.pdf>. Accessed 2015 Jan 15
19. Vincelet Y, Journeau P, Popkov D et al (2013) The anatomical basis for anterior interosseous nerve palsy secondary to supracondylar humerus fractures in children. *Orthop Traumatol, Surg Res* 99:543–547
20. Shore BJ, Gillespie BT, Miller PE et al (2017) Recovery of motor nerve injuries associated with displaced extension type pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001056>
21. Senes FM, Campus R, Becchetti F, Catena N (2009) Upper limb nerve injuries in developmental age. *Microsurgery* 29:529–553
22. Solfelt DA, Hill BW, Anderson CP, Cole PA (2014) Supracondylar osteotomy for the treatment of cubits varus in children. *Bone Jt J* 96-B:691–700
23. von Laer L (2004) Pediatric fractures and dislocations. George Thieme Verlag, Stuttgart