

Factores del retardo de consolidación en fracturas de antebrazo pediátricas.

A. ROCHE ALBERO, A. LOBO-ESCOLAR, J. GIL-ALBAROVA, J. BREGANTE BAQUERO, A. SOLA CORDÓN, A. HERRERA RODRÍGUEZ.

SERVICIO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA. HOSPITAL UNIVERSITARIO MIGUEL SERVET. ZARAGOZA, ESPAÑA.

Resumen. El objetivo de este estudio es determinar factores para el retardo de curación en fracturas pediátricas diafisarias de antebrazo. Presentamos un estudio caso-control de todas las fracturas pediátricas de antebrazo tratadas en el Hospital Universitario Miguel Servet, desde 2003 hasta 2009, y que presentaron retardo de consolidación, con un seguimiento mínimo de 12 meses. Los criterios de exclusión fueron fractura-luxación, infección, osteosíntesis insuficiente, fractura en tallo verde, abierta, patológica y asociada a fractura de cabeza radial, así como pacientes sin el seguimiento mínimo establecido. El cálculo estadístico incluyó análisis de regresión lineal bivariante y multivariante. *Resultados:* Durante este periodo se trataron 441 fracturas de antebrazo completas, de ambos huesos: 14 de ellas (3.2%) sufrieron retardo de consolidación; y 63 controles cumplieron los criterios de inclusión y fueron seleccionados aleatoriamente. El análisis bivariante mostró diferencias significativas entre los grupos "retardo de consolidación" y "control" en edad, necesidad de tratamiento quirúrgico, reducción abierta frente a cerrada y tiempo hasta retirada del material. Si embargo, la reducción abierta de la fractura, más frecuente en el grupo "retardo de consolidación", fue la única variable que permaneció asociada en el análisis multivariante. *Conclusiones:* El factor predictivo más importante para el retardo de consolidación en fracturas pediátricas de antebrazo es la reducción abierta.

Predictive factors in delayed union in paediatric forearm fractures.

Summary. The aim of this study was to assess predictive factors for delayed healing in forearm paediatric fractures. This is a case-control study of all paediatric shaft fractures of forearm presenting delayed union in follow-up period of 12 months or more, from 2003 through 2009, treated in Miguel Servet University Hospital. Exclusion criteria were fracture-dislocations, infection, suboptimal osteosynthesis, greenstick, open, pathologic and associated radial head fractures, as well as patients without established period of follow up. Statistical assessment included bivariate and multivariate linear regression analysis. *Results:* During the study period 441 complete both-bone forearm fractures were treated: 14 of them (3.2%) were identified as suffering delayed union; and 63 controls fulfilling inclusion criteria were randomly selected. Bivariate analysis showed significant differences between "delayed union" and "control" groups in age, need of surgical treatment, open versus closed reduction and mean time to hardware removal. However, open reduction of the fracture, more frequent in the "delayed union" group, was the only variable which remained associated in the multivariate analysis. *Conclusions:* The strongest predictor of union delay in paediatric forearm fractures is open reduction.

Correspondencia:

Adrián Roche Albero
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología
Hospital Universitario Miguel Servet
Paseo Isabel la Católica, 1-3
50009 Zaragoza.
adrianroche@hotmail.com

Introducción

El retraso de consolidación y la pseudoartrosis son poco frecuentes en pacientes esqueléticamente inmadu-

ros. Se han relacionado con infección, fracturas abiertas y patológicas y técnica quirúrgica insuficiente¹, pero la relevancia de los otros factores clínicos o técnicos no está clara en la literatura. Generalmente, en las fracturas pediátricas de antebrazo, se observa la formación del callo óseo a las 4 semanas² y la consolidación radiológica se logra a las 7-8 semanas³⁻⁵. Sin embargo, no hay consenso en la definición de retraso de consolidación de la literatura⁶.

Recientes estudios han mostrado tasas de retardo de consolidación de 1,9% a 4,4% en fracturas de antebrazo

tratadas mediante enclavado elástico intramedular estable, y tasas de no unión de 0,5 a 1%^{2,7-9}, con una mayor incidencia en los tercios medio y proximal que en el distal de antebrazo¹⁰.

Sin embargo, en la literatura hay pocos trabajos que hayan estudiado el retardo de consolidación en fracturas pediátricas de antebrazo y sus factores predictivos. Además, estos estudios han sido realizados en series de pacientes con pseudoartrosis⁹, pero no en retardos de consolidación; en series de pacientes intervenidos, pero no tratados ortopédicamente^{2,11}; y en series incluyendo fracturas abiertas, infectadas o patológicas, factores que se conoce que tienen un alto riesgo de retardo de curación^{2,9}.

El objetivo de este estudio fue determinar los potenciales factores predictivos para el retraso de consolidación en fracturas pediátricas de antebrazo sin complicaciones clínicas o técnicas, incluyendo las que fueron tratadas ortopédicamente.

Material y métodos

Se ha diseñado un estudio caso-control. Los casos fueron todos los pacientes pediátricos que sufrieron una fractura de antebrazo con retardo de consolidación en el Hospital Universitario Miguel Server de Zaragoza, desde 2003 hasta 2009. El periodo mínimo de seguimiento fue 12 meses.

Los criterios de exclusión fueron: fractura-luxación (Galeazzi, Moteggia), tallo verde, fracturas patológicas o abiertas, asociadas a fracturas de cabeza radial, infección, técnica quirúrgica insuficiente y pacientes sin el periodo de seguimiento establecido.

Basándonos en estudios previos de índice de consolidación¹², se definió retardo de consolidación como una fractura sin consolidación radiológica a las 11 semanas.

El grupo control se seleccionó aleatoriamente, uno de cada siete pacientes pediátricos tratados en nuestro hospital y con los siguientes criterios: fractura de antebrazo de ambos huesos, completa; y sin incidentes en la curación de la fractura durante el periodo de seguimiento.

Se recogió de la historia clínica variables sociodemográficas, lado, tipo de cirugía, estancia hospitalaria, complicaciones postoperatorias, tiempo de inmovilización, tiempo de curación de la fractura y resultados funcionales.

Se utilizó la clasificación de la Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA)¹³. Las fracturas fueron divididas en inestables o estables, dependiendo la clasificación. Las tipo 22A fueron clasificadas como estables y las 22B y 22C como fracturas inestables.

Los procedimientos utilizados durante el periodo de estudio en nuestro hospital para las fracturas pediátricas de antebrazo se detallan a continuación. Se realizó tratamiento ortopédico, mediante reducción e inmovilización con yeso braquiopalmar 4 semanas seguido de yeso antebraquiopalmar 3-4 semanas más y rehabilitación precoz cuando tanto la reducción como la estabilidad de la fractura fueron adecuadas. Los criterios para la fijación interna, basados en trabajos previos¹⁴, fueron imposibilidad de conseguir estabilidad y correcta reducción de la fractura por alguno de los siguientes aspectos: cualquier grado de rotación angular, más de 10° de angulación en pacientes mayores de 8 años o más de 15° en menores; menos del 50% de contacto óseo; y superposición o posición en bayoneta. Se realizó osteosíntesis percutánea con agujas de Kirschner lisas en todos los pacientes que necesitaron fijación quirúrgica. La técnica para la inserción de las agujas fue retrógrada en el radio y anterógrada en el cúbito, preservando los cartílagos fisarios distales. Cuando no se consiguió una adecuada reducción o fijación tras 20 minutos de intentos percutáneos, se realizó reducción abierta de la fractura.

Métodos estadísticos

En primer lugar, se realizó un análisis bivalente de los factores potencialmente asociados al retardo de consolidación. Se utilizó el test Chi-cuadrado de Pearson para variables categóricas utilizando la corrección de Fisher cuando alguna de las frecuencias esperadas era <5. Se evaluó ausencia de distribución normal de variables cuantitativas con el test de Kolmogorov-Smirnov, utilizando para el análisis el test no paramétrico de U de Mann-Whitney.

Posteriormente, se realizó un análisis de regresión lineal multivariante para evaluar la hipótesis de asociación de todos los potenciales factores predictivos con tiempo de consolidación de la fractura.

El sexo y la edad fueron incluidos como potenciales factores de confusión. El tiempo de consolidación fue la variable dependiente y todas las variables con diferencias significativas entre grupos en el análisis bivalente fueron incluidos como variables independientes.

En todo el análisis estadístico, el valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo.

Resultados

En el periodo 2003-2009 se trataron 441 fracturas pediátricas completas de ambos huesos de antebrazo: 14 de ellas (3.2%) sufrieron retardo de consolidación, y 63 controles cumplieron los criterios de inclusión y fueron

seleccionados aleatoriamente mediante casos consecutivos (1 de cada 7).

Análisis bivariable

En comparación con el grupo control, los pacientes del grupo "retardo de consolidación" eran mayores, tenían mayor tiempo hasta la retirada de material y más días de inmovilización, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Del mismo modo, la necesidad de tratamiento quirúrgico, la reducción abierta versus cerrada de la fractura, y el requerimiento de ortesis preventiva fueron todas significativamente más frecuentes en el grupo de retardo de consolidación. El sexo masculino, el lado derecho, las fracturas inestables y la localización en los tercios medio y proximal fueron más frecuentes en el grupo de retardo de consolidación, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 1).

De toda la muestra, 46 pacientes (59.7%) fueron objeto de cirugía. De estos pacientes quirúrgicos, 37 (80.4%) necesitaron osteosíntesis mediante agujas de Kirschner (29 pacientes en ambos huesos, 6 pacientes solo en radio, 2 pacientes solo en cúbito). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a retardo de consolidación entre osteosíntesis del radio, del cúbito o ambos huesos. Todos los pacientes con retardo de consolidación alcanzaron función normal, excepto un paciente con pérdida de 10° de supinación y 8° de pronación. Todas las fracturas con retardo de consolidación curaron tras un tiempo medio de 125.1 (+/-46.3) días, excepto un caso, que desarrolló pseudoartrosis. En este paciente se realizó reducción abierta con autoinjerto y osteosíntesis mediante placa y tornillos.

Análisis multivariante

La reducción abierta de la fractura durante el tratamiento quirúrgico se asoció significativamente al tiempo de consolidación en el análisis de regresión lineal multivariante (B=60.44, 95% CI, 41.41-79.46, p<0.01) (Tabla 2). Por el contrario, la edad, el tratamiento quirúrgico y el tiempo de retirada de material, variables que se asociaban a retardo de consolidación en el análisis bivariante, no se asociaron significativamente con tiempo de consolidación en este análisis de regresión lineal (Tabla 2).

Discusión

Este es uno de los pocos estudios que busca factores predictivos para retardos de consolidación en fracturas pediátricas de antebrazo. Contrariamente a lo publicado en trabajos previos^{2,9}, hemos incluido fracturas tratadas conservadoramente. Además, para una mejor valoración,

Tabla 1. Análisis bivariable

	Grupo retardo de consolidación	Grupo control	p
Edad	10.1 (+/- 1.5)	6.4 (+/-3.1)	<0.01
Sexo masculino	85.7% (12)	60.3% (38)	0.69
Lado derecho	64.3% (9)	39.7 (25)	0.13
Fractura inestable	100% (14)	88.9% (56)	0.23
Localización tercio proximal o medio	92.9% (13)	96.8% (61)	0.45
Tratamiento quirúrgico	100% (14)	50.8% (32)	<0.01
Reducción abierta	64.3% (9)	1.6% (1)	<0.01
Tiempo medio hasta retirada de material	53.4(+/-19.1)	37.8 (+/-13.7)	0.02
Tiempo medio de inmovilización	84.3(+/-18.2)	53.7 (+/-13.0)	<0.01
Tiempo medio hasta consolidación	125.1 (+/-46.3)	53.4 (+/- 12.6)	<0.01
Requerimiento de ortesis preventiva	42.9% (6)	1.6% (1)	<0.01

Tabla 1. Diferencias entre los grupos "retardo de consolidación" y "control" en el análisis bivariable.

Tabla 2. Análisis de regresión lineal multivariante.

	B	95% C. I.	p
Edad	1.30	-0.71-3.30	0.79
Sexo masculino	5.79	-5.84-17.43	0.45
Lado derecho	3.71	-7.14-14.55	0.25
Localización tercio proximal o medio	6.09	-24.15-36.33	0.61
Inestabilidad de la fractura	13.51	7.92-34.94	0.59
Tratamiento quirúrgico	1.95	-12.93-16.82	0.59
Reducción abierta	60.44	41.41-79.46	<0.01
Tiempo medio hasta retirada de material	0.23	-0.07-0.53	0.11

Tabla 2. Análisis de regresión lineal multivariante que evalúa la asociación entre variables independientes con "tiempo de consolidación de la fractura de antebrazo" (variable dependiente).

los casos con factores de riesgo previamente conocidos, como fracturas abiertas, fracturas patológicas o técnica quirúrgica insuficiente fueron excluidos.

Encontramos que el 3.2% de los pacientes que sufrieron una fractura completa de ambos huesos del antebrazo desarrollaron un retardo de consolidación. Se han documentado valores similares de 1.9 a 4.4% en otros trabajos^{2,7,9}, pero estos estudios previos incluyeron en el análisis casos con factores de riesgo conocidos para el retardo de consolidación.

No encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en estabilidad de la fractura o localización (Tabla 1), pero todos los casos de retardo de consolidación se presentaron en fracturas inestables, y la mayoría en los tercios medio y proximal de la diáfisis. Baitner y cols¹⁰, y Adamczyk y cols¹⁵ mostraron simila-



Figura 1. Fractura diafisaria de radio y cúbito pediátrica tratada mediante reducción abierta y enclavado endomedular. Obsérvese la ausencia de consolidación a los 49 días de la intervención.

res resultados, y sugirieron que estas localizaciones tienen mayor riesgo de retardo de consolidación debido a su pobre aporte sanguíneo¹⁶.



Figura 2. Aparición del calo de fractura a los 90 días y remodelación a los 150 días.

El análisis bivariante de nuestro trabajo mostró que una mayor edad, la necesidad de tratamiento quirúrgico, la reducción abierta y un mayor tiempo hasta la retirada del material estaban asociados con retardo de consolidación (Tabla 1).

En general, la literatura dice que la edad media de los pacientes con fracturas de antebrazo es 8 años en niños y 6 años en niñas, mientras que en pacientes que han precisado cirugía es de 11 años⁴ en ambos sexos. En nuestro estudio, la edad media de toda la muestra fue 7.1 (+/- 2.3) años, y en pacientes con retardo de consolidación fue significativamente mayor, 10.1 (+/- 1.5) años. Además, en la línea de trabajos previos^{2,9}, nuestros resultados apoyan la opinión de que a mayor edad de los niños, se necesitan más tiempo para la consolidación ósea.

Nuestros resultados además muestran en el análisis bivariante la asociación entre retardo de consolidación con necesidad de tratamiento quirúrgico. En efecto, todos los pacientes con retardo de consolidación tuvieron que ser sometidos a cirugía para la reducción y estabilización de la fractura. Trabajos previos han sugerido esta asociación^{2,9}. La tasa de retardos de consolidación en fracturas cerradas de antebrazo tratadas conservadoramente en la literatura es de 0.5%^{15,17}. Por el contrario, en fracturas tratadas quirúrgicamente la tasa de retardo es 3-4% y 1% de pseudoartrosis^{7,9}. Estos datos son interesantes porque se ha visto en incremento durante los últimos diez años de tratamiento quirúrgico en hospitales de occidente, especialmente en fracturas de antebrazo^{18,19}. Las altas tasas de desplazamiento secundario de estas fracturas de antebrazo tratadas conservadoramente explican el incremento de frecuencia de tratamiento quirúrgico²⁰⁻²².

El tiempo para la retirada del material estaba asociado con retardo de consolidación en el análisis bivariante. Trabajos previos recomiendan variables periodos de tiempo, de 7 semanas a un año, para retirar los implantes²³⁻²⁵. Sin embargo, no se ha demostrado en la literatura la asociación de esta variable, en series clínicas de retardo de consolidación, con tiempo prolongado hasta la retirada de los implantes²⁵. Dado que nuestros resultados en el análisis multivariante no mostraron asociación con tiempo para la consolidación, sugerimos que retrasar la retirada de material podría ser una consecuencia, más que un factor de riesgo, para el retardo de consolidación.

Nuestro estudio muestra que la reducción abierta es el factor predictivo más importante para el retardo de consolidación en el análisis multivariante (B=60.44, 95% CI, 41.41-79.46, p<0.01). Este dato ha sido sugerido pre-

viamente por Schmittenbecher y cols, y Fernández y cols^{2,9}. Sin embargo, estos autores incluyeron en sus muestras casos con factores patogénicos conocidos. Además, a diferencia de nuestro estudio, estos autores no realizaron análisis estadístico para controlar los potenciales factores de confusión. La conveniencia de controlar estos factores es evidente por el hecho de que la asociación encontrada para algunos factores en el análisis bivariante no era significativa en el análisis de regresión lineal. Una explicación de esta complicación podría ser que la reducción abierta durante la cirugía podría ocasionar daño en el tejido perióstico y comprometer el aporte sanguíneo local^{2,9}. Nuestros resultados apoyan esta teo-

ría, los factores de confusión como fracturas abiertas e infectadas han sido excluidos de la muestra.

En conclusión, el retardo de consolidación en fracturas pediátricas de antebrazo se presenta principalmente en fracturas inestables de tercio medio o proximal de niños de alrededor de 10 años que han precisado reducción abierta para una reducción y estabilización adecuadas. Aunque la curación de la fractura y los resultados funcionales son buenos en la mayoría de los casos, el retardo de consolidación sucede en una sustancial proporción de pacientes. Basándonos en nuestros resultados, recomendamos el tratamiento cerrado de las fracturas de antebrazo, a menos que la reducción no sea posible.

Bibliografía:

1. Hahn M, Ostermann PA, Richter D. Pseudoarthroses in childhood. *Orthopade*. 1996; 25:470-7.
2. Schmittenbecher PP, Fitze G, Gödeke J, Kraus R, Schneidmüller D. Delayed healing of forearm shaft fractures in children after intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop*. 2008; 28:303-6.
3. Kapoor V, Theruvil B, Edwards SE, Taylor GR, Clarke NM, Uglow MG. Flexible intramedullary nailing of displaced diaphyseal forearm fractures in children. *Injury*. 2005; 36:1221-5.
4. Garg NK, Ballal MS, Malek IA, Webster RA, Bruce CE. Use of elastic stable intramedullary nailing for treating unstable forearm fractures in children. *J Trauma*. 2008; 65:109-15.
5. Berger P, De Graaf JS, Leemans R. The use of elastic intramedullary nailing in the stabilisation of paediatric fractures. *Injury*. 2005; 36:1217-20.
6. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Tornetta P 3rd, Sprague S, Schemitsch EH. A lack of consensus in the assessment of fracture healing among orthopaedic surgeons. *J Orthop Trauma*. 2002; 16:562-6.
7. Fernández FF, Egenolf M, Carsten C. Unstable diaphyseal fractures of both bones of the forearm in children: plate fixation versus intramedullary nailing. *Injury*. 2005; 36:1210-6.
8. Richter D, Osterman PA, Ekkernkamp A, Muhr G, Hahn MP. Elastic Intramedullary nailing: a minimally invasive concept in the treatment of unstable forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1998; 18:457-61.
9. Fernández FF, Eberhardt O, Langendörfer M, Wirth T. Nonunion of forearm shaft fractures in children after intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop B*. 2009; 18:289-95.
10. Baitner AC, Perry A, Lalonde FD, Bastrom TP, Pawelek J, Newton PO. The healing forearm fracture: a matched comparison of forearm refractures. *J Pediatr Orthop*. 2007; 27:743-7.
11. Ballal MS, Garg NK, Bruce CE, Bass A. Nonunion of the ulna after elastic stable intramedullary nailing for unstable forearm fractures: a case series. *J Pediatr Orthop B*. 2009; 18(5):261-4
12. Marsh D. Concepts of fracture union, delayed union, and nonunion. *Clin Orthop*. 1998; 355 Suppl:S22-30.
13. Marsh JL, Slongo TF, Agel J et al. Fracture and dislocation classification compendium - 2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. *J Orthop Trauma*. 2007; 21(Suppl):S1-133.
14. Thomas EM, Tuson KW, Browne PS. Fractures of the radius and ulna in children. *Injury*. 1975; 7:120-4.
15. Adamczyk MJ, Riley PM. Delayed union and nonunion following closed treatment of diaphyseal pediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop*. 2005; 25:51-5.
16. Wright TW, Glowczewskie F. Vascular anatomy of the ulna. *J Hand Surg Am*. 1998; 23:800-4.
17. Mehlmann CT, Wall EJ. Injuries to the shafts of the radius and ulna. In: Beaty JH, Kasser JR, editors. *Rockwood and Wilkings' fractures in children*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2006. pp. 399-441.
18. Helenius I, Lamberg TS, Kääriäinen S, Impinen A, Pakarinen MP. Operative treatment of fractures in children is increasing. A population-based study from Finland. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91:2612-6.
19. Cumming D, Mfula N, Jones JW. Paediatric forearm fractures: the increasing use of elastic stable intra-medullary nails. *Int Orthop*. 2008; 32:421-3.
20. Monga P, Raghupathy A, Courtman NH. Factors affecting remanipulation in paediatric forearm fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2010; 19:181-7.
21. Lascombes P, Haumont T, Journeau P. Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2006; 26:827-34.
22. Pretell Mazzini J, Rodriguez Martin J. Paediatric forearm and distal radius fractures: risk factors and re-displacement--role of casting indices. *Int Orthop*. 2010; 34:407-12.
23. Houshian S, Bajaj SK. Forearm fractures in children. Single bone fixation with elastic stable intramedullary nailing in 20 cases. *Int Orthop*. 2010; 34:407-12.
24. Weinberg AM, Amerstorfer F, Fischerauer EE, Pearce S, Schmidt B. Paediatric diaphyseal forearm refractures after greenstick fractures: operative management with ESIN. *Injury*. 2009; 40:414-7.
25. Weinberg AM, Castellani C, Amerstorfer F. Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) of forearm fractures. *Oper Orthop Traumatol*. 2008; 20:285-96.