



# Avaliação radiográfica do tratamento cirúrgico das fraturas supracondilianas do úmero em crianças

## *Radiographic Evaluation of the Surgical Treatment of Pediatric Supracondylar Humeral Fractures*

Gabriel Rigatti<sup>1</sup> Sérgio Roberto Canarim Danesi<sup>2</sup> Rafaela Dias Barbosa<sup>2</sup>  
Douglas Backes Schreiner<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Hospital Cristo Redentor, Grupo Hospitalar Conceição, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Ortopedia Pediátrica, Hospital Cristo Redentor, Grupo Hospitalar Conceição, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>3</sup> Cirurgia de Ombro e Cotovelo, Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, RS, Brasil

**Endereço para correspondência** Gabriel Rigatti, Rua Domingos Rubbo 20, Cristo Redentor, 91040-000, Porto Alegre, RS, Brazil (e-mail: gabrielrigatti@gmail.com).

Rev Bras Ortop

### Resumo

**Objetivo** Avaliar de forma radiográfica a qualidade da fixação das fraturas supracondilianas, identificando os fatores que contribuíram para uma redução inadequada e que aumentaram a chance de perda de redução no seguimento ambulatorial. As variáveis analisadas foram: traço de fratura, deslocamento inicial, período do dia em que a cirurgia foi realizada e técnica de fixação escolhida.

**Métodos** Revisão de prontuário eletrônico e avaliação radiográfica das fraturas supracondilianas operadas de janeiro de 2017 a dezembro de 2022. A avaliação das radiografias foi baseada no ângulo de Baumann e na linha umeral anterior. Já a qualidade de fixação foi mensurada pelo número de corticais, pelo local de cruzamento e pela divergência dos fios.

**Resultados** Foram avaliados 194 casos, sendo a redução pós-operatória considerada ruim em 17%. A perda de redução aconteceu em 39 casos (20,10%), sendo que 19 (48,7%) desses pacientes apresentaram fixação insuficiente ( $p = 0,002$ ). Dos casos operados durante o dia, 12,5% perderam a redução, comparados a 32% dos realizados nos períodos noturno e da madrugada ( $p = 0,001$ ).

**Conclusão** Dessa forma, a qualidade da redução e a perda da fixação pós-operatória mostraram-se intimamente relacionadas aos erros técnicos e ao período do dia em que a cirurgia foi realizada.

### Palavras-chave

- ▶ cotovelo
- ▶ criança
- ▶ fixação interna de fraturas
- ▶ fraturas do úmero

### Abstract

**Objective** To perform a radiographic assessment of the quality of supracondylar fracture fixation by identifying the factors that have contributed to inadequate

*Trabalho desenvolvido no Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Hospital Cristo Redentor, Grupo Hospitalar Conceição, Porto Alegre, RS, Brasil.*

recebido  
07 de agosto de 2023  
aceito  
18 de março de 2024

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-1787765>.  
ISSN 0102-3616.

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

reduction and increased the chance of reduction loss during outpatient follow-up. The variables analyzed were as follows: fracture line, initial displacement, time of day the surgery was performed, and chosen fixation technique.

**Methods** Review of electronic medical records and radiographic evaluation of supracondylar fractures operated from January 2017 to December 2022. The radiograph assessment was based on the Baumann angle and the anterior humeral line. Determination of fixation quality was based on the number of cortices, crossing site, and wire divergence.

**Results** We evaluated 194 cases, and postoperative reduction was poor in 17% of the subjects. Reduction loss occurred in 39 cases (20.10%), and 19 (48.7%) of these patients presented insufficient fixation ( $p = 0.002$ ). Among the cases operated during the day, 12.5% lost the reduction compared with 32% of the patients who underwent surgery at night and early in the morning ( $p = 0.001$ ).

**Conclusion** Reduction quality and postoperative fixation loss were closely related to technical errors and the time of day the surgery was performed.

### Keywords

- ▶ child
- ▶ elbow
- ▶ fracture fixation, internal
- ▶ humeral fractures

## Introdução

As fraturas supracondilíneas do úmero são responsáveis por até 15% de todas as fraturas na infância e por 60% de todas as fraturas do cotovelo em pacientes pediátricos.<sup>1,2</sup> A incidência máxima é na faixa etária de 5 a 7 anos, com pico aos 6 anos.<sup>3,4</sup> É a fratura na criança que mais frequentemente exige tratamento cirúrgico.<sup>5</sup>

O mecanismo de trauma mais frequente é a queda com a mão espalmada e hiperextensão do cotovelo, que resulta em uma fratura com extensão do fragmento distal. O tipo em flexão, mais raro, é causado por trauma direto na região posterior do cotovelo, e resulta no deslocamento anterior do fragmento distal.<sup>6</sup>

Há variáveis que podem influenciar na qualidade da redução cirúrgica e contribuir para a perda da fixação pós-operatória. O traço da fratura, o deslocamento inicial, o período do dia em que a cirurgia foi realizada e a técnica de fixação escolhida podem estar diretamente relacionados com o sucesso no tratamento. Entender o papel de cada variável e desenvolver métodos para conduzi-las melhor é papel do cirurgião. O objetivo deste estudo é mapear e avaliar os fatores que podem prejudicar a qualidade da redução cirúrgica e contribuir para a perda da fixação pós-operatória.

## Materiais e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos de nossa instituição sob o número do Certificado de Liberação CAAE: 69485623.5.0000.5530.

Avaliamos de maneira transversal e retrospectiva todos os pacientes pediátricos de 1 a 14 anos com fratura supracondilínea do úmero submetidos a tratamento cirúrgico 1° de janeiro de 2017 a 31 de dezembro de 2022. Os pacientes sem acompanhamento pós-operatório, sem registro adequado em prontuário, sem estudo radiográfico completo e com fraturas que apresentavam extensão intra-articular foram excluídos do estudo.

No total, foram analisados 210 casos operados por diferentes cirurgias. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 194 pacientes foram incluídos no estudo. Foram realizadas revisão de prontuário eletrônico e avaliação das radiografias. Dados relativos a idade, sexo, lateralidade, tipo de fratura (extensão ou flexão), morfologia do traço, turno de realização da cirurgia e presença de complicações neurológicas foram analisados. Os padrões de fratura foram classificados por meio de imagens pré-operatórias e intraoperatórias de acordo com os critérios descritos por Bakth et al.<sup>7</sup> (►Tabela 1).

A qualidade de redução no pós-operatório foi avaliada no plano coronal pelo ângulo de Baumann (normalidade considerada de 9° a 26°<sup>8</sup>), e, no plano sagital, pela linha umeral anterior (normalidade quando há cruzamento com os terços central e anterior do capítulo). A redução foi considerada inadequada quando o ângulo de Baumann estava fora dos critérios de normalidade e/ou a linha umeral anterior não passava pelo capítulo (►Fig. 1). Os critérios de perda da redução durante o seguimento foram definidos a partir de uma alteração de 6° no ângulo de Baumann<sup>9</sup> ou uma alteração dos terços de intersecção do capítulo pela linha umeral anterior em radiografias de perfil.

Também foram avaliadas as variáveis de configuração da fixação: organização dos fios e estabilidade promovida (número de corticais, local de cruzamento, divergência dos fios). A técnica de fixação foi considerada inadequada quando existia: 1) falta de fixação cortical do fragmento distal ou proximal por um ou mais fios, num total de menos de quatro corticais fixadas; 2) convergência dos fios na cortical proximal; ou 3) pinos se cruzando no foco da fratura<sup>10</sup> (►Fig. 2). A fixação das quatro corticais, duas no fragmento proximal e duas no distal, com separação adequada para fixar duas colunas, foi considerada boa para o propósito deste estudo. Os períodos do dia em que a cirurgia foi realizada foram estratificados em diurno (7–19h), noturno (19–00h) ou madrugada (00–7h).

**Tabela 1** Padrão de fratura, representação radiológica e estabilidade do traço

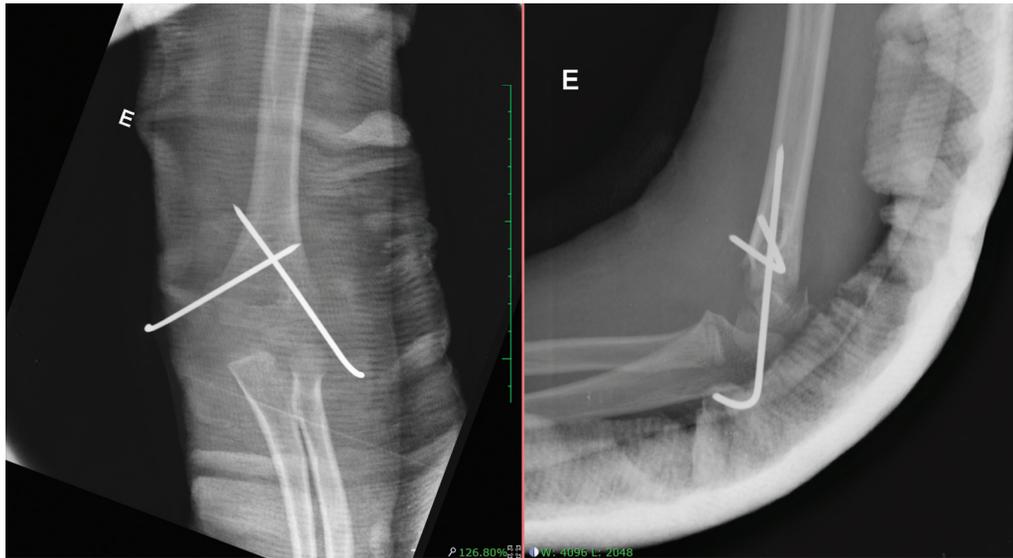
Tipo de fratura	Imagem	Número de casos de acordo com o padrão de fratura	Instabilidade	Definição
Transversa baixa + traço baixo no plano sagital		131	Estável	< 10° de obliquidade no plano coronal com fratura transversa próxima aos epicôndilos + inclinação < 20° no plano sagital
Transversa baixa + traço alto no plano sagital		42	Instável	< 10° de obliquidade no plano coronal com fratura transversa próxima aos epicôndilos + inclinação > 20° no plano sagital
Coronal oblíqua lateral		6	Instável	≥ 10° de obliquidade no plano coronal com traço de fratura mais alto lateralmente
Coronal oblíqua medial		7	Instável	≥ 10° de obliquidade no plano coronal com traço de fratura mais alto medialmente
Coronal alta		8	Instável	Fratura com traço acima da fossa do olécrano, mas dentro da metáfise distal do úmero

Nota: Tabela modificada com base em Bahk et al. (2008).<sup>7</sup>

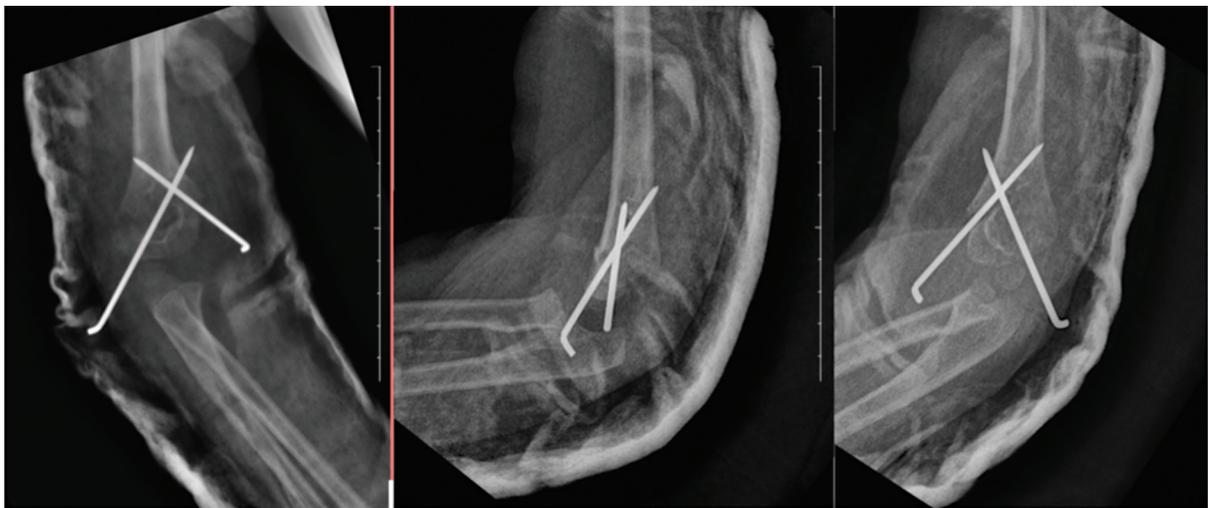
Os dados foram coletados mediante revisão de prontuário e avaliados por testes estatísticos específicos (teste do Qui-quadrado) pelo aplicativo do programa IBM SPSS Statistics for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, Estados Unidos), versão 25.0, com um nível de significância de 0,05. O projeto foi aprovado de acordo com a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e com as normativas éticas complementares vigentes.

## Resultados

Ao todo, foram avaliados 194 casos de fraturas supracondilíneas submetidas ao tratamento cirúrgico no período estimado. Desses pacientes, 133 eram do sexo masculino (68,6%) e 61, do sexo feminino (31,4%). O pico de incidência foi dos 4 aos 7 anos, com uma idade média de 6 anos. O lado mais acometido foi o esquerdo, em 57,8% dos casos. Em relação ao



**Fig. 1** Radiografias anteroposterior (AP) e de perfil (P) do úmero distal, realizadas imediatamente após a cirurgia, que demonstram redução insatisfatória, visto que a linha umeral anterior não toca o capitulo. Na incidência AP, o fio da coluna ulnar parece não estar fixando o fragmento distal.



**Fig. 2** Radiografias AP, P e oblíqua do úmero distal, realizadas imediatamente após a cirurgia, que demonstram uma redução aceitável mas uma fixação inadequada, visto que um dos fios não está fixando o fragmento distal.

desvio da fratura, 171 delas foram em extensão (87,6%), e 24, em flexão (12,4%).

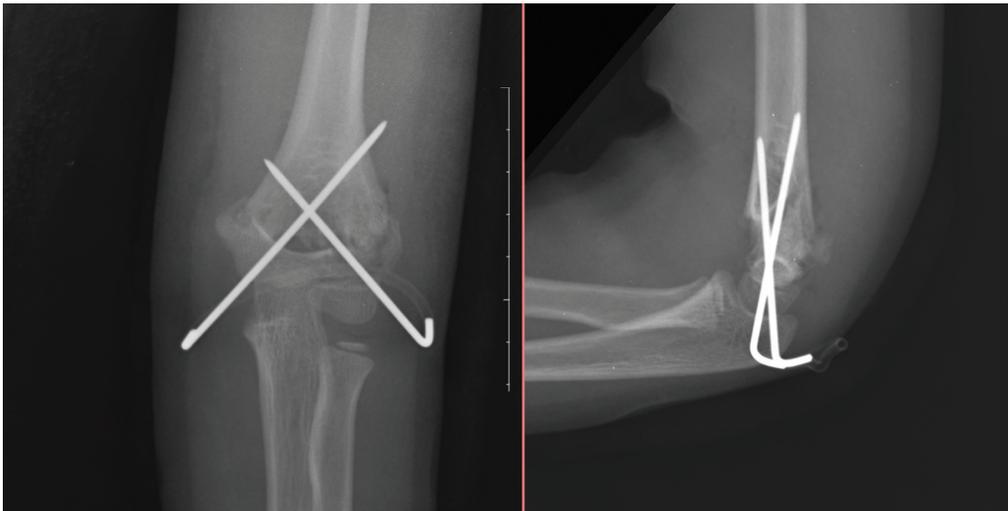
Lesão neurológica foi documentada em 13 casos (6,7%), sendo que em 5 pacientes houve o acometimento do nervo ulnar, em 4, a lesão do mediano, em 3, a lesão do nervo radial e, em 1 paciente, lesão do nervo radial associada a comprometimento do nervo mediano. Todos os casos obtiveram recuperação completa da lesão neurológica em um período de 6 meses. A complicação mais grave foi a síndrome compartimental, que aconteceu em 1 caso, que necessitou de fasciotomia, mas evoluiu para contratura isquêmica de Volkmann. Em relação à abordagem, 4 casos (2,1%) foram reduzidos de forma aberta, sendo os demais realizados mediante redução indireta e fixação percutânea.

As fraturas foram adicionalmente classificadas pelo traço: 173 foram classificadas como transversa baixa, 7, como oblíqua medial, 6, como oblíqua lateral, e 8, como transversa

alta. Das fraturas transversas baixas, 42 apresentaram traço alto no plano sagital, e foram consideradas instáveis. No total, 32,47% (63 casos) das fraturas foram consideradas instáveis por sua morfologia.

A fixação com fios cruzados foi usada em 125 casos (64,5%), com 2 fios laterais, em 35 casos (18%), com 2 fios laterais e 1 fio medial, em 27 casos (14%), com 3s fios laterais, em 6 casos (3%), e houve 1 caso com configuração atípica, com 1 fio lateral e 3 fios mediais (0,5%). Do total, 55 casos (28,35%) apresentaram fixação insuficiente.

A redução pós-operatória foi considerada aceitável em 161 pacientes (82,9%). Ao todo, 33 fraturas (17%) foram fixadas em parâmetros fora do ideal em termos do ângulo de Baumann e da linha umeral anterior, sendo 5 desses submetidos a reintervenção. O principal indicativo de má redução ocorreu no plano sagital, quando a linha umeral anterior não encontrou nem mesmo o terço anterior do



**Fig. 3** Radiografias AP e P do úmero distal realizadas imediatamente após a cirurgia.

capítulo. Das fraturas mal reduzidas, apenas 1 foi do tipo II de Gartland, sendo as demais do tipo III ( $p = 0,042$ ). Em relação à instabilidade do traço da fratura, das 33 fraturas instáveis, 15 (45,45%) obtiveram uma redução inadequada constatada no pós-operatório imediato ( $p = 0,105$ ).

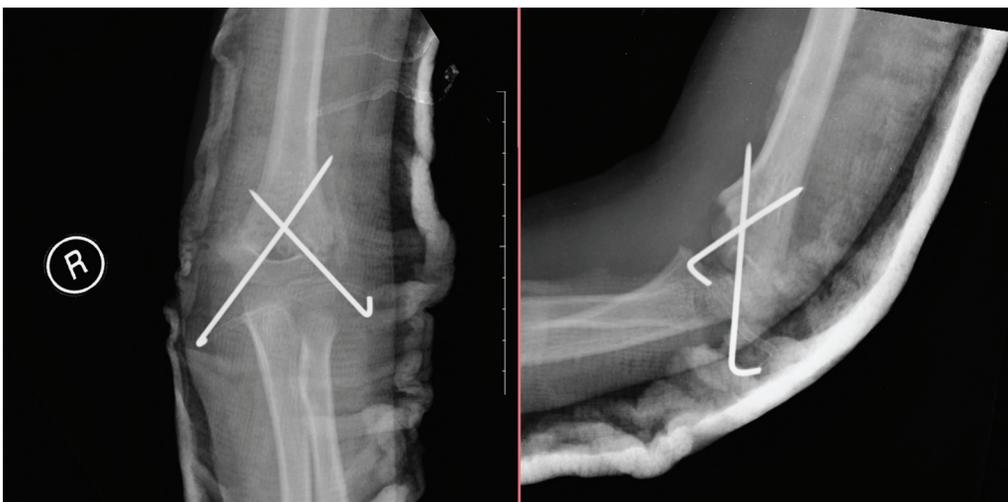
Em relação ao horário da cirurgia, 19 pacientes (25,7%) dos atendidos no turno noturno ou da madrugada tiveram redução insatisfatória, comparados a 14 (11,7%) dos operados no período diurno ( $p = 0,020$ ).

A perda de redução aconteceu em 39 casos (20,10%), sendo 37 destes em fraturas do tipo III de Gartland ( $p = 0,032$ ), e 16 (42%), em fraturas morfologicamente instáveis ( $p = 0,174$ ). As perdas de redução ocorreram no plano coronal (ângulo de Baumann) em 24 pacientes, no plano sagital (linha umeral anterior) em 8, e em ambos os planos em 7 casos (→ **Figs. 3 e 4**). De todos os pacientes que perderam redução, 19 (48,7%) apresentavam fixação insuficiente ( $p = 0,002$ ). Por fim, a perda de redução totalizou 15 casos (12,5%) dos operados durante o dia, comparados a 24 (32%) dos operados no período noturno ou da madrugada ( $p = 0,001$ ).

## Discussão

A epidemiologia quanto à idade dos pacientes com fraturas supracondilíneas do úmero é concordante na maioria das referências, sendo mais frequente na faixa etária entre 4 e 7 anos.<sup>3,4</sup> As fraturas em extensão prevaleceram na amostra deste estudo; contudo, houve alta incidência de desvios em flexão (12,4%) quando comparada à da literatura mundial (2%).<sup>8</sup>

A neuropraxia isolada do nervo interósseo anterior (NIA) é a lesão nervosa mais frequente nos desvios em extensão,<sup>11</sup> ao passo que o ulnar é acometido em 90% das fraturas em flexão.<sup>12</sup> Estima-se que a lesão iatrogênica do ulnar ocorra em 1 a cada 28 pacientes (4%) quando utilizada fixação cruzada.<sup>13</sup> Portanto, a incidência aumentada de 12,4% de acometimento ulnar na amostra deste estudo pode estar relacionada à maior incidência de fraturas em flexão, associada à ampla utilização de fixação cruzada. A complicação mais grave foi a síndrome compartimental, ocorrida somente em 1 caso (0,51%), semelhante aos dados de Omid et al.,<sup>4</sup> cuja incidência foi de 0,1 a 0,5%. A baixa incidência de complicações relacionadas ao



**Fig. 4** Radiografias AP e P do mesmo paciente da **fig. 3** três semanas após a fixação, demonstrando a perda da redução.

tempo transcorrido entre a lesão e a fixação corrobora o manejo cirúrgico planejado e com segurança, sem necessidade de abordagem como urgência-emergência para a maior parte dos casos.

A maioria das fraturas foram resolvidas mediante redução indireta e fixação percutânea. A necessidade de redução aberta é rara, e gira em torno de 6% dos casos.<sup>8</sup> Neste estudo, a redução aberta foi utilizada 4 vezes (2,1%). As principais indicações são as fraturas irreduzíveis, expostas, ou quando há diminuição da perfusão após a redução.<sup>14</sup>

A perda de redução após a fixação das fraturas supracondilíneas varia de 1,6 a 33,3%.<sup>15</sup> Segundo Skaggs e Flynn,<sup>14</sup> a principal causa disso é a fixação inadequada, que é basicamente atribuída a erros técnicos. Os pinos de entrada lateral devem ser divergentes, buscando o espaçamento máximo no foco da fratura.<sup>16</sup> Não devem convergir e nem se cruzar no foco da fratura; a fixação bicortical é fundamental.<sup>11</sup> Neste estudo, a fixação insuficiente esteve presente em 48,7% das perdas de redução ( $p = 0,002$ ), e foi fator causal importante de resultados insatisfatórios. A grande heterogeneidade de cirurgiões plantonistas e o fato de que se tratar de um serviço de formação de novos traumatologistas são fatores relevantes nesse contexto.

O horário da cirurgia se mostrou variável importante no desfecho radiológico: 32% dos casos operados à noite ou de madrugada tiveram radiografias insatisfatórias ao final do seguimento. A busca por uma justificativa causal para esse dado envolve o fato de o cirurgião estar fora de seu contexto de maior conforto, em terceiro turno de trabalho e com equipe assistente reduzida. A capacidade técnica ou o treinamento do cirurgião não devem ser fatores determinantes, uma vez que as cirurgias noturnas são realizadas pelo mesmo grupo de cirurgiões das diurnas. Isso não pode ser atribuído exclusivamente ao cirurgião ortopédico, visto que aproximadamente 30 plantonistas realizam plantão diurno e noturno, e fazem a mesma cirurgia em diferentes horários, independentemente da sua subespecialidade. O tratamento cirúrgico durante a noite está associado a uma maior taxa de fixação inadequada quando comparado aos procedimentos diurnos.<sup>17</sup> O retardo da cirurgia para o dia seguinte não aumenta o número de complicações, desde que respeitados os sinais de alarme, como exposição, lesão vascular e sinais de complexo secundário (edema volumoso, equimoses, pinçamentos de tecidos moles).<sup>18</sup>

Algumas limitações desta análise precisam ser consideradas: inicialmente, o caráter retrospectivo, com levantamento de dados conforme a disponibilidade em prontuário. Além disso, é fundamental o estudo adicional da correlação clínica dos achados radiológicos aqui descritos.

## Conclusão

A qualidade da redução cirúrgica e sua manutenção no seguimento pós-operatório mostraram-se intimamente relacionadas a aspectos técnicos e ao período do dia em que a cirurgia foi realizada. Portanto, excetuando situações pontuais de maior risco, o retardo da cirurgia para o dia

seguinte repercute em melhor desfecho radiológico, sem aumentar a incidência de complicações.

### Suporte Financeiro

Os autores declaram que não receberam suporte financeiro de agências dos setores público, privado, ou sem fins lucrativos para a realização deste estudo.

### Conflito de Interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

## Referências

- 1 Saeed W, Waseem M. Elbow Fractures Overview. In: StatPearls. Treasure Island (FL):: StatPearls Publishing;; 2022
- 2 Lins RE, Simovitch RW, Waters PM. Pediatric elbow trauma. *Orthop Clin North Am* 1999;30(01):119–132
- 3 Lee SH, Kim HW, Song KS, et al. Upper extremity fractures in children – prospective epidemiological study of tertiary medical institutes. *J Korean Orthop Assoc* 2007;42(02):270–275
- 4 Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(05):1121–1132
- 5 Badkoobei H, Choi PD, Bae DS, Skaggs DL. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97(11):937–943
- 6 Barr LV. Paediatric supracondylar humeral fractures: epidemiology, mechanisms and incidence during school holidays. *J Child Orthop* 2014;8(02):167–170
- 7 Bahk MS, Srikumaran U, Ain MC, et al. Patterns of pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop* 2008;28(05):493–499
- 8 Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM. Rockwood and Wilkins' Fractures in Children. 9th ed. Philadelphia, PA:: Wolters Kluwer;; 2019
- 9 Skaggs DL, Cluck MW, Mostofi A, Flynn JM, Kay RM. Lateral-entry pin fixation in the management of supracondylar fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(04):702–707
- 10 Balakumar B, Madhuri V. A retrospective analysis of loss of reduction in operated supracondylar humerus fractures. *Indian J Orthop* 2012;46(06):690–697
- 11 Abzug JM, Herman MJ. Management of supracondylar humerus fractures in children: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20(02):69–77
- 12 Babal JC, Mehlman CT, Klein G. Nerve injuries associated with pediatric supracondylar humeral fractures: a meta-analysis. *J Pediatr Orthop* 2010;30(03):253–263
- 13 Mulpuri K, Wilkins K. The treatment of displaced supracondylar humerus fractures: evidence-based guideline. *J Pediatr Orthop* 2012;32(32, Suppl 2):S143–S152
- 14 Skaggs DL, Flynn JM. Supracondylar fractures of the distal humerus. In: Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM, Court-Brown CM, eds. Rockwood & Wilkins' fractures in children. Philadelphia:: Wolters Kluwer;; 2010:754–844
- 15 Brauer CA, Lee BM, Bae DS, Waters PM, Kocher MS. A systematic review of medial and lateral entry pinning versus lateral entry pinning for supracondylar fractures of the humerus. *J Pediatr Orthop* 2007;27(02):181–186
- 16 Pennock AT, Charles M, Moor M, Bastrom TP, Newton PO. Potential causes of loss of reduction in supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop* 2014;34(07):691–697
- 17 Moraleda L, Diez J, Valencia M. Is timing for paediatric supracondylar fractures related to pinning errors or complications? Podium presentation,. POSNA Annual Meeting 2015, Atlanta, US.
- 18 Terpstra SES, Burgers PTPW, van der Heide HJL, Witte PB. Pediatric Supracondylar Humerus Fractures: Should We Avoid Surgery during After-Hours? *Children (Basel)* 2022;9(02):189